Sumario

Producción Vegetal

Evolución del acuífero y calidad del agua en una cuenca de regadío tradicional del Valle del Ebro
Dynamics of an aquifer and water quality in a traditional irrigated land in the Ebro river basin
I. García-Garizábal 113

Identificación de las condiciones de inicio de la ecolatencia de cerezos variedades: Brooks, New Star, Garnet y Stella
Identification of start conditions of sweet cherry ecodormancy varieties: Brooks, New Star, Garnet and Stella
E. Tersoglio, G. Naranjo, O. Quiroga y N. Setien 129

Conocimiento y opiniones sobre la Política Agraria Común: un análisis desde la óptica de los ciudadanos
Knowledge and opinions about the Common Agricultural Policy: an analysis from citizens' view
M. Salazar-Ordóñez, M. Rodríguez-Entrena y S. Sayadi 146

Recuperación in vitro de clones envejecidos y amenazados de ciruelo
In vitro recovery of endangered and aged plum clones
A. Arbeloa, P. Andreu, P. Lorente, E. García y J.A. Marín 163

Producción Animal

Evolución del manejo reproductivo en cunicultura
Reproductive management in rabbits
M.D. Vega, M. Barrio, L.A. Quintela, J.J. Becerra, J. Cainzos, A. Prieto, A. Rodríguez-Zamora y P.G. Herradón 170

Inclusión de silo de maíz en las dietas de cebo de terneras: Rendimientos técnico-económicos y calidad de la canal y de la carne
Use of maize silage in beef heifers fattening diets: effects on performance, carcass and meat quality
I. Casasús, G. Ripoll y P. Albertí 189

Evolución del sector de la producción del toro de lidia en España. Censos y ganaderías
Evolution of fighting bull production in Spain. Livestock census
J.M. Lomillos, M.E. Alonso, C. Sánchez-García y V. Gaudioso 205

Apreciación visual de la carne bovina y su relación con el espacio de color CIELab
Visual appraisal of beef: Relationship with CIELab colour space
G. Ripoll, B. Panea y P. Albertí 220

Editorial

ITEA 2012: Edición digital

ITEA está cambiando nuevamente. Desde el año 2005, con el volumen 101, ITEA ha experimentado unos cambios notables, no solo en su presentación, sino también en su visibilidad por parte de la comunidad científica y técnica. La inclusión en 2007 de la revista ITEA en las bases de datos de la "Web of Knowledge" de la compañía Thomson-Reuters, supuso un respaldo de gran importancia y la consecución de un objetivo soñado por nosotros durante muchos años. ITEA, además, está incluida en otras prestigiosas bases de datos como Scopus o CAB. Con estos cambios, el índice de impacto de la revista presenta una tendencia creciente, habiéndose duplicado en los dos años en los que ha sido calculado. Todos los que contribuimos a que ITEA aparezca cada trimestre estamos muy satisfechos con estos éxitos, que son debidos, no sólo al equipo que la gestiona, sino también a los socios de AIDA, la asociación que la sustenta, a los autores de los trabajos publicados y a los revisores anónimos que voluntariamente mejoran la calidad de la revista y hacen posible que su contenido tenga excelencia. Pero estos cambios no han influido negativamente en la misión de ITEA de ser un órgano de comunicación e intercambio de información técnica y científica del ámbito agrario en español, que incluye a los autores de países que utilizan esta lengua y que desean publicar los resultados de su trabajo y sus opiniones en su lengua.

Paralelamente a la inclusión de ITEA en la base de datos de revistas científicas más importantes, la FECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología) dentro de la plataforma RECYT (Repositorio Electrónico de Ciencia y Tecnología), incluyó a ITEA entre las revistas españolas a las que ofreció su apoyo tecnológico para un nuevo salto: La edición digital de la revista.

A pesar del poco tiempo libre disponible para ello, los editores de la revista iniciaron la transformación de ITEA a su gestión digital. Gracias al desarrollo de una nueva página web de AIDA, esta transformación está llegando a su fin y la revista ITEA comienza una nueva etapa que posibilitará la comunicación con autores y evaluadores, así como la inclusión en las bases de datos y repositorios nacionales de forma automática e instantánea. Tanto el envío de originales como sus evaluaciones serán gestionadas telemáticamente a partir del mes de Julio mediante el programa informático OJS (Open Journal System), que nos proporciona RECYT, para la gestión electrónica de la revista a través de Internet. Para ello, se habilitará un enlace en la página web de AIDA (*www.aida-itea.org*) para que los autores envíen los artículos que quieran publicar en ITEA. El sistema obligara a los autores a registrarse (si no están registrados con anterioridad) y a introducir los metadatos del artículo (autores, título, palabras clave y resumen en español y en inglés). Los metadatos de un artículo constituyen la información esencial para su búsqueda en Internet.

En la página web de AIDA se encontrarán a disposición del público todos los volúmenes y artículos desde 2005 hasta la actualidad. Además, se podrán encontrar las portadas, los números completos y los artículos sueltos. Los números anteriores podrán consultarse en el Repositorio del CITA (*http://www2.cita-aragon.es/citarea/*). Así mismo, podrán consultarse los metadatos de todos los artículos en español y en inglés.

Por otra parte, antes de que finalice el año se va a intentar que todos los artículos que se publiquen en ITEA dispongan de su número DOI (número identificativo del documento) para facilitar su identificación electrónica. Con estas medidas se está intentando, desde el Comité de Redacción de ITEA, dar más difusión a ITEA y agilizar su gestión a través de la web de la Asociación.

Tanto los responsables de la revista como los socios que integran la Junta Directiva de AIDA no dudamos que estos cambios darán un nuevo impulso a ITEA y facilitarán que cumpla su misión de manera más eficaz.

Nos veremos en la web.

Evolución del acuífero y calidad del agua en una cuenca de regadío tradicional del Valle del Ebro

I. García-Garizábal

Universidad de Zaragoza, Departamento de Ciencias de la Tierra. C/ Pedro Cerbuna 12. 50009 Zaragoza, España. E-mail: iggarcia@unizar.es

Resumen

Los sistemas agrarios son los mayores consumidores de agua del mundo y sus retornos de riego son uno de los principales agentes contaminantes de los sistemas hídricos. Este trabajo pretende analizar la evolución hidrológica y de la calidad del agua (salinidad y concentración de nitrato) del acuífero perteneciente a una cuenca de regadío tradicional en los años hidrológicos 2006, 2007 y 2008, relacionando los cambios en la calidad con las características geológicas y agronómicas de la zona evaluada. El estudio determinó que la cuenca hidrológica superficial y subterránea no coincidían, por lo que a la recarga del acuífero por el drenaje procedente de la cuenca superficial se le unió también la recarga por un flujo de agua subterráneo. En cuanto a la calidad de las aguas, un 4% de las muestras presentaron valores de salinidad superiores a los propuestos como limitantes para las aguas destinadas para riego (3,0 dS/m) y consumo humano (2,5 dS/m), mientras que para el nitrato un 35% presentaron valores superiores a 50 mg NO_3^-/l establecido para las aguas destinadas a consumo humano y un 33% se situaron en el intervalo de control 25-50 mg NO_3^-/l. Además se encontraron diferencias significativas entre las muestras tomadas en los periodos de riego y no riego, por el arrastre de las sales evapoconcentradas y la buena calidad de las aguas empleadas para riego. En cuanto a la distribución espacial, la calidad del acuífero se relacionó con la calidad de los flujos subterráneos, el drenaje de la cuenca superficial, filtraciones de la red de riego, disolución de sales del subsuelo y el lavado de los fertilizantes nitrogenados. El nitrato se plantea como el principal problema medioambiental, siendo necesario desarrollar nuevos estudios que evalúen medidas para minimizar la contaminación.

Palabras clave: Riego, agua subterránea, contaminación, sales, nitrato.

Abstract
Dynamics of an aquifer and water quality in a traditional irrigated land in the Ebro river basin

Agricultural systems are the greatest consumers of freshwater in the world and irrigation return flows are one of the main pollutants of water bodies. This paper analyzes the hydrologic dynamics and water quality (salinity and nitrate concentrations) of an aquifer belonging to a traditional irrigated land. The study was carried out for the hydrologic years of 2006, 2007 and 2008, relating changes in water quality with geological and agricultural characteristics of the evaluated irrigated land. The study reveals that the surface hydrological basin and groundwater hydrological basin do not coincide, so a contribution from the aquifer recharge by groundwater flow was added to the aquifer recharge by water drainage from the surface basin. Regarding water quality, 4% of the collected samples exceeded the value limit established for waters intended for irrigation (3.0 dS/m) and human consumption (2.5 dS/m). Concerning nitrates, 35% of the collected samples exceeded the 50 mg NO_3^-/l limit established for waters intended for human consumption and 33% exceeded the control range 25-50 mg NO_3^-/l. There were significant differences between water samples collected during the irrigation period, as a consequence of leaching evapoconcentrated salts and the good quality of the water used for irrigation. Concerning spatial distribution, water quality in the aquifer is related to the quality of groundwater flow, drainage

from surface basin, seepage from irrigation canals, subsurface salt dissolution and leaching of nitrogen fertilizers. Nitrate is the main environmental problem, requiring further studies to evaluate alternatives to minimize nitrate pollution.

Key words: Irrigation, groundwater, pollution, salt, nitrate.

Introducción

El regadío contribuye notablemente al aumento de la producción agraria, permite la diversificación de cultivos y proporciona cosechas más estables, dando un suministro continuo en las zonas donde la lluvia limita el desarrollo de los cultivos. Esta contribución (el 40% de la producción agraria mundial se obtiene en un 20% de superficie cultivada) implica que cerca del 70% de los recursos hídricos del planeta sean destinados al riego (FAO, 2003) y que el agua entre en disputa con los sectores industriales y doméstico (Jiménez y Lamo de Espinosa, 1998). En España, el regadío juega un importante papel: ocupa el 14% de la superficie agraria, genera el 50% de la producción agrícola nacional pero consume hasta el 80% de los recursos hídricos del país (INE, 2008; MMA, 2007). En el ámbito europeo, es el segundo país en superficie agrícola y el mayor en área regada (UE, 2008).

No obstante, a pesar de los altos volúmenes empleados, cerca del 50% del agua retorna a los sistemas naturales (FAO, 2003), si bien la calidad que presenta puede distar mucho de la original por el arrastre de sales y agroquímicos del perfil del suelo (FAO, 2002). Así, el control de los niveles de sales en el agua tiene una alta importancia, ya que altas concentraciones pueden disminuir el crecimiento de ciertos cultivos (Ayers y Westcot, 1994), limitar la calidad del agua de consumo (UE, 1998) o provocar peligros en la industria (Jiménez y Lamo de Espinosa, 1998) entre otros efectos. En cuanto a la presencia de agroquímicos, el nitrato derivado de la fertilización nitrogenada supone desde años atrás un problema muy importante para la calidad de las aguas, sobre todo asociado a su impacto sobre la salud humana (UE, 1998; OMS, 2004) y los ecosistemas (Diaz, 2001; Volety, 2008).

A fin de preservar la calidad de las aguas y el buen estado ecológico de los entornos naturales, diversos organismos han implantado una serie de reglamentaciones, resultando de especial interés la Directiva relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura (UE, 1991), la Directiva Marco del Agua (UE, 2000) y la relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación (UE, 2006), desarrolladas para organizar la gestión de las masas de aguas e identificar, reducir y minimizar su deterioro. En España, de la Directiva UE (1991) surge el Real Decreto 261/1996 sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias, llevando a la implantación de zonas vulnerables a la contaminación por nitratos, códigos de buenas prácticas agrarias, programas de actuación y medidas de obligado cumplimiento que minimicen el impacto de esta actividad (BOE, 1996; BOA, 1997; BOA, 2001).

Por lo tanto, resultan necesarios estudios de evaluación de calidad de las aguas en los entornos agrarios a fin de diagnosticar la problemática agroambiental de cada regadío y establecer las medidas oportunas para reducir su contaminación. De hecho, hasta la fecha, la determinación del estado de calidad de los entornos agrarios se ha realizado mediante el seguimiento de redes de drenaje en cuencas hidrológicas de regadío (Tedeschi *et al*., 2001; Lasanta *et al*., 2002; Cavero *et al*., 2003; Cau-

sapé *et al*., 2004a y b; Isidoro *et al*., 2004; Isidoro *et al*., 2006a y b; Ribbe *et al*., 2008; García-Garizábal y Causapé, 2010) asignando a un único punto la contaminación generada en un amplio territorio ante la dificultad de determinar la contaminación generada en los entornos agrarios por su carácter difuso.

Así, aunque la información obtenida ha sido valiosa para establecer metodologías de cuantificación de la contaminación generada en sistemas de regadío, los trabajos no profundizaron en el estudio de las aguas subterráneas, bien por desconocer el funcionamiento de los sistemas hidrológicos como por la dificultad de establecer puntos de control. De este modo, los trabajos desarrollados fueron estudios de la evolución hidrológica y de la calidad de los sistemas subterráneos (Armengol *et al*., 2001; Moratalla *et al*., 2009; O Dochartaigh *et al*., 2010) que no siempre relacionaron los cambios en la calidad de las aguas con las características geológicas y agronómicas de las áreas evaluadas.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es analizar la evolución hidrológica y de la calidad del agua (salinidad y concentración de nitrato) del acuífero perteneciente a una cuenca de regadío tradicional en los años hidrológicos 2006, 2007 y 2008, relacionando los cambios en la calidad del mismo con las características geológicas y agronómicas de la zona estudiada.

Zona de estudio

La zona de estudio se encuentra en el Valle medio del Ebro y se corresponde con la cuenca hidrológica de regadío de 95 ha (C-XIX-6) de la Comunidad de Regantes nº V del Canal de Bardenas (CR-V; Figura 1). La cuenca C-XIX-6

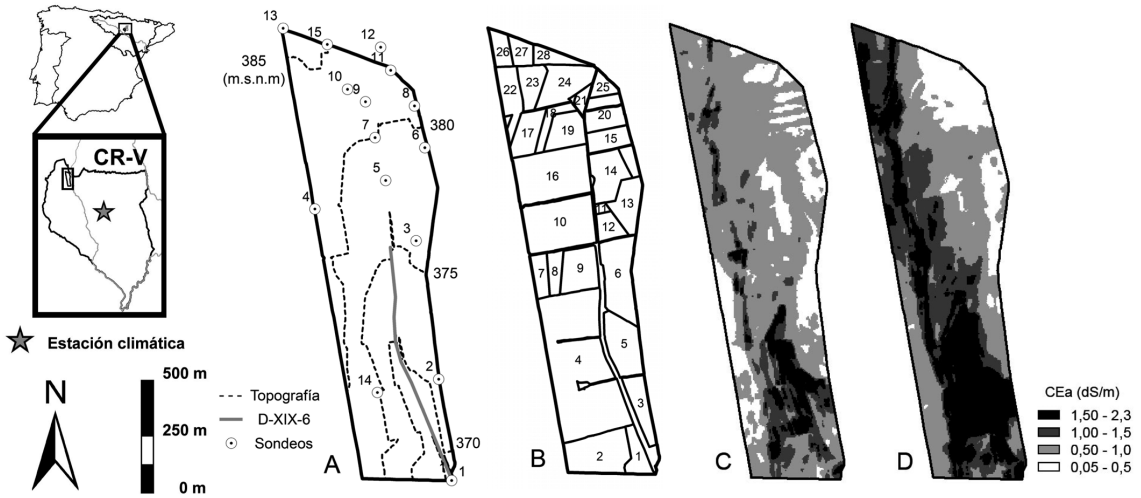


Figura 1. Localización de la cuenca de regadío C-XIX-6 dentro Comunidad de Regantes nº V del Canal de Bardenas (CR-V). Topografía y red de sondeos (A), parcelas agrícolas (B) y mapas conductividad eléctrica aparente (CEa) en configuración horizontal (C) y en configuración vertical (D).
Figure 1. Location of irrigated basin C-XIX-6 in the Bardenas Canal Irrigation District nº V (CR-V). Topography and test drilling network (A), agricultural plots (B) and maps of apparent electrical conductivity (CEa) in horizontal configuration (C) and vertical configuration (D).

está delimitada superficialmente por la red de acequias de riego y drenada por el desagüe D-XIX-6. Un total de 91 ha se dedican al riego, quedando la superficie restante como caminos de acceso y acequias. La superficie agrícola se divide en 28 parcelas según los cultivos y las prácticas agronómicas (riego y fertilización). El agua de riego de buena calidad (conductividad eléctrica= 0,3 dS/m; concentración de nitrato= 2 mg NO_3^-/l) procede del Embalse de Yesa y se recibe bajo petición en un sistema por inundación a la demanda con un régimen de dotaciones establecidas por la CR-V.

El clima se clasifica como mediterráneo templado (ITGE, 1985), con una evapotranspiración de referencia (ET_0) de 1068 mm/año y una precipitación (P) de 460 mm/año (GA, 2008). Los meses más secos se corresponden con las estaciones de verano e invierno, mientras que los más húmedos se registran en primavera y otoño. Los tres años que comprenden el periodo de estudio 2006-2008 fueron más secos que el año medio, con una precipitación menor (2-34%) y una ET_0 superior (18-22%).

Geológicamente, la zona se encuentra en el Dominio de la Depresión de Ebro, cuenca clástica con materiales del Terciario continental y Cuaternario (ITGE, 1980). Concretamente se trata de depósitos glacis-terraza cuaternarios de carácter grosero asentados sobre depósitos de lutitas terciarias. Ambos niveles constituyen un acuífero libre, recargado por las aguas de riego (59% de las entradas superficiales) y lluvia (41% de las entradas superficiales) que la red de drenaje se encarga de evacuar (Figura 1). De acuerdo a estudios locales (ITGE, 1985) y bibliografía (Custodio y Llamas, 1983) la porosidad del acuífero se estima en un 10-15%. La permeabilidad del sistema se clasifica como media-alta (SIAS, 2010). La construcción de 15 sondeos (Figura 1), permitió caracterizar el subsuelo de la cuenca, determinando que los materiales cuaternarios presentan su máximo espesor en la zona norte, 5,5 m de gravas, disminuyendo hacia la parte sur donde llegan a desaparecer y aflora el sustrato terciario.

Se hizo una caracterización edáfica de la cuenca mediante los mapas de conductividad eléctrica aparente horizontal (CEah, respuesta hasta 0,75 m profundidad) y vertical (CEav, respuesta hasta 1,5 m profundidad) con un sensor electromagnético móvil georreferenciado (Amezketa, 2007) modelo IS de Dualem. Las lecturas arrojaron una baja salinidad en los suelos (CEah= 0,16 dS/m) así como el desarrollo de un perfil normal (CEav= 0,25 dS/m), relacionando también la mayor CEav con la cercanía del terciario. Los valores mínimos de CEah (0,05 dS/m) se registran en el glacis mientras que el mayor valor de CEah (1,28 dS/m) se presenta en el terciario.

Abarcando el rango de CEah se muestrearon 10 suelos hasta 120 cm de profundidad. En cada punto se determinó pedregosidad, textura y la capacidad de retención de agua disponible para las plantas (CRAD) según el método Soil Survey Laboratory (1995). Los suelos se clasificaron como Calcixerollic Xerochrept con inclusiones de Petrocalcic Xerochrept (alto contenido de elementos gruesos, buenas condiciones de drenaje, baja CRAD y sin afecciones salinas; saso; Lecina *et al*., 2005) y Typic Xerofluvent (baja pedregosidad, mayor CRAD y con posibles afecciones salinas; valle; Lecina *et al*., 2005).

La distribución de cultivos fue similar los 3 años de estudio, con un predominio de cereal de invierno y alfalfa (Tabla 1), aunque tradicionalmente el maíz ha sido un cultivo mayoritario en la zona (GA, 2010). Las fuertes variaciones en los precios de mercado y las materias primas (INE, 2009), el establecimiento de ayudas parcialmente desacopladas de la producción por parte de la Política Agraria Comunitaria (Atance *et al*., 2006) y la existencia de un sistema de riego por inundación con dotaciones máximas anuales de agua son posibles causas para esta distribución.

Tabla 1. Dotación de riego, volumen de riego aplicado en la cuenca C-XIX-6, evapotranspiración potencial de los cultivos (ET_C) y distribución del área cultivada en la cuenca C-XIX-6 durante los años hidrológicos 2006, 2007 y 2008
Table 1. Allocation water, irrigation volume in basin C-XIX-6, crops potential evapotranspiration (ET_C) and percentage of crops distribution in basin C-XIX-6 in hydrologic years 2006, 2007 and 2008

Año	Dotación	Riego	ET_C	Cereal de invierno	Alfalfa	Maíz	Girasol	Hierba	Otros	Barbecho
	m^3/ha	mm	mm				%			
2006	7500	567	830	33	39	8	15	0	1	4
2007	7500	512	753	51	31	3	8	5	1	1
2008	8000	559	686	55	24	0	8	10	2	1

Las prácticas de riego variaron entre los cultivos por su diferente evapotranspiración de referencia (ET_C; Allen *et al*., 1998; Martínez-Cob *et al*., 1998; GA, 2008) si bien, entre años y para un mismo cultivo fueron similares. La alfalfa presentó la mayor ET_C con 928 mm de agua al año, a la que se aplicaron entre 8 y 10 riegos con una dosis media de 122 mm. Le siguió el maíz, con una ET_C de 782 mm, cubierta con 8 riegos de 136 mm. El girasol alcanzó los 716 mm anuales de ET_C, y se le suministraron entre 4 y 6 riegos de 113 mm. Por último, el cereal de invierno fue el cultivo con los menores requerimientos hídricos, tan sólo 567 mm/año. Se le aplicaron 2-3 riegos al año de 128 mm, si bien en 2007 algunos agricultores no llegaron a regar al resultar las precipitaciones suficientes para su desarrollo.

En cuanto a la fertilización, se situó entre los 124 Kg N/ha de 2006, único año con doble cultivo (alfalfa-girasol), y los 174 kg N/ha y 167 Kg N/ha de 2007 y 2008. Por cultivos, el maíz presentó las mayores aplicaciones de nitrógeno con 460 kg N/ha en 2006 y 428 kg N/ha en 2007. Le siguió el cereal de invierno, con 170 kg N/ha, si bien las dosis oscilaron entre los 97 kg N/ha y los 400 kg N/ha. El girasol recibió 175 kg N/ha, con dosis de 50 kg N/ha a 300 kg N/ha. La alfalfa, a pesar de no necesitar fertilización nitrogenada por tratarse de una leguminosa (Orús, 2006), presentó una fertilización de 62 kg N/ha, con aplicaciones muy variables según los agricultores, entre 0 y 243 kg N/ha. Por último, a la hierba (ray grass) se le suministraron 595 kg N/ha año. Los requerimientos anuales de nitrógeno de los cultivos anteriores según los registros de producción media de la zona (GA, 2010) y las extracciones unitarias de nitrógeno (Orús, 2006) fueron de 244 kg N/ha para el maíz, 110 kg N/ha para el cereal de invierno, 80 kg N/ha para el girasol, 0 kg N/ha para la alfalfa y 127 kg N/ha para la hierba.

En cuanto al tipo de fertilizante, la urea constituyó la principal entrada de nitrógeno (75% del N aplicado) junto con los abonos complejos (15% del N aplicado) y en menor proporción solución nitrogenada N-32 (5%). El 5% restante se aplicó bajo otras formas nítricas o amoniacales.

Metodología

Se analizó la evolución hidrológica y de calidad (salinidad y concentración de nitrato) de las aguas subterráneas en la cuenca de re-

gadío C-XIX-6 durante los años hidrológicos 2006, 2007 y 2008. Para ello se muestreó periódicamente la red de sondeos (9 en 2006 ampliados a 15 desde 2007) transformados a piezómetros, tomando en cada uno de ellos una lectura de nivel freático y una muestra de agua a la que se determinó en laboratorio su calidad.

Nivel freático

Se hicieron un total de 552 lecturas de nivel freático. Los datos obtenidos se introdujeron en la aplicación informática ArcGIS 9.2 para, mediante técnicas geoestadísticas (Krigeado), construir los mapas de piezometría y espesor saturado de agua del acuífero.

Salinidad

Coincidiendo con las lecturas del nivel freático, se tomaron 463 muestras de agua a las que se determinó en laboratorio como indicador de la salinidad la conductividad eléctrica a 25º C (CE; Sparks, 1995; FAO, 2002) con un conductivímetro Orion 5-Star con compensación automática de temperatura. El número de muestras de agua a las que se midió CE fue menor al de lecturas de nivel freático por las variaciones de la lámina de agua del acuífero, que provocó que algunos piezómetros estuvieran secos. Los valores de CE se introdujeron en la aplicación informática ArcGIS 9.2 para, mediante técnicas geoestadísticas (Krigeado), construir los mapas de CE anual del periodo hidrológico 2006-2008.

Se identificaron los puntos muestreados con valores de CE superiores a 3,0 dS/m (grado más restrictivo de CE del agua para uso agrícola; Ayers y Westcot, 1994) y a 2,5 dS/m (valor de restricción para las aguas destinadas al consumo humano; UE, 1998). A partir del mapa piezométrico local y la herramienta Hydrotools del programa informático ArcGIS 9.2, se trazaron las líneas de flujo para identificar los focos iniciales de las zonas contaminadas.

Nitratos

Coincidiendo con las lecturas del nivel freático, se tomaron 463 muestras de agua del acuífero a las que se analizó en laboratorio la concentración de nitrato (NO_3^-) por colorimetría con un Autoanalizer AA3. El número de muestras de agua a las que se analizó NO_3^- fue inferior al de lecturas de nivel freático por las variaciones de la lámina de agua del acuífero, que provocó que algunos piezómetros estuvieran secos. Sólo se analizó en las muestras la concentración de nitrato al constituir esta forma el 98% del nitrógeno total de las aguas en la zona de estudio (Causapé, 2004). Los valores de NO_3^- se introdujeron en la aplicación informática ArcGIS 9.2 para, mediante técnicas geoestadísticas (Krigeado), construir los mapas de NO_3^- anual del periodo hidrológico 2006-2008.

Se identificaron las zonas con valores de NO_3^- superior a 50 mg NO_3^-/l (zonas contaminadas por nitratos; UE, 1998), para a partir del mapa piezométrico local y la herramienta Hydrotools del programa informático ArcGIS 9.2, trazar las líneas de flujo e identificar los focos iniciales de las zonas contaminadas.

Resultados

Evolución espacio-temporal de las aguas subterráneas

Nivel freático

El nivel freático se localizó a una mayor profundidad en la zona norte de la cuenca, donde el espesor del glacis era mayor, mientras que al sur y al oeste, coincidiendo con una disminución de la potencia de gravas, el agua aparecía más superficialmente. El seguimiento de los mapas piezométricos identificó la existencia de un flujo de agua subterráneo que se introducía por el noroeste de

la cuenca y circulaba con dirección norte-sur hasta verter en el desagüe D-XIX-6, receptor de los efluentes de la cuenca (Figura 2). Así, la cuenca hidrológica superficial y subterránea de C-XIX-6 no coincidían, y a la recarga del acuífero por el drenaje del riego y la lluvia generado en C-XIX-6 se le une la entrada de agua subterránea de la zona agrícola adyacente (Figura 1).

El espesor saturado medio del acuífero fue de 0,96 m, con una clara variación estacional relacionada con la aplicación de riego (Figura 3). Con el establecimiento de los cultivos de primavera y verano, el nivel freático se elevó alcanzando el acuífero un espesor medio de 1,13 m, si bien en algunos puntos llegaron a registrarse hasta 4 m de agua coincidiendo con eventos de riego. Por otro lado, el bajo volumen de entradas de agua entre octubre y marzo motivaron una baja recarga del acuífero y la disminución del nivel freático en los piezómetros, provocando que antes de iniciarse la campaña de riego (marzo-abril) se midiera un espesor de agua de sólo 0,51 m, llegando a encontrarse piezómetros secos.

Un 96% de las lecturas de nivel freático se situaron a más de 120 cm de profundidad, hecho que hace improbable el ascenso capilar de agua desde el acuífero y la aparición de sales en superficie (FAO, 2002) por encontrarse el perfil del suelo saturado por el riego cuando el freático estaba más elevado. También contribuyeron a la baja salinidad las buenas condiciones de circulación y drenaje del acuífero (SIAS, 2010) y de los suelos desarrollados en el glacis (Lecina *et al*., 2005). En cambio, en áreas topográficamente más deprimidas al sur de la cuenca aparecieron eflorescencias salinas que se corresponden con máximos en las mediciones de CEa y afloramientos del terciario

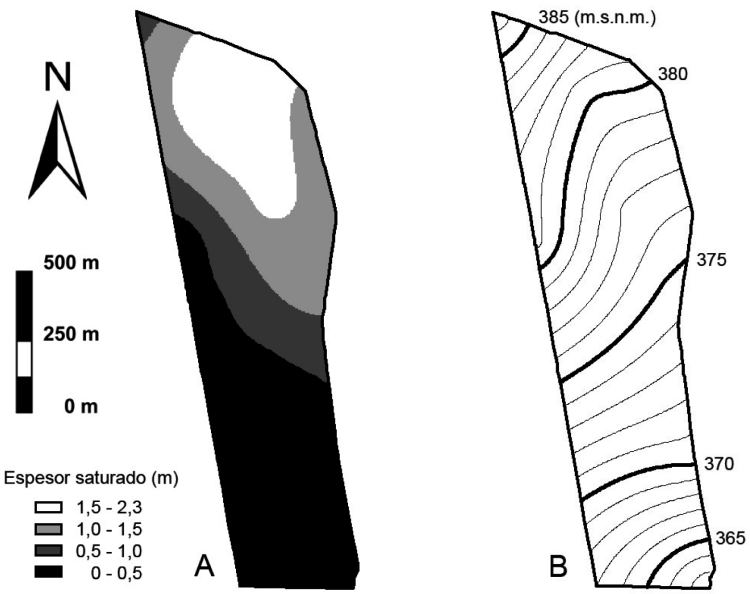


Figura 2. Mapas de espesor saturado medio del acuífero (A) y piezométrico (B) del acuífero de la cuenca C-XIX-6 durante el periodo hidrológico 2006-2008.
Figure 2. Maps of average saturated thickness (A) and piezometric (B) in aquifer belonging to basin C-XIX-6 in hydrologic period 2006-2008.

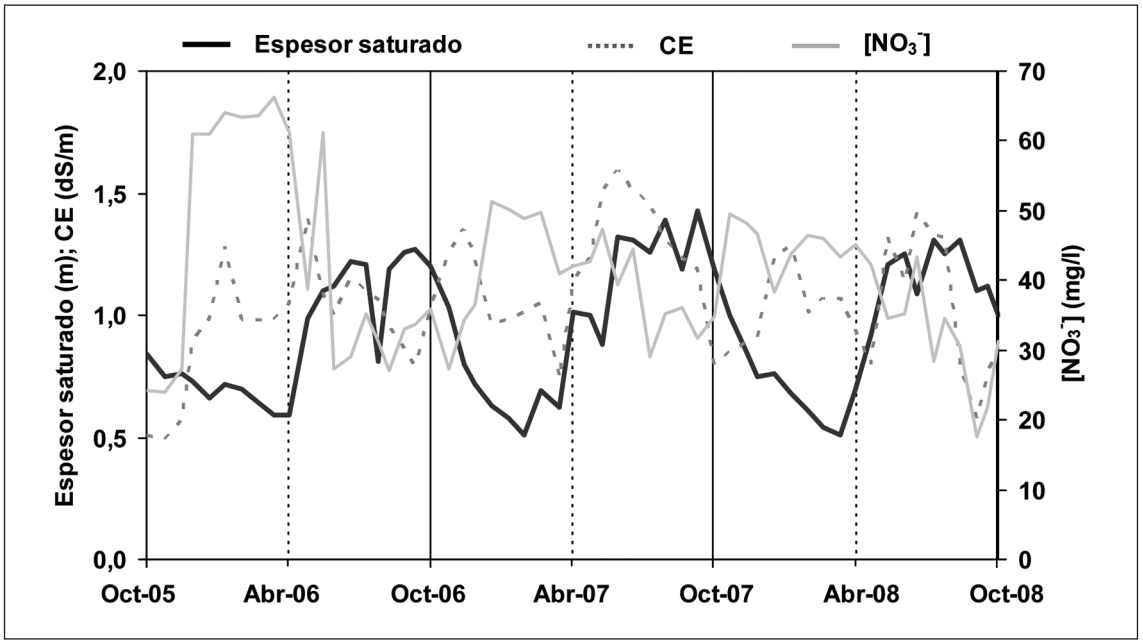


Figura 3. Evolución temporal del espesor saturado de agua, conductividad eléctrica (CE) y concentración de nitrato (NO_3^-) del acuífero de la cuenca C-XIX-6 durante los años hidrológicos 2006, 2007 y 2008.
Figure 3. Temporary evolution of saturated thickness, electrical conductivity (CE) and nitrate concentration (NO_3^-) in aquifer belonging to basin C-XIX-6 in hydrologic years 2006, 2007 and 2008.

(Figura 1). En este caso, la aparición de sales se asocia con la salinidad del sustrato terciario (Causapé *et al*., 2004; Lecina *et al*., 2005) o las peores condiciones de drenaje del suelo, por su naturaleza lutítica-arcillosa (FAO, 1988; FAO, 2002; Lecina *et al*., 2005).

Salinidad

La CE de las muestras de agua subterránea se situó en el rango 0,40 dS/m (similar a la del agua de riego) a 6,38 dS/m. Un 17% de las muestras no presentaron restricciones de uso para riego, mientras que en el 3% se midieron valores de CE superiores a los 3,0 dS/m que marca su restricción severa en uso para riego (Ayers y Westcot, 1994). El 4% sobrepasaron el límite de 2,5 dS/m propuesto para las aguas destinadas a consumo humano (UE, 1998).

La CE media del agua subterránea fue baja-moderada (1,04 dS/m; Ayers y Westcot, 1994) con una cierta variabilidad, menor en el periodo octubre-marzo (CV= 36%) cuando el aumento en la CE se debió a la disolución de sales terciarias presentes en el subsuelo, que en abril-septiembre (CV= 85%), época de riegos, cuando a este proceso se le unió la salinidad del agua drenaje por el arrastre de las sales acumuladas en invierno y los mayores volúmenes de riego. Esto provocó que las muestras de agua tomadas en la temporada de riego ($CE_{media\text{-}R}$= 1,06 dS/m) y no riego ($CE_{media\text{-}NR}$= 0,99 dS/m) presentaran diferencias significativas ($p<0,01$; Mann-Whitney, 1947). Por otro lado, durante el periodo 2006-2008, la CE media anual del acuífero no sufrió cambios significativos (CE_{2006}= 0,96 dS/m; CE_{2007}= 1,15 dS/m; CE_{2008}= 0,99 dS/m) aún

cuando se efectuó el paso a cultivos con menores requerimientos hídricos y mantenerse los volúmenes de riego (Tabla 1).

Aunque la CE fue superior durante la temporada de riego, los valores más bajos de CE se midieron en septiembre (Figura 3), hecho que se relaciona con la aplicación de riegos a la alfalfa y al maíz al disponer los agricultores al final de la campaña de riego de ciertas reservas hídricas. De esta manera, los regantes aseguraron la producción manteniendo un bajo déficit hídrico a los cultivos, comportamiento que tuvo un efecto positivo en la CE del acuífero al procurarle unos bajos valores de salinidad, además de preservar el buen estado del suelo (FAO, 1988; Sparks, 1995; FAO, 2002). Sin embargo, en sistemas de riego tradicionales, un mayor volumen de riego aplicado supone también un aumento en el volumen de retornos y en la masa contaminante exportada por el regadío (García-Garizábal y Causapé, 2010; García-Garizábal *et al*., 2010), y en este sentido Beltrán (1999) y Caballero *et al*. (2001) recomiendan como medida reductora del impacto del regadío y optimización del agua no emplear el riego para lavar las sales acumuladas en el perfil edáfico, siempre que las lluvias sean suficientes para ello.

En cuanto a la distribución espacial, la CE aumentó según a la dirección de flujo del acuífero (Figura 1), desde las zonas de recarga hacia el punto de descarga (Salama *et al*., 1998). En la principal zona de entrada de los flujos subterráneos, la CE fue de 0,6 dS/m, que se incrementó hasta los 0,9 dS/m en la parte baja de la cuenca (Figura 4). La baja sa-

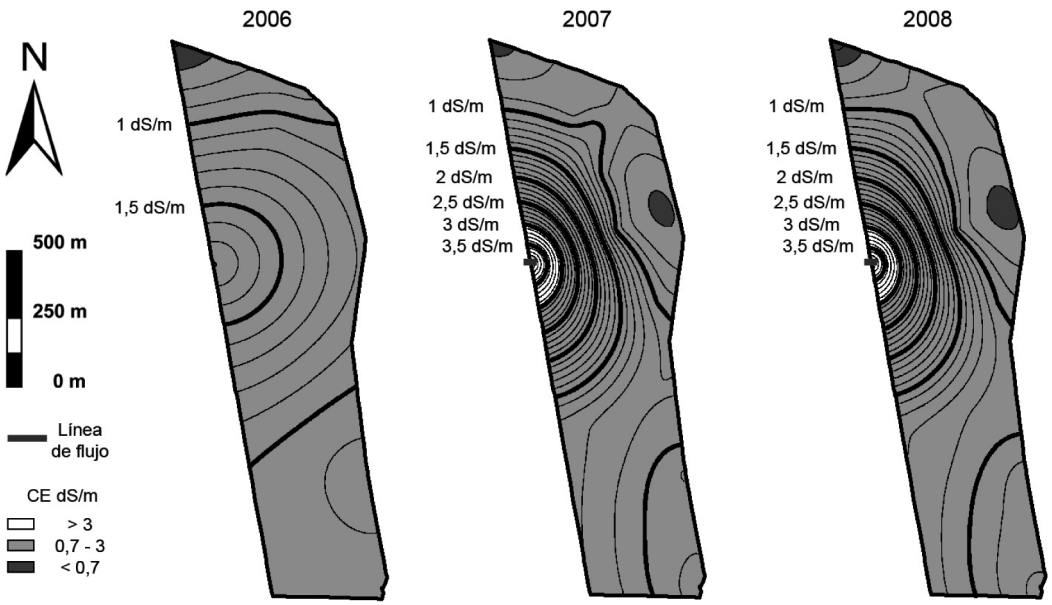


Figura 4. Mapas de conductividad eléctrica (CE; Equidistancia: 0,1 dS/m) media anual en la cuenca C-XIX-6 durante los años hidrológicos 2006, 2007 y 2008. La línea continua indica la línea de flujo en el acuífero para el punto 4.

Figure 4. Maps of average electrical conductivity (CE; Equidistance; 0.1 dS/m) in aquifer belonging to basin C-XIX-6 in hydrologic years 2006, 2007 and 2008. Solid line indicates the flow line in the aquifer for the point 4.

linidad del agua de riego, de los materiales (Causapé *et al*., 2004; Lecina *et al*., 2005) y el corto tiempo de residencia y buenas condiciones de circulación y drenaje del acuífero (SIAS, 2010) no motivaron un gran aumento de la CE, ya que en otros regadíos se han registrado CE muy superiores por la mayor salinidad de los materiales (Isidoro *et al*., 2006a; Tedeschi *et al*., 2001). En este sentido, no se evidenció una estratificación en los niveles de CE del acuífero en profundidad, ya que la CE de 20 muestras de agua tomadas en superficie en el piezómetro 9 (primeros 20 cm del acuífero) y la CE registrada por un CTD-Diver instalado en la parte baja de la columna de agua (a 60 cm del fondo del sondeo) no presentaron diferencias significativas (Mann-Whitney, 1947). Este hecho contrasta con lo observado por Saeed (2003) o Northey *et al*. (2006) en otros distritos agrícolas, al relacionar los cambios de la conductividad eléctrica del agua en profundidad con la captación de agua subterránea para riego o la mayor salinidad de los materiales geológicos.

Se observa una relación entre la CE del acuífero y la red de riego (Figura 4), coincidiendo las menores conductividades con el trazado de la acequia norte (Figura 1), que delimita la cuenca hidrológica superficial. A partir de los puntos de riego, y como resultado del sistema de riego por inundación, se creó un perfil de avance e infiltración donde el agua de drenaje con una menor CE se localiza en la zona más próxima al área inicial de la parcela de riego, por la mayor tasa de lavado (FAO, 1989; Burt *et al*., 1997). No obstante, las filtraciones en la red de transporte, que en canales de hormigón pueden ser de hasta el 10% (Krinner *et al*., 1994; FAO, 2002; Barros *et al*., 2010) también contribuyeron a disminuir la CE.

En cuanto al máximo valor de CE, se midió en el sector centro-occidental de C-XIX-6 (piezómetro 4; Figura 4). La línea de flujo determinada por Hydrotools apenas indicó desplazamiento respecto al punto de origen, por lo que el alto valor de la CE se asocia con las sales del sustrato terciario y el bajo espesor saturado de agua del acuífero (Figura 2). La alta CE también puede relacionarse con el cambio del cultivo de maíz por cereal de invierno en las parcelas circundantes, ya que al presentar el cereal de invierno unas menores necesidades hídricas y de riego que el maíz, generó un drenaje con una mayor CE.

Nitratos

Los análisis detectaron NO_3^- en todas las muestras de agua subterránea, en un rango de 2 mg NO_3^-/l (similar a la del agua de riego) a 143 mg NO_3^-/l. Un 35% de las muestras presentaron concentraciones superiores a los 50 mg NO_3^-/l marcados para las aguas destinadas al consumo humano (UE, 1998) y un 33% pertenecieron al intervalo de control 25-50 mg NO_3^-/l.

La NO_3^- media de las muestras fue moderada (39 mg NO_3^-/l) con una cierta variabilidad a lo largo del periodo de estudio ($CV_{2006-08}$= 62%) que permaneció constante entre la estación de riego y no riego. No obstante, hubo diferencias significativas ($p<0,05$; Mann-Whitney, 1947) en la NO_3^- de las muestras tomadas en la temporada de riego (37 mg NO_3^-/l) y no riego (43 mg NO_3^-/l), por el efecto diluyente de las aguas del Canal de Bardenas y los menores aportes de fertilizantes nitrogenados (en abril-septiembre se aplicó el 44% del N anual), al igual que encontraron Armengol *et al*. (2001) en otra zona de regadío, asociando la mejoría en la NO_3^- del acuífero al agua de riego y la menor fertilización estacional.

Coincidiendo con la mayor aplicación de fertilizante nitrogenado entre octubre y marzo (temporada sin riego) se midieron las mayores NO_3^- en el acuífero (Figura 3), resultados que contrastan con los obtenidos por Causapé *et al*. (2004b), Cavero *et al*. (2003) e Isidoro *et al*. (2006b) que relacionan la concentración de nitrato en las aguas de drenaje

agrícola con la aplicación de fertilizantes y riego (en este mismo periodo se aplicó sólo el 9% del riego anual). Estas mayores concentraciones se asocian con las características climáticas y edáficas de la zona, ya que los meses de invierno puede producirse percolación profunda hasta el acuífero por las lluvias (Isidoro *et al*., 2004), con lo que el nitrato presente en el suelo corre riesgo de lavado. En este sentido, resultaría recomendable mejorar las prácticas de fertilización ajustando las dosis de nitrógeno con las necesidades del cultivo (actualmente la fertilización es un 25-75% superior a las extracciones de los cultivos), posponer la aplicación de las primeras aplicaciones de fertilizante hasta la primavera cuando las plantas presentan una mayor demanda de nutrientes (Orús, 2006), estudiar la implantación de cultivos captura (Wyland *et al*., 1996; Báez *et al*., 1998; Bundy y Andraski, 2005; Salmerón *et al*., 2010) y continuar evaluando el uso de los inhibidores de la nitrificación (Isla y González, 2006).

A pesar del aumento en la fertilización del 15% entre 2006 y 2008, la NO_3^- del acuífero ha disminuido de 43 mg NO_3^-/l a 38 mg NO_3^-/l. El desarrollo de cultivos con menores requerimientos hídricos y unos volúmenes de riego constantes (Tabla 1) con agua de buena calidad, motivaron la menor concentración en las aguas de drenaje. Sin embargo, la actuación en este sentido no es recomendable, ya que si bien los retornos de riego presentan una menor NO_3^-, el volumen de drenaje que se genera es mayor, aumentando la masa total de nitrato exportada por el regadío (García-Garizábal y Causapé, 2010; García-Garizábal *et al*., 2010).

En cuanto a la distribución espacial, la NO_3^- aumentó según la dirección de flujo del acuífero, de 14 mg NO_3^-/l en la zona de entrada de las aguas subterráneas hasta los 60 mg de NO_3^-/l en el punto de salida de las aguas de C-XIX-6, localizándose los valores de mayor concentración en la parte más meridional, receptora de los retornos de riego de toda la cuenca. En 2008, se detectan valores de NO_3^- superiores a 50 mg de NO_3^-/l en el piezómetro 9. En este caso, la línea de flujo determinada con Hydrotools indicó un origen del nitrato en la cuenca C-XIX-6 (Figura 5). Con el estudio de las prácticas de fertilización en las parcelas de cultivo (parcela 23: cereal de invierno con 170 kg N/ha; parcela 24: hierba con 460 kg N/ha; parcela 27: barbecho) y las NO_3^- del resto de piezómetros (la línea de flujo atravesó el piezómetro 10, con 36 mg NO_3^-/l), la contaminación tuvo origen en la parcela 25 situada sobre el piezómetro 9, sembrada con hierba y a la que se aplicó una fertilización muy superior a las necesidad del cultivo.

Conclusiones

El seguimiento de las aguas subterráneas mediante una red de piezómetros permitió identificar que la cuenca hidrológica superficial y subterránea en C-XIX-6 no coincidían, por lo que a la recarga del acuífero por el riego en C-XIX-6, se unía la recarga por un flujo de agua subterránea. La evolución del nivel freático y los espesores saturados del acuífero indican que el sistema puede llegar a quedar seco si se alcanzan una muy baja tasa de recarga.

La conductividad eléctrica en el acuífero fue baja, si bien algunas muestras presentaron valores superiores a los límites de calidad propuestos para las aguas de consumo humano y para riego. La conductividad eléctrica fue, junto con la variabilidad, mayor en los meses de riego por el lavado de las sales evapoconcentradas en el suelo. La salinidad se distribuyó de manera heterogénea en el acuífero, relacionándose las zonas de baja conductividad eléctrica con las filtraciones de la red de acequias y una mayor fracción de lavado del agua de riego. Por otro lado, las áreas de una mayor conductividad eléctrica se relacionan

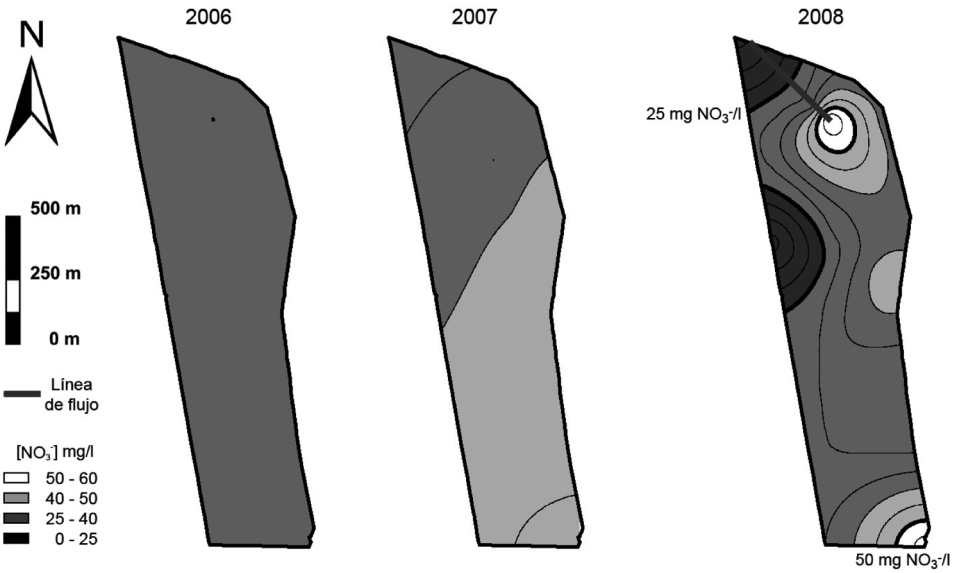


Figura 5. Mapas de concentración de nitrato (NO_3^-; Equidistancia: 5 mg NO_3^-/l) media anual en la cuenca C-XIX-6 durante los años hidrológicos 2006, 2007 y 2008. La línea continua indica la línea de flujo en el acuífero para el punto 9.
Figure 5. Maps of average nitrate concentration (NO_3^-; Equidistance: 5 mg NO_3^-/l) in aquifer belonging to basin C-XIX-6 in hydrologic years 2006, 2007 and 2008. Solid line indicates the flow line in the aquifer for the point 9.

con la cercanía del sustrato terciario y el menor espesor saturado de agua del acuífero.

En cuanto a la concentración de nitrato, fue moderada, si bien un 35% de las muestras presentaron concentraciones superiores a los 50 mg NO_3^-/l marcados para las aguas destinadas al consumo humano y un 33% pertenecieron al intervalo de control 25-50 mg NO_3^-/l. Las concentraciones fueron menores durante la temporada de riego por el efecto diluyente de las aguas del Canal de Bardenas y la menor aplicación de fertilizantes nitrogenados. No obstante, a la salida de C-XIX-6 las aguas aumentaran en un 300% su concentración de nitrato.

Por lo tanto, la presencia de nitrato en las aguas resulta el principal problema medioambiental, siendo necesario desarrollar estudios de este tipo que permiten identificar zonas contaminadas. En este sentido, una vez delimitadas los sistemas hídricos contaminados, podrán orientarse nuevos trabajos que analicen el impacto de las prácticas agronómicas en campo, desarrollando estrategias de manejo agronómico que minimicen la contaminación. Estos deberán centrarse en mejorar el aprovechamiento de los fertilizantes nitrogenados con ensayos de fertilización, a implantación de cultivos captura o el empleo de inhibidores de la nitrificación. Además, una mejora en las prácticas de riego a través de la instalación de sistemas presurizados podría resultar favorable, si bien no habría que olvidar el posible impacto en la recarga del acuífero, la salinidad del agua y del suelo.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado gracias a la financiación del Ministerio de Educación y Ciencia dentro del proyecto AGL2005-07161-C05-01 y la beca de formación asociada BES-2006-12662. Gracias también al Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón, a la Comunidad de Regantes nº V de Bardenas y a sus agricultores por su colaboración.

Bibliografía

Allen R, Pereira L, Raes D, Smith M, 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper nº 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma (Italia). 300 pp.

Amezketa E, 2007. Soil salinity assessment using directed soil sampling from a geophysical survey with electromagnetic technology: a case study. Spanish Journal of Agricultural Research 5(1): 91-101.

Armengol L, Cots L, Barragán JD, Pascual JM, 2001. Calidad del agua en el acuífero aluvial de la zona regada por los canales de Urgell (Lérida). Investigación, gestión y recuperación de acuíferos contaminados: 131-142.

Atance I, Barc E, Benito I, Compés R, Langreo A, 2006. La reforma de la Política Agraria Común: preguntas y respuestas en torno al futuro de la agricultura. Eds. Eumedia y Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid (España). 242 pp.

Ayers RS y Westcot DW, 1994. Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper nº 29. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma (Italia). 174 pp.

Báez D, Pinto M, Estavillo JM y Rodríguez M, 1998. Utilización de cultivos cobertera para minimizar la lixiviación de nitratos en rotaciones de maíz. Jornadas sobre la contaminación de las aguas subterráneas: Un problema pendiente. Valencia. AIH-GE.

Barros R, Isidoro D y Aragüés R, 2010. Long-term water balances in La Violada Irrigation District (Spain): sequential assessment of main inputs, outputs and water balance closing errors. Agricultural Water Management (en revisión).

Beltran JM, 1999. Irrigation with saline water: benefits and environmental impact. Agricultural Water Management 40(2-3): 183-194.

BOA 1997. Decreto 77/1997, de 27 de mayo, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Comunidad Autónoma de Aragón y se designan determinadas áreas Zonas Vulnerables a la contaminación de las aguas por los nitratos procedentes de fuentes agrarias. Boletín Oficial de Aragón del 11 de junio de 1997.

BOA 2001. Orden de 28 de diciembre de 2000, del Departamento de Agricultura, por la que se aprueba el Programa de Actuación sobre las Zonas Vulnerables Jalón-Huerva y Gallocanta, designadas en la Comunidad Autónoma de Aragón. Boletín Oficial de Aragón del 3 de enero de 2001.

BOE 1996. Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias. Boletín Oficial del Estado del 11 de marzo de 1996.

Bundy LG y Andraski TW, 2005. Recovery of fertilizer nitrogen in crop residues and cover crops on an irrigated sandy soil. Soil Science Society of America Journal 69(3): 640-648.

Burt CM, Clemmens AJ, Strelkoff TS, Solomon KH, Bliesner RD, Hardy LA, Howell TA y Eisenhauer DE, 1997. Irrigation performance measures: Efficiency and uniformity. Journal of Irrigation and Drainage Engineering-Asce 123(6): 423-442.

Caballero R, Bustos A y Roman R, 2001. Soil salinity under traditional and improved irrigation schedules in central Spain. Soil Science Society of America Journal 65(4): 1210-1218.

Causapé J, 2004. La red de control de los regadíos de la cuenca del Ebro: metodología y aplicación al sistema de Bardenas. Confederación Hidrográfica del Ebro. Disponible en http://www.chebro.es

Causapé J, Auqué L, Gimeno M, Mandado J, Quílez D y Aragüés R, 2004. Irrigation effects on the salinity of the Arba and Riguel Rivers (Spain): present diagnosis and expected evolution using geochemical models. Environmental Geology 45(5): 703-715.

Causapé J, Quílez D y Aragüés R, 2004a. Assessment of irrigation and environmental quality at the hydrological basin level - I. Irrigation quality. Agricultural Water Management 70(3): 195-209.

Causapé J, Quílez D y Aragüés R, 2004b. Salt and nitrate concentrations in the surface waters of the CR-V irrigation district (Bardenas I, Spain): diagnosis and prescriptions for reducing off-site contamination. Journal of Hydrology 295(1-4): 87-100.

Cavero J, Beltrán A y Aragüés R, 2003. Nitrate exported in the drainage water of two sprinkler irrigated watershed. Journal Environmental Quality 32: 916-926.

Custodio E y Llamas M, 1983. Hidrología subterránea. Ediciones Omega. Barcelona (España). 2.290 pp.

Diaz RJ, 2001. Overview of hypoxia around the world. Journal of Environmental Quality 30: 275-281.

FAO 1988. Salt-Affected Soils and their Management. FAO soils bulletin 39.

FAO 1989. Guidelines for designing and evaluating surface irrigation systems. FAO irrigation and drainage paper 45.

FAO 2002. Agricultural drainage water management in arid and semi-arid areas. FAO irrigation and drainage paper 61.

FAO 2003. Descubrir el Potencial del Agua para la Agricultura. Depósito de documentos de la FAO.

GA 2008. http://servicios.aragon.es/oresa/

GA 2010. Superficies, producciones y destinos de la producción agraria aragonesa. Año 2000-2008. Dpto. Agricultura y Alimentación del Gobierno de Aragón. Secretaria General Técnica Servicio de Planificación y Análisis.

García-Garizábal I y Causape J, 2010. Influence of irrigation water management on the quantity and quality of irrigation return flows. Journal of Hydrology 385(1-4): 36-43.

García-Garizábal I, Causape J y Abrahao R, 2010. Evolution of the efficiency and agro-environmental impact of a traditional irrigation land in the middle Ebro Valley (2001-2007). Spanish Journal of Agricultural Research 7(2): 465-473.

INE 2008. Anuario de estadística agroalimentaria y pesquera 2007. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid (España). Disponible en: http://www.mapa.es/es/estadistica/pags/anuario/introduccion.htm

INE 2009. Informe semanal de coyuntura 2009-10-06. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Secretaría General Técnica. Madrid (España). Disponible en: http://www.mapa.es/es/estadistica/pags/publicaciones/Isc/introduccion.htm

Isidoro D, Quílez D y Aragüés R, 2004. Water balance and irrigation performance analysis: La Violada irrigation district (Spain) as a case study. Agricultural Water Management 64(2): 123-142.

Isidoro D, Quílez D y Aragüés R, 2006a. Environmental impact of irrigation in La Violada District (Spain): I. Salt export patterns. Journal of Environmental Quality 35: 766-775.

Isidoro D, Quílez D y Aragüés R, 2006b. Environmental impact of irrigation in La Violada District (Spain): II. Nitrogen fertilization and nitrate export patterns in drainage water. Journal of Environmental Quality 35: 776-785.

Isla R y González T, 2006. Utilización de inhibidores de la nitrificación en el cultivo de maíz en suelos de alto potencial de lavado en regadíos de Aragón. XI Simposio Ibérico sobre Nutrición mineral de las Plantas. 19-21 de Julio del 2006. Pamplona (España).

ITGE 1980. Cartografía geológica. Hoja de Sádaba (245). Instituto Tecnológico Geominero de España.

ITGE 1985. Investigación de los recursos hidráulicos totales de la cuenca del río Arba. Instituto Tecnológico Geominero de España.

Jiménez R y Lamo de Espinosa J, 1998. Agricultura sostenible. Mundiprensa, Madrid, Spain. 616 pp.

Krinner W, García A y Estrada F, 1994. Method for Estimating Efficiency in Spanish Irrigation Systems. Journal of Irrigation and Drainage Engineering-Asce 120(5): 979-987.

Lasanta T, Mosch W, Pérez Rontomé MC, Navas A, Machín J y Maestro M, 2002. Effects of irrigation on water salinization in semi-arid environments. A case study in Las Bardenas, Spain. Cuadernos de Investigación Geográfica 28: 7-13.

Lecina S, Playan E, Isidoro D, Dechmi F, Causapé J y Faci JM, 2005. Irrigation evaluation and simulation at the irrigation District V of Bardenas (Spain). Agricultural Water Management 73(3): 223-245.

Mann HB y Whitney DR, 1947. On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. Annals of Mathematical Statistics 18: 50-60.

Martínez-Cob A, Faci JM y Bercero A, 1998. Evapotranspiración y necesidades de riego de los principales cultivos en las comarcas de Aragón. Institución Fernando el Católico. Excma. Diputación de Zaragoza.

MMA 2007. Perfil Ambiental de España 2006: Informe basado en indicadores. Ministerio de Medio Ambiente. Centro de Publicaciones. Madrid (España). 319 pp.

Moratalla A, Gomez-Alday JJ, De las Heras J, Sanz D y Castano S, 2009. Nitrate in the Water-Supply Wells in the Mancha Oriental Hydrogeological System (SE Spain). Water Resources Management 23(8): 1621-1640.

Northey JE, Christen EW, Ayars JE y Jankowski J, 2006. Occurrence and measurement of salinity stratification in shallow groundwater in the Murrumbidgee Irrigation Area, south-eastern Australia. Agricultural Water Management 81(1-2): 23-40.

O Dochartaigh BE, MacDonald AM, Darling WG, Hughes AG, Li JX y Shi LA, 2010. Determining groundwater degradation from irrigation in desert-marginal northern China. Hydrogeology Journal 18(8): 1939-1952.

OMS 2004. Guías para la calidad del agua potable. Volumen 1: Recomendaciones. Organización Mundial de la Salud. Ginebra (Suiza). Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_fulll_lowsres.pdf

Orús F, (coord.) 2006. Fertilización Nitrogenada. Guía de actualización. Ed. Gobierno de Aragón. Departamento de Agricultura y Alimentación.

Ribbe L, Delgado P, Salgado E y Flugel WA, 2008. Nitrate pollution of surface water induced by agricultural non-point pollution in the Pocochay watershed, Chile. Desalination 226(1-3): 13-20.

Saeed MM, Ashraf M y Asghar MN, 2003. Hydraulic and hydro-salinity behavior of skimming wells under different pumping regimes. Agricultural Water Management 61(3): 163-177.

Salama RB, Otto CJ y Fitzpatrick RW, 1999. Contributions of groundwater conditions to soil and water salinization. Hydrogeology Journal 7(1): 46-64.

Salmeron M, Cavero J, Quilez D e Isla R, 2010. Winter Cover Crops Affect Monoculture Maize Yield and Nitrogen Leaching under Irrigated Mediterranean Conditions. Agronomy Journal 102(6): 1700-1709.

SIAS 2010. http://www.igme.es/internet/Servicios-Mapas/siasespana/sias-es.html (Noviembre 2010).

Soil Survey Laboratory 1995. Information Manual. Soil Survey Investigations Report N° 45 Version 1.0. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. Washington, D.C. (EE.UU.). Disponible en: http://soils.usda.gov/survey/nscd/lim/

Sparks DL, 1995. Environmental Soil Chemistry, Academic Press, Inc. San Diego, CA.

Tedeschi A, Beltrán A y Aragüés R, 2001. Irrigation management and hydrosalinity balance in a semi-arid area of the middle Ebro river basin (Spain). Agricultural Water Management 49: 31-50.

UE 1991. Directiva 91/676/CEE del Consejo, de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura. Diario Oficial n° L 375 de 31/12/1991 p. 0001-0008.

UE 1998. Directiva 98/83/CE del Consejo de 3 de noviembre de 1998 relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano. Diario Oficial n° L 330 de 05/12/1998 p. 0032-0054.

UE 2000. Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo del 23 de Octubre de 2000 por la que se establece un marco común de actuación en el ámbito de la política de aguas. Diario Oficial n° L 327 de 22/12/2000 p. 0001-0073.

UE 2006. Directiva 2006/118/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro. Diario Oficial n° L 372 de 27/12/2006 p. 0019-0031.

UE 2008. Agricultural statistics. Main results 2006-2007. 2008 edition. Office for Official Publications of the European Communities. Luxemburgo (Luxemburgo). Disponible en http://ec.europa.eu/eurostat

Volety AK, 2008. Effects of salinity, heavy metals and pesticides on health and physiology of oysters in the Caloosahatchee Estuary, Florida. Ecotoxicology 17: 579-590.

Wyland LJ, Jackson LE, Chaney WE, Klonsky K, Koike ST y Kimple B, 1996. Winter cover crops in a vegetable cropping system: Impacts on nitrate leaching, soil water, crop yield, pests and management costs. Agriculture Ecosystems & Environment 59(1-2): 1-17.

(Aceptado para publicación el 13 de julio de 2012)

Identificación de las condiciones de inicio de la ecolatencia de cerezos variedades: Brooks, New Star, Garnet y Stella

E. Tersoglio[1]*, G. Naranjo*, O. Quiroga y N. Setien

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA. Dirección San Martín 3.853 Luján de Cuyo, Mendoza. Argentina. CC3 CP 5507

Resumen

Cumplidos los requerimientos de frío de la endolatencia aparece el efecto interacción frío-calor, iniciando la ecolatencia, en la que las yemas adquieren gradualmente capacidad de brotar. Las necesidades de frío de ambas etapas son complementarias y su adición constituye la totalidad del requerimiento de la latencia. Para estudiar el requerimiento de frío de la endolatencia se mide el efecto que producen cantidades crecientes de unidades de frío Utah modificado (UFUM) con reducidas cantidades de calor expresado en grados de crecimiento horario (GDH°C) sobre la brotación en yemas vegetativas de las variedades Brooks, New Star, Garnet y Stella. Los ensayos se realizan en materiales que reciben UFUM en condiciones controladas y de campo y las GDH°C en condiciones de campo e invernáculo. Los modelos estimaron convenientemente el comportamiento de la brotación. Los requerimientos de la endolatencia son: 355, 530, 469 y 736 UFUM, mientras que los de la ecolatencia son: 460, 480, 370 y 560 para las variedades Brooks, New Star, Garnet y Stella respectivamente. Debido a la interacción frío-calor de la ecolatencia, los requerimientos varían con la variedad y la disponibilidad de frío invernal y de calor primaveral. Durante la ecolatencia cuando se incrementa sólo el calor, generalmente se logra una mayor respuesta de brotación que en aquellas en las que incrementa sólo el frío (Brooks, New Star y Stella). Otras variedades como Garnet su efecto es más balanceado. Entre las variedades en estudio los requerimientos de endolatencia poseen mayor variabilidad que los de la ecolatencia.

Palabras clave: Endolatencia, requerimientos de frío, requerimientos de calor.

Summary
Identification of start conditions of sweet cherry ecodormancy varieties: Brooks, New Star, Garnet and Stella

Having met the chilling requirements of endodormancy, the cold-heat interaction effect appears, and the ecodormancy stage has begun. During ecodormancy, the buds gradually acquire the ability to sprout. The chill needs of both stages are complementary and their addition is the entire requirement of latency. To study the chilling requirement of endodormancy it measured the effects that produce growing quantities of chill unit Utah modified (CU) and small amounts of growing degree hours (GDH°C) on the vegetative budbreak of Brooks, New Star, Garnet and Stella varieties. The tests were performed on materials that receive UFUM under controlled and field conditions and GDH°C under field and greenhouse condition. The models conveniently estimated the behavior of budbreak. The endodormancy requirements were 355, 530, 469 and 736 and the ecodormancy requirements were 460, 480, 370 and 560

1. Autor para correspondencia: etersoglio@mendoza.inta.gov.ar

* Laboratorio de Fruticultura. EEA Mendoza INTA. CC3. (5507) Luján de Cuyo, Mendoza, Argentina.

respectively for Brooks, New Star Garnet and Stella varieties. Due to cold-heat interaction at ecodormancy stage, the requirements vary with both the variety and availability of winter chill and spring heat. During the ecodormancy, when only the heat is increased, usually achieved greater budbreak response than those in which only the cold increases (Brooks, New Star and Stella). Other variety like Garnet the effect of cold-heat is more balanced. Among these varieties endodormancy requirements have greater variability than those of the ecodormancy.

Key words: Endodormancy, chill requirement, heat requirement.

Introducción

La mayor intensidad de la endolatencia se alcanza durante la abscisión de las hojas y es superada por la exposición a bajas temperaturas. Se caracteriza por la ausencia de brotación, aún con suficiente acumulación de calor. Mientras que la ecolatencia se inicia una vez cumplidos los requerimientos de frío de la endolatencia, comenzando el efecto interacción entre el frío y el calor. En esta etapa las yemas adquieren gradualmente la capacidad de reasumir el crecimiento a medida que reciben cierta cantidad de calor pero además captan simultáneamente el estímulo del frío reduciendo las necesidades de calor (Richardson *et al*., 1974; Couvillon y Erez, 1985; Couvillon, 1995; Faust *et al*., 1995; Faust *et al*., 1997; Egea *et al*., 2003; Tersoglio *et al*., 2006). La transición entre ambas fases debe ser considerada superpuestas en los extremos, es decir que algunas yemas entran en ecolatencia mientras que otras permanecen en endolatencia. Ello se debe tanto, a la variabilidad de la intensidad de latencia en la población de yemas, como a la naturaleza cuantitativa del proceso (Lang *et al.*, 1987; Citadin *et al.*, 2001).

Los requerimientos de frío están principalmente regulados por el genoma de la variedad (Seeley, 1996), existiendo otros factores que modulan tales necesidades de modo más limitado pero que en conjunto sus efectos pueden modificar dichas necesidades. Entre ellos la bibliografía menciona, vigor vegetativo (Erez, 1995), posición de la rama, poda invernal, fertilizaciones nitrogenadas (Reeder, 1978), el portainjerto (Beckman *et al.*, 1992), diferentes tipos de estrés, calor, sequía, toxicidades (Couvillon, 1995) y tipo de yema. (Scalabrelli y Couvillon 1986; Citadin *et al.*, 2001). Además, cuando la acumulación de frío es suficiente, la brotación es más uniforme, pero a bajas latitudes esta oferta es menor, las ramas crecen más tiempo afectando tales requerimientos (Erez, 2000).

Esos factores producen variabilidad sobre la relación frío-calor-brotación aún en la misma variedad y por lo tanto la estimación de las medias poblacionales presenta cierta variabilidad entre edades, años, vigor de la planta, posición en el árbol, zonas geográficas. Por ello en la práctica, se observa que el límite entre ambas fases no es neto, ni bien definido, sino paulatino, progresivo y por lo tanto su identificación presenta dificultades (Richardson *et al.*, 1974; Lang *et al.*, 1987; Faust *et al.*, 1997; Citadin *et al*., 2001; Dennis, 2003).

Las necesidades de frío de ambas etapas son complementarias y su adición constituye la totalidad del requerimiento de la latencia Lang *et al*., 1987; Faust *et al*., 1997. Egea, (2003) indica que el establecimiento del límite entre ambas etapas afecta directamente la acumulación posterior de los GDH°C y que los requerimientos están influidos por la interacción frío-calor de la ecolatencia. Debido a ello, para establecer el límite entre la endolatencia y la ecolatencia es necesario definir las condiciones de tales mediciones.

La velocidad de formación tanto de los "inhibidores de la latencia" como los "inductores de la brotación" dependen exponencialmente de la temperatura y sigue la ley de "Arrhenius" (Fishman *et al.,* 1987a y b; Erez *et al.,* 1990; Erez y Fishman, 1998). Las unidades de frío pueden ser medidas por el sistema modificado de Utah (UFUM) que considera que el efecto es acumulativo y que además puede ser revertido por el calor (Fishman *et al.,* 1987a y b; Seeley, 1996; UC Fruit & Nut Reserch Information Center, 2.006). El calor, además de interactuar con el frío, también tiene efecto acumulativo y se mide en grados de crecimiento horario (GDH°C) (Richardson *et al.*, 1986).

Tersoglio y Naranjo (2009) propusieron que cuando el frío y el calor son expresados en UFUM y en GDH°C, la brotación sigue un modelo doble exponencial semejante al propuesto por Fishman *et al.* (1987a y b).

La identificación de la entrada en ecolatencia y el correspondiente modelo matemático permite comprender el comportamiento agronómico de cada variedad. Las variedades de altos requerimientos, en años con oferta de frío insuficiente que no alcanza a satisfacer las necesidades de la endolatencia, muestran fuertes caídas de los rendimientos. La bibliografía es escasa en información relacionada con los requerimientos de frío y de calor de ambas etapas de la latencia (Couvillon, 1995; Egea *et al.*, 2003). Generalmente los esfuerzos han sido orientados hacia la determinación de los requerimientos totales de frío.

La determinación de las condiciones de finalización de la endolatencia presenta dificultades prácticas. La metodología de estudio se basa en "lecturas de brotación", pero durante la endolatencia las yemas son insensibles al calor y por lo tanto no brotan. Por ello, no es posible establecer el fin de la endolatencia debido a que, por definición, la brotación en esta etapa es nula (Lang *et al.,* 1987; Faust *et al*,. 1997). Por otro lado ambas fases son complementarias y la adición de sus requerimientos constituye la latencia. Pero la transición entre ambas etapas no es neta ya que ambos extremos están superpuestos (Lang *et al.*, 1987; Citadin *et al.*, 2001). Por estas razones, Tersoglio y Naranjo (2009) propusieron definir las condiciones de "inicio de la ecolatencia" como un estimador confiable del requerimiento de la endolatencia. El establecimiento de las necesidades de frío al inicio de la ecolatencia puede realizarse mediante valores bajos de GDH°C y de porcentaje de brotación. Ello permite garantizar que la combinación UFUM-GDH°C esté en algún punto dentro la zona de transición entre ambas etapas.

El presente trabajo tiene como objetivo establecer las necesidades de frío de la endolatencia y de los requerimientos de frío y de calor de la ecolatencia de yemas vegetativas de las siguientes variedades de cerezos: Brooks, New Star, Garnet y Stella.

Material y método

Se midió el efecto que produjeron cantidades crecientes de UFUM y de GDH°C sobre la brotación. Los ensayos se realizaron en materiales que recibieron UFUM y GDH°C en condiciones controladas de laboratorio y naturales de campo. Los materiales utilizados fueron ramas agostadas de l año de 30-50 cm de longitud. Cumplidas las UFUM sea en condiciones controladas o de campo, los materiales recibieron los GDH°C en túneles situados dentro de un invernáculo con ventilación forzada y refrigeración evaporativa. A su vez cada túnel posee un sistema de calefacción basal, de refrigeración con aire acondicionado y control de fotoperiodo de 16 h con un flujo fotónico fotosintético mínimo de 52 $\mu E \cdot m^{-2} \cdot s^{-2}$. Dentro de cada túnel se colocaron pequeñas cámaras envueltas en polietileno de 100 µ de espesor y dentro de ellas, vasos

con 100 ml de solución de sacarosa 3%, Carbendazim 1,50 $g \cdot l^{-1}$ a pH 4 regulado con ácido cítrico. Cada unidad experimental está compuesta por dos brindillas. En cada fecha de estudio se utilizaron 10 brindillas identificadas, cuyos diámetros basales oscilaron entre 6 y 12 mm. Las mismas fueron pulverizadas periódicamente con Captan 2,50 g l^{-1}. La temperatura dentro de las cámaras osciló entre 20º y 28ºC, la humedad relativa fue del 100% (Faust *et al*., 1995).

El comienzo de la endolatencia, corresponde al inicio del conteo de UFUM, que se realiza cuando la caída de las hojas alcanzó el 50% (Couvillon, 1995; Ramina *et al.*, 1995; Faust *et al.*, 1997). Durante la ecolatencia el calor se midió en GDHºC (Richardson *et al.*, 1986).

Se considera tanto el fin de la endolatencia, como inicio de la ecolatencia cuando el 10% de las yemas vegetativas alcanzan el estado de punta verde (0,5 mm) (Baggiolini, 1952; Seif y Gruppe, 1985; Ballard, 1986; Citadin *et al*., 2001).

Se consideró fin de la ecolatencia cuando las brindillas alcanzaron un porcentaje de brotación del 50% (Seif y Gruppe, 1985; Werner, *et al*., 1988; Ramina *et al*., 1995, Denis, 2003; Gratacós *et al*., 2005; Alburquerque *et al*., 2008). Sin embargo a los fines de determinar completamente el comportamiento de las yemas, las lecturas de brotación continuaron hasta alcanzar el valores del 100%.

Materiales expuestos a frío en condiciones controladas

Los materiales recibieron frío en condiciones controladas, 4 a 5ºC en frigorífico y calor, 20 a 28ºC en los túneles de forzado. Los estudios se realizaron entre los años 2.006 y 2.010 dependiendo de la variedad en plantas adultas estabilizadas sobre el portainjerto *P. mahaleb*. Las brindillas fueron podadas, luego almacenadas a 4-5ºC a partir del 50% de caída de hojas. Las muestras fueron colocadas en las cámaras cada 10 días. Las lecturas de brotación fueron realizadas cada 3-4 días. Los modelos matemáticos fueron calculados a partir de 77, 44, 37, 36 combinaciones de UFUM-GDHºC en las variedades Brooks, Garnet, New Star y Stella respectivamente. Las temperaturas horarias tanto del almacenaje como las del túnel fueron tomadas mediante termómetros digitales con acumulador de datos. El estudio permitió establecer las UFUM necesarias para alcanzar el inicio de la ecolatencia. Las UFUM y los GDHºC recibidos respectivamente en condiciones controladas a partir de la entrada en ecolatencia fueron los siguientes: Brooks 0 a 2.183 y 0 a 8.254; New Star 473 a 1.286 y 2.591 a 8.306; Garnet 264 a 1.938 y 2.265 a 8.306; Stella 308 a 2.183 y 1.259 a 8.306.

Según el modelo matemático propuesto, para establecer las UFUM de salida de endolatencia, se requiere previamente fijar la cantidad de calor y nivel de brotación. La cantidad de calor se estableció en aproximadamente 5.000 GDHºC y el porcentaje de brotación fue fijado en el 10%. La cantidad de calor se estableció como una aproximación de la media de los GDHºC (4.697 GDHºC) aplicados en todas las variedades en estudio y combinaciones frío-calor en condiciones controladas, cuyo respectivo porcentaje de brotación estuvo dentro de un rango de brotación mayor del 0% y menor del 20%.

Los materiales expuestos a frío en condiciones de campo

Fueron estudiados entre los años 2.005 al 2.008 procedentes de los distritos Carrodilla, Mayor Drumond y Las Compuertas del departamento Luján de Cuyo; Coquimbito del departamento Maipú y Giagnoni de departamento San Martín (tabla 1). Los materiales recibieron frío de campo y calor tanto de campo como de invernáculo. Las brindillas fueron podadas y colocadas en cámaras dentro del túnel cada 15

Tabla 1. Características de las zonas donde fueron extraídos los materiales de cerezos estudiados en la validación de los modelos
Table 1. Characteristics of areas where cherry materials were removed for model validation.

Variedad	Departamento	Localidad	Latitud y Altitud	Edad	Portainjerto
Brooks	Luján de Cuyo	Carrodilla	32° 59´ 875 msnm	10	*P mahaleb* SL 64
New Star	Maipú	Coquimbito	32°58´ 785 msnm	8	*P mahaleb*
	Luján de Cuyo	Compuertas	33° 02´LS y 1.060 msnm	12	*P. mahaleb*
Garnet	San Martín	Giagnoni	33°06´ 655 msnm	10	*P. mahaleb* SL 64
	Maipú	Coquimbito	32° 57´ 723 msnm	7	*P. mahaleb*
Stella	Luján de Cuyo	Compuertas	33° 02´LS y 1.060 msnm	12	*P. mahaleb*

días. Las lecturas de brotación fueron realizadas cada 3-4 días. Los modelos matemáticos fueron calculados a partir de 35, 59, 49 y 40 combinaciones de UFUM-GDHºC en la variedad Brooks, Garnet, New Star y Stella respectivamente. Este estudio permitió validar el dato de UFUM de entrada en ecolatencia establecido con los materiales sometidos a condiciones controladas. Las características de las localidades de donde se extrajeron los materiales figuran en la tabla 1.

El conteo de los GDHºC se inició una vez satisfechos los requerimientos estimados de fin de endolatencia. Los GDHºC receptados en condiciones de campo fueron adicionados a los recibidos en condiciones de invernáculo. Luego se estimó la relación "UFUM-GDHºC-% brotación de campo".

Las variedades en estudio recibieron respectivamente las siguientes cantidades de UFUM y de GDHªC en condiciones de campo y luego de invernáculo: Brooks 0 a 1.014 y 0 a 16.850; New Star 0 a 1.350 y 0 a 17.020; Garnet 328 a 1.353 y 2.705 a 15.120; Stella 0 a 1.377 y 0 a 14.660.

Para identificar el inicio de la ecolatencia se aplicaron técnicas estadísticas de "Anova" y "Regresión". La primera permitió identificar el intervalo dentro del cual está el valor buscado de UFUM para las condiciones que incluyen los valores cercanos a 5.000 GDHºC y 10% de brotación. Mientras que la regresión permitió estimar el valor medio de UFUM en tales condiciones. Para encontrar la relación "UFUM-GDHºC-% de brotación" representativa se aplicó el modelo doble exponencial. El mismo permitió identificar una primera etapa en la cual tanto el frío como el calor no afectan la brotación y una segunda en la cual ambas variables interaccionaron produciendo brotación (Tersoglio y Naranjo, 2009).

Debido a la naturaleza tridimensional de los modelos doble exponenciales, los análisis de los planos de respuesta son dificultosos. Tales inconvenientes son debido a que la interacción de las variables grafica planos de respuesta que poseen cambios de pendientes en distintos sectores del plano que no son bien visualizados. Por otro lado los gráficos de respuestas consideran, dentro de los rangos establecidos, todas las combinaciones posibles de UFUM-GDHºC. Pero en las condiciones naturales de campo de las áreas donde se realizaron los estudios, algunas combinaciones son poco probables, como altas cantidades de calor con escaso frío o viceversa. Por ello, para una mejor interpretación se recurrió a gráficos de líneas

que simulan la evolución de la brotación durante la ecolatencia, según el modelo matemático de cada variedad en referencia a las condiciones medias de disponibilidad local de UFUM y de GDH°C de cada variedad.

Los valores de la abscisa de la gráfica propuesta corresponden a una combinación frío-calor que mantiene una relación que depende de la oferta de GDH°C de la zona de estudio y para una variedad determinada. Luego, como el calor se acumula a partir de la ecolatencia, la relación frío-calor depende de cada variedad. Dicha relación es el cociente entre las tasas medias de incremento de las GDH°C y de las UFUM. De modo tal que a cada incremento de GDH°C corresponde, según variedad, uno de UFUM, que según el modelo aplicado ejerce un efecto sobre el porcentaje de brotación.

El establecimiento de esta relación afecta fuertemente los requerimientos de frío y de calor a establecer en la ecolatencia.

Para determinar esta relación se utilizaron los datos regionales de disponibilidad de frío y de calor del departamento Luján de Cuyo, Mendoza, Argentina. Fueron analizados los datos históricos de oferta de frío y de calor correspondiente a cada variedad, durante el periodo 1.990-2.009. La media de UFUM fue calculada con datos anuales obtenidos desde 50% de caída de hojas hasta el 15-09 (Tersoglio y Naranjo, 2007). Los GDH°C medios fueron acumulados desde el fin de la endolatencia y hasta el 15-09. La tabla 4 muestra la oferta de UFUM y GDH°C media de cada variedad, en un periodo de 20 años.

En la figura 7 se utilizaron las combinaciones de UFUM-GDH°C a las que se aplica el modelo correspondiente a cada variedad para estimar el porcentaje de brotación.

Todos los ensayos fueron establecidos con un diseño de parcelas completamente al azar. Todos los datos fueron sometidos al análisis de la varianza usando Infostat. La prueba utilizada fue la comparación múltiple de medias de Scott & Knott. Se utilizó para comparar tratamientos cuando la ANOVA mostró diferencias significativas. Los datos además fueron analizados mediante TableCurve 3D mediante método iterativo de ajuste de funciones de transición con el mínimo residuo cuadrado y graficados en 3D con Surfer 6.1.

Resultados

Determinación del inicio de la ecolatencia con materiales expuestos a frío en condiciones controladas

Las figuras 1 y 2 muestran la respuesta "porcentaje de brotación" de cada variedad, luego de recibir diferentes cantidades de UFUM con una cantidad de calor de aproximadamente 5.000 GDH°C. La figura 1 muestra que Brooks alcanzó el 10% de brotación, con 5.429 GDH°C, en algún punto dentro del intervalo 308-742 UFUM. La variedad New Star con 5.336 GDH°C alcanzó el 10% de brotación en algún punto dentro de intervalo 473 y 713 UFUM. La figura 2 muestra el comportamiento de las variedades Garnet y Stella. La primera logró alcanzar el 10% de brotación luego de recibir 5.546 GDH°C y una dosis de frío que osciló entre 453 a 889 UFUM; mientras que Stella con 5.436 GDH°C lo hizo dentro de un rango de 572 a 941 UFUM. De modo tal que el valor buscado de UFUM para lograr el 10% de brotación con una reducida cantidad de calor se encontró dentro de los rangos mencionados (Erez *et al.*, 1971; Werner *et al*., 1988; Tersoglio *et al*., 2006). Sin embargo, la amplitud de los intervalos hallados fue grande y por lo tanto resulta inadecuada para identificar el valor de UFUM a partir del cual, se inicia la ecolatencia.

Con los datos observados en condiciones controladas de "UFUM-GDH°C-% de brotación" se calcularon los modelos de regresión doble exponencial para cada variedad. La tabla 2

Valores de cada rótulo de una misma variedad con diferente letra
poseen diferencia significativos a nivel de P ≤ 0,05.

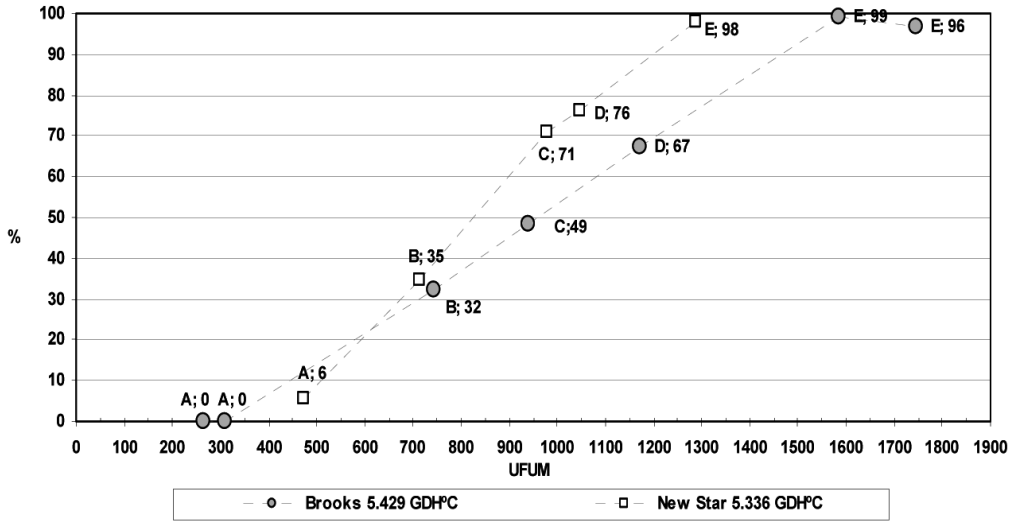


Figura 1. Efecto de las UFUM sobre el porcentajes de brotación en las variedades Brooks y New Star obtenidos con 5.429 y 5.604 GDHºC respectivamente.
Figure 1. Effect of CU on budbreaking percentage in Brooks and New Star varieties obtained with 5,429 and 5,604 GDHºC respectively.

Valores de cada rótulo de una misma variedad con diferente letra
poseen diferencia significativos a nivel de P ≤ 0,05.

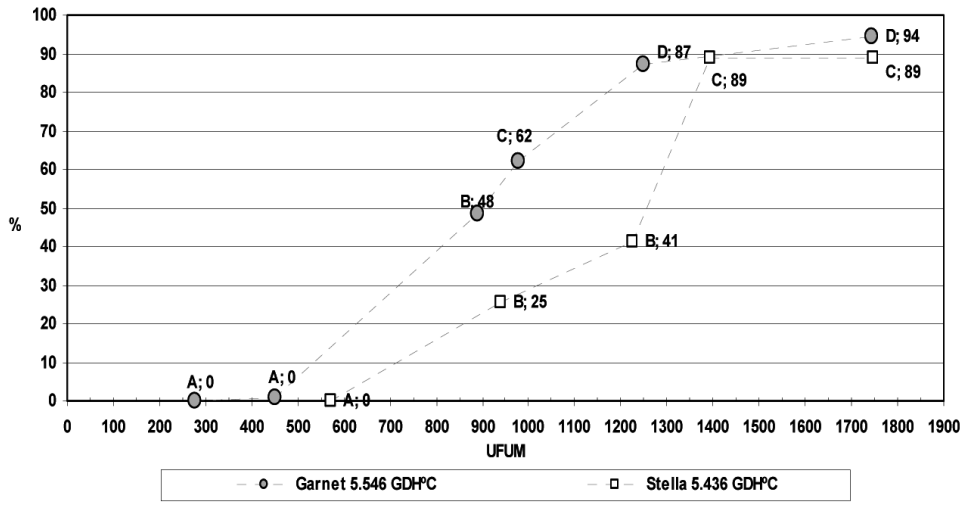


Figura 2. Efecto de las UFUM sobre el porcentajes de brotación en las variedades Garnet y Stella obtenidos con 5.546 y 5.436 GDHºC respectivamente.
Figure 2. Effect of CU on budbreaking percentage in Garnet and Stella varieties obtained with 5,546 and 5,436 GDHºC respectively.

muestra los correspondientes estadígrafos de bondad de ajuste de cada modelo. Esta indica que la brotación de las variedades estudiadas sigue un modelo que depende exponencialmente de las UFUM y de los GDH°C (Ley de Arrhenius) (Fishman *et al*., 1987a y b). El modelo considera también, que la brotación es el producto de las exponenciales del efecto ponderado y acumulado del frío y del calor, indicando que al menos en algún punto del plano de referencia existe interacción (Tersoglio y Naranjo, 2009). Además debido a su naturaleza exponencial y considerando que ambos factores comparten la misma base neperiana, los exponentes pueden ser adicionados, confirmando la naturaleza aditiva del modelo (Fishman *et al*., 1987a y b; Erez *et al*., 1990 y Erez y Fishman, 1998). La tabla 2 muestra los errores estándares de los coeficientes de los modelos propuestos indicando que los datos observados poseen variabilidad respecto de los valores medios estimados. La tabla 2 muestra las UFUM estimadas al inicio la etapa de ecolatencia. Se observan variedades cuya endolatencia finaliza con bajos requerimientos como Brooks con 355 UFUM y otras como New Star y Garnet con 530 y 469 UFUM respectivamente La variedad Stella muestra mayores requerimientos de endolatencia, 736 UFUM. El la tabla se observan que los valores de GDH°C necesarias para alcanzar el 10% de brotación son cercanos al valor prefijado.

Análisis de validación del modelo con datos provenientes de materiales expuestos a frío natural de campo

Los modelos calculados a través de los datos provenientes de materiales expuestos a frío natural de campo y sus correspondientes estadígrafos son mostrados en la tabla 3. La tabla muestra que los modelos de ajuste son exponenciales dobles, semejantes a las obtenidas con materiales expuestos a condiciones controladas. El valor "P" de los modelos es menor de 0,001. Los coeficientes de determinación calculados para cada variedad son menores que aquellos obtenidos con materiales expuestos a condiciones controladas. La tabla 3 muestra los porcentajes de brotación obtenidos a partir de las UFUM y GDH°C estimadas con el modelo de condiciones controladas. Se observa que los porcentajes de brotación obtenidos con ambos tipos de materiales son semejantes, validando las condiciones de salida de endolatencia.

Las figuras 3, 4, 5 y 6 muestran la relación UFUM-GDH°C-porcentaje de brotación para las variedades Brooks, New Star, Garnet y Stella respectivamente. En la base de cada figura se observa una zona en la cual la respuesta de brotación es nula, cualquiera sea el frío y/o el calor aplicado. Luego aparecen ciertas combinaciones de UFUM-GDH°C que logran alguna actividad hasta llegar al primer límite (20% de brotación). Dentro del área, 0-20% de brotación, se observa una línea destacada que representa un conjunto de combinaciones de UFUM-GDH°C que logran obtener brotaciones del 10%. Sobre esta línea se observa una marca (**X**) que indica el punto a partir del cual los materiales vegetativos están en condiciones de captar el estímulo del calor, considerado como el inicio de la ecolatencia. Hacia la derecha del punto sobre la línea se requiere menos UFUM y más GDH°C. Tales combinaciones poseen baja probabilidad de ocurrencia en pleno invierno debido a la falta de GDH°C y la mayor oferta UFUM. Mientras que hacia la izquierda las combinaciones muestran que se requiere mayor cantidad de frío y menor de calor. Tales requerimientos de frío poseen mayores posibilidades de ser alcanzados debido a la oferta permanente de la estación invernal. Sin embargo, el inicio de la brotación puede ser observado sólo después de recibir al menos cierta cantidad de calor. Si bien los materiales vegetativos expuestos a cantidades cre-

Tabla 2. Modelos matemáticos de "UFUM-GDH°C-porcentaje brotación" y sus estadígrafos de bondad de ajuste establecidos en condiciones controladas, según variedad y su correspondiente valor estimado de UFUM en la fase de endolatencia
Table 2. Mathematical models of "CU-GDH°C- budbreaking percentage" and its statisticians of fit goodness established in controlled conditions, according to varieties and their estimated value of CU at endodormancy stage

Var.	Modelo UF-GDH°C-Porcentaje Brotación	Valor P_{modelo}	R^2	EE a	EE b	EE c	EE d	GDH°C	UFUM	%
Brooks	% brot. = -153,2+119,4·e$^{(-UFUM /-3.861,4)}$·e$^{(-GDH°C / -24.173,9)}$	≥0,001	0,78	48	44	943	6.290	5.429	355	10
New Star	% brot. = -39,77+10,69·e$^{(-UFUM /-939,1)}$·e$^{(-GDH°C / -5.483.2)}$	≥0,001	0.75	19	8	246	1.406	5.336	530	
Garnet	% brot. = -549,7+495,1·e$^{(-UFUM /-9.752,5)}$·e$^{(-GDH°C / -71.432,2)}$	≥0,001	0,82	153	205	2.212	19.993	5.546	469	
Stella	% brot. = -68,85+40,56·e$^{(-UFUM /-2.047,7)}$·e$^{(-GDH°C /-17.470,1)}$	≥0,001	0,76	24	19	486	4.514	5.436	736	

Tabla 3. Modelos matemáticos obtenidos en condiciones de frío de campo, sus estadígrafos de bondad de ajuste y correspondientes porcentajes de brotación según valores de UFUM-GDH°C obtenidos en condiciones controladas
Table 3. Mathematical models obtained under field chill conditions, theirs statisticians of fit goodness and corresponding budbreaking percentages according to CU-GDH°C values obtained under controlled conditions

Var.	Modelo UF-GDH°C-Porcentaje Brotación	Valor P_{modelo}	R^2	GDH°C	UFUM	Brotación %
Brooks	% brot. = -84,79+67.07·e$^{(-UFUM /-2.632,61)}$·e$^{(-GDH°C / -24.773,61)}$	≤0,001	0,62	5.429	355	10.77
New Star	% brot. = -164,44+141.66·e$^{(-UFUM /-8.906,5)}$·e$^{(-GDH°C / -31.566,8)}$	≤0,001	0,64	5.336	530	13.60
Garnet	% brot. = -2.186+2141,3·e$^{(-UFUM /-40549,5)}$·e$^{(-GDH°C / -372728,7)}$	≤0,001	0,61	5.546	469	13.70
Stella	% brot. = -11,45+5,12·e$^{(-UFUM /-1.945,15)}$·e$^{(-GDH°C /-5.672,57)}$	≤0,001	0,73	5.436	736	8.05

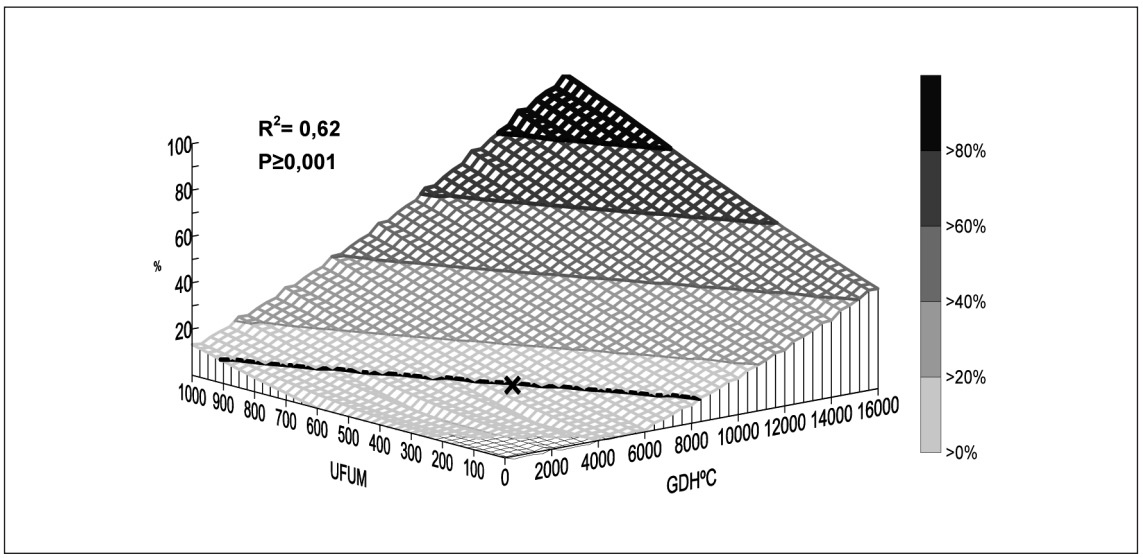


Figura 3. Representación gráfica de la relación entre UFUM y GDHºC sobre el porcentaje de brotación en materiales vegetativos expuestos a condiciones de frío natural variedad "Brooks".
Figure 3. Graphical representation of the UFUM-GDH°C relationship on budbreak percentage on vegetative materials exposed to natural chill conditions in "Brooks" variety.

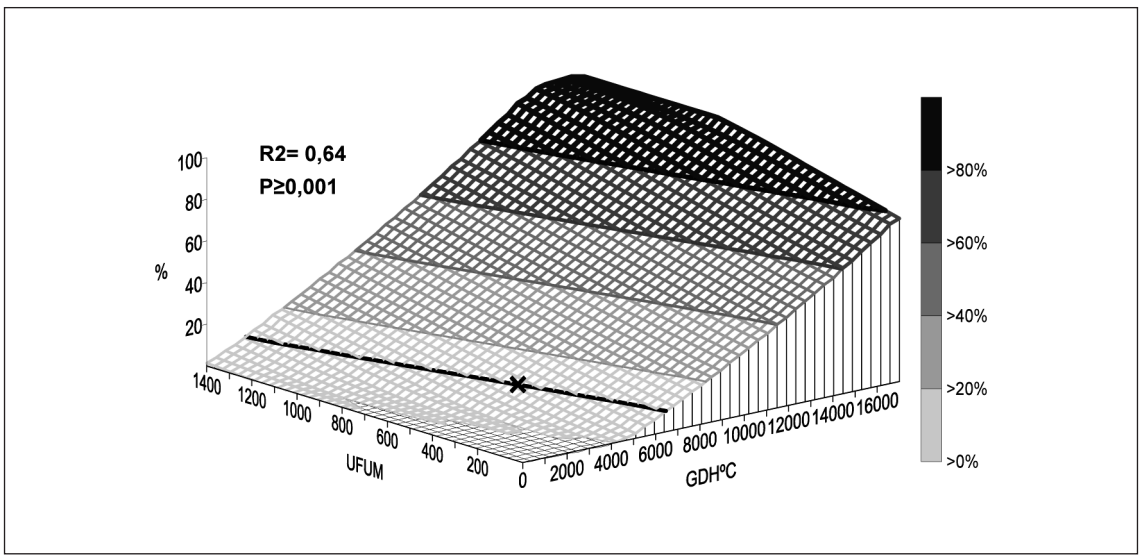


Figura 4. Representación gráfica de la relación entre UFUM y GDHºC sobre el porcentaje de brotación en materiales vegetativos expuestos a condiciones de frío natural variedad "New Star".
Figure 4. Graphical representation of the UFUM-GDH°C relationship on budbreak percentage on vegetative materials exposed to natural chill conditions in "New Star" variety.

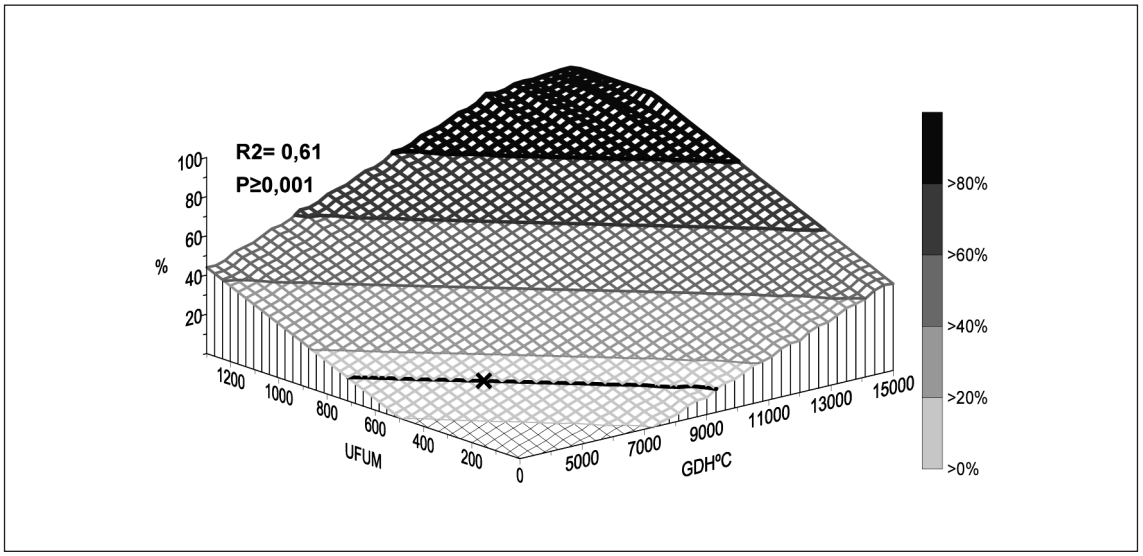


Figura 5. Representación gráfica de la relación entre UFUM y GDHºC sobre el porcentaje de brotación en materiales vegetativos expuestos a condiciones de frío natural, variedad "Garnet".
Figure 5. Graphical representation of the UFUM-GDH°C relationship on budbreak percentage on vegetative materials exposed to natural chill conditions in "Garnet" variety.

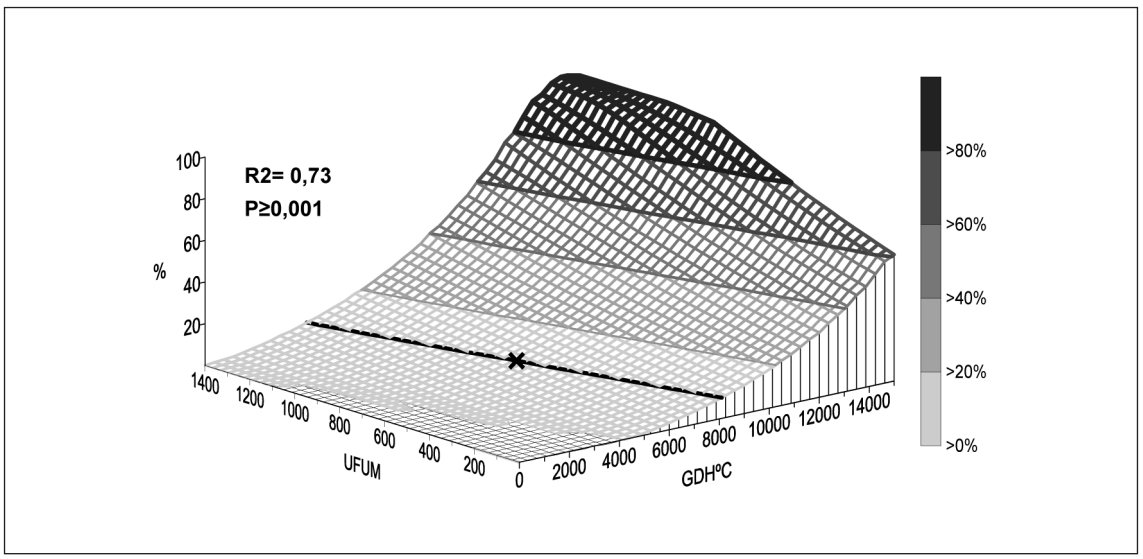


Figura 6. Representación gráfica de la relación entre UFUM y GDHºC sobre el porcentaje de brotación en materiales vegetativos expuestos a condiciones de frío natural, variedad "Stella".
Figure 6. Graphical representation of the UFUM-GDH°C relationship on budbreak percentage on vegetative materials exposed to natural chill conditions in "Stella" variety.

cientes de frío, adquieren paulatinamente la capacidad de brotar, no lo hacen en las condiciones naturales del invierno, debido a la necesidad de recibir calor en relativamente poco tiempo. Tal situación es alcanzada naturalmente durante la primavera, pero durante el invierno, sólo es posible en condiciones artificiales de invernáculo.

Las figuras 3, 4, 5 y 6 indican que las variedades poseen respuestas diferentes al frío y al calor durante la ecolatencia. La figura 5 muestra que, cuando se duplicó el frío requerido para la entrada en ecolatencia (de 355 a 710 UFUM) y se mantuvo constante la cantidad de calor la variedad Brooks incrementó su brotación en un 13,8%, mientras que cuando se mantuvo constante la cantidad de frío (355 UFUM) y se duplicó la del calor (de 5.429 a 10.858 GDH°C) se obtuvo un incremento de la brotación del 23,4%. Por lo cual la variedad Brooks responde mejor al calor que al frío una vez ingresada a la etapa de la ecolatencia.

Algo similar se observó en la variedad New Star, con el mismo incremento de frío se obtuvo un aumento de la brotación del 10,9%, mientras que duplicando sólo el calor el porcentaje de brotación se elevó un 32,8%. La variedad Garnet mostró un comportamiento más equilibrado respecto de sus requerimientos ya que en las mismas condiciones la brotación se incrementó un 25,6 y un 33,0% cuando se duplicó el requerimiento de frío y de calor respectivamente. La variedad Stella mostró una mayor diferencia, ya que duplicando el frío se incrementó sólo el 9,0%, mientras que duplicando el calor el aumento fue del 31,4%.

Las figuras 3, 4, 5 y 6 muestran la evolución de la brotación media de cada variedad según se modifican valores de UFUM y GDH°C. Pero dentro de los rangos establecidos en las figuras existen infinitos números de combinaciones posibles que causan diferentes respuestas de "brotación". Sin embargo durante la ecolatencia y en cada zona agroecológica existen ciertas combinaciones que son más frecuentes. Para establecerlas debe ser calculada la oferta promedio de frío y de calor. La tabla 4 muestra la disponibilidad media de UFUM y GDH°C de la provincia de Mendoza, Argentina para las variedades Brooks, New Star, Garnet y Stella. La tabla muestra que las variedades con menores requerimientos de frío de endolatencia como Brooks, poseen mayor disponibilidad de calor en la ecolatencia y viceversa para las de mayores requerimientos como Stella, afectando directamente la relación de la oferta frío-calor. La tabla 4 muestra que la variedad Brooks posee una mayor disponibilidad de calor 9,46 GDH°C por cada UFUM. Mientras que New Star y Garnet tienen 8,87 y 8,68 respectivamente. La variedad Stella tiene una relación 7,58 GDH°C por UFUM. Además la tabla 4 muestra que la mayor oferta local de calor supone una relación de disponibilidad calor-frío menor a 10:1, mientras que en variedades de alta endolatencia con menor disponibilidad de calor la relación es mayor a 7:1.

Las variedades con baja endolatencia disponen de mayor cantidad de calor debido a que el cumplimiento de frío de la primera fase se anticipa, quedando una ecolatencia más extensa para la acumulación de calor. En tanto que variedades con endolatencia alta tienen menor disponibilidad de GDH°C. Consecuentemente la disponibilidad de GDH°C dependerá de la fecha de cumplimiento de la endolatencia de cada variedad.

La figura 7 muestra la evolución de la brotación durante la ecolatencia en las variedades Brooks, New Star, Garnet y Stella según cada uno de los modelos de la tabla 3. Con el objeto de representar la evolución real de la brotación durante la ecolatencia, cada unidad de la abscisa corresponde a un incremento de 10 UFUM a partir del fin de endolatencia y de 10 veces el valor de la relación GDH°C-UFUM que corresponde al de cada variedad expuesto en la tabla 4. Como ejemplo el punto 20 de la abscisa que corresponde a la variedad Brooks

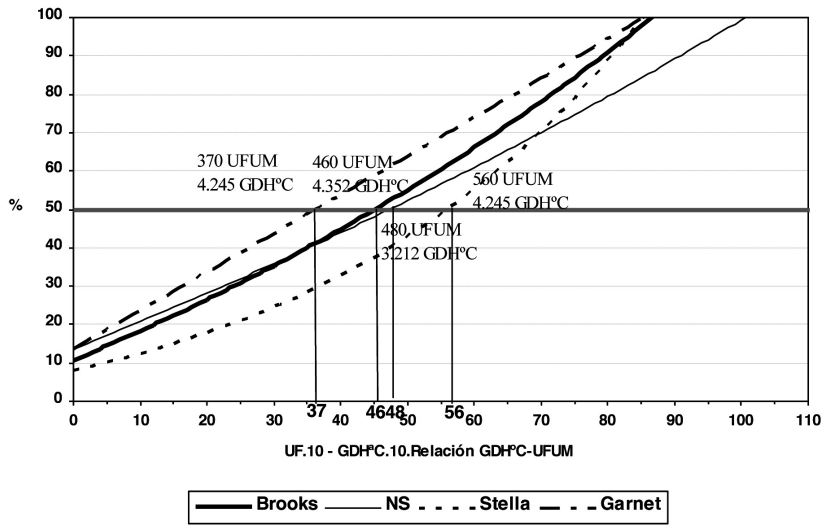


Figura 7. Efecto sobre la brotación de los incrementos conjuntos de UFUM y GDH°C según la disponibilidad de calor y de frío, durante, la ecolatencia, de las variedades Brooks, New Star, Stella y Garnet expuestas a condiciones naturales de Luján de Cuyo, Provincia de Mendoza, Argentina.
Figure 7. Effect on budbreak percentage of CU increments in conjunction with GDH°C, according to the heat and chill availability, during ecodormancy, in Brooks, New Star, Stella and Garnet varieties, exposed to natural conditions of Luján de Cuyo, Mendoza Province, Argentine.

Tabla 4. Disponibilidad media de frío y de calor y la correspondiente relación GDH°C-UFUM (1990-2009) de la Provincia de Mendoza, Argentina
Table 4. Average chill and heat availability and the corresponding GDH°C-CU relationship (1990-2009) in the Mendoza Province, Argentina

Variedad	UFUM media acumulada anual	GDH°C medio acumulado anual	Relación media GDH°C-UFUM
Brooks	1.116	10.555	9,46
New Star		9.884	8,87
Garnet		9.680	8,68
Stella		8.464	7,58
Promedio		9.646	8,65

indica que para ese nivel de brotación fueron aplicados 200 UFUM además de las 355UFUM de endolatencia y a 10 veces el producto de 20 y 9,46 es decir 1.892 GDH°C, además de los 5.429 GDH°C aplicados inicialmente. El punto 0 de la abscisa corresponde a las condiciones establecidas de fin de la endolatencia para cada una de las variedades (tabla 3).

La figura 7 muestra que las variedades en estudio poseen un comportamiento similar durante la ecolatencia en función de la disponibilidad de frío-calor de la zona. Las variedades alcanzaron el 50% de brotación en los puntos 46, 48, 37 y 56 de la abscisa que corresponden a Brooks, New Star, Garnet y Stella.

Ello indica que Brooks, además de las 355 UFUM de la endolatencia (tabla 3), requirió en ecolatencia, una media de 460 UFUM, estableciendo un requerimiento medio total de 815 UFUM. Además, para completar los requerimientos de calor, a los iniciales 5.429 GDH°C (tabla 3), fueron necesarios adicionar 4.352 GDH°C constituyendo un total de 9.781 GDH°C (figura 7 y tabla 5).

La latencia total de New Star es de 1.010 UFUM, compuesta por 530 UFUM que corresponden a la endolatencia y 480 UFUM de la ecolatencia. Su requerimiento total de calor es de 9.594 GDH°C compuesto por los iniciales 5.336 GDH°C necesarios para alcanzar el 10% de brotación (tabla 3) a los que se adicionó 4.258 GDH°C requeridos para lograr el 50% de brotación (figura 7 y tabla 5).

La variedad Garnet posee para la zona de Luján de Cuyo un requerimiento de endolatencia de 469 UFUM y de ecolatencia de 370 UFUM que hace un total de 839 UFUM y de 8.758 GDH°C formado por el aporte inicial de 5.546 y el requerido para alcanzar 50% de brotación 3.212 GDH°C (figura 7 y tabla 5).

La variedad Stella alcanza el 50% de brotación en el punto 56 de la figura 7 lo que indica que conjuntamente con las iniciales 736 UFUM de la endolatencia necesitó un suplemento de 560 UFUM en la ecolatencia, constituyendo un requerimiento medio de latencia de 1.296. Mientras que el requerimiento total de calor es de 9.681 GDH°C compuesto por los inicia-

Tabla 5. Requerimiento medio de frío de endolatencia y la fecha de cumplimiento según la variedad y el año. Necesidades medias de UFUM y de GDH°C de ecolatencia y sus requerimientos totales (latencia)
Table 5. Average chill requirement endodormancy and the compliance date by variety and year. CU and GDH°C average requirement to fulfil ecodormancy and total requirements (latency)

Variedad	Año	Endolatencia		Ecolatencia		Latencia
		Fecha de cumplimiento	UFUM	UFUM	GDH°C	UFUM
Brooks	2007	15/06/2007	355	460	9.781	815
	2008	22/06/2008				
New Star	2006	10/07/2006	530	480	9.594	1.010
	2005	24/06/2005				
Garnet	2007	26/06/2007	469	370	8.758	839
	2005	20/06/2005				
	2006	02/07/2006				
Stella	2005	12/07/2005	736	560	9.681	1.296
	2006	28/07/2006				
	CV		49	13	23	50

les 5.436 GDH°C necesarios para alcanzar el 10% de brotación (tabla 3) a los que se adiciona 4.245 GDH°C requeridos para lograr el 50% de brotación (figura 7 y tabla 5).

La tabla 5 muestra también la fecha en la cual se cumple el requerimiento de endolatencia por variedad y por año. Se observa que para un mismo año (2.007) Brooks y Garnet cumplen la endolatencia el 15-06 y 26-06 respectivamente. Mientras que en el 2.006 New Star, Garnet y Stella lo hacen el 10-07, 02-07 y el 28-07 respectivamente. La fecha en la cual se cumple el requerimiento de la endolatencia de cada variedad cambia con los años ya que depende de la disponibilidad de frío del año en curso.

La tabla 5 muestra los coeficientes de variación (CV) de los requerimientos de frío y de calor de ambas fases de latencia según variedad. Se observa que el requerimiento de frío de la latencia varía entre cultivares (50%). Pero las mayores diferencias entre las variedades se deben al requerimiento de la endolatencia (49%) y no a los de la ecolatencia (13%) ya que presentan valores más homogéneos.

Discusión

La brotación de las yemas de cerezos posee requerimientos críticos de frío ya que necesita primero el cumplimiento de un mínimo de UFUM para luego depender de la interacción UFUM-GDH°C (Richardson *et al*., 1974; Couvillon, 1995; Erez, 1995; Faust *et al*., 1997; Tersoglio *et al*., 2006; Tersoglio y Naranjo, 2009).

Los análisis de ANOVA muestran que el valor buscado de UFUM de entrada en la ecolatencia está dentro de un intervalo cuya amplitud es grande. Sin embargo dicho rango orienta sobre los valores de tales requerimientos. Luego, el análisis de regresión, permite establecer los valores medios de brotación a través de modelos doble exponencial. La evaluación de la calidad de ajuste de los modelos, a través de los coeficientes de determinación y valor "P", indica que en ambos tipos de modelos (obtenidos en condiciones controladas y naturales) existe una variabilidad residual. Ello puede deberse a que existen otras fuentes de variabilidad además del factor genético, las cuales en conjunto, modulan fuertemente los requerimientos y la respuesta "brotación".

Los valores de UFUM de entrada en ecolatencia hallados en ambos modelos (condiciones controladas y naturales) son coincidentes. Sólo, se observan algunas diferencias entre los porcentajes de brotación obtenidos con ambos tipos de materiales y con las mismas cantidades de frío y de calor. Como tales diferencias son pequeñas respecto del valor prefijado del 10% existe consistencia en la información que aportan ambos modelos.

El efecto interacción frío-calor aplicado durante la ecolatencia difiere entre variedades. Pero en general las combinaciones UFUM-GDH°C en las que se incrementa sólo el calor, logran mayor respuesta de brotación que en aquellas en las que se incrementa sólo el frío. En tal sentido se destacan Brooks, New Star y Stella.

La tabla 5 muestra que la variedad Brooks presenta menores exigencias en endolatencia que Garnet. Por lo que en años de baja disponibilidad de frío, Brooks posee mejor comportamiento agronómico que Garnet. El modelo también explica la foliación más temprana de Garnet respecto de Brooks, ya que la primera posee menores requerimientos tanto de frío, como de calor durante la ecolatencia.

La foliación más tardía de New Star respecto de Brooks se debe a que la primer variedad posee mayores requerimientos de endolatencia y semejantes de ecolatencia.

Comparando los datos de disponibilidad de frío y de calor de la región (tabla 4), con los

de requerimientos de frío-calor de cada variedad de la (tabla 5) se observa que las variedades Brooks, New Star y Garnet en promedio pueden satisfacer sus necesidades para las condiciones locales. Pero la variedad Stella muestra un déficit, ya que requiere 1.296 UFUM y dispone en promedio de sólo 1.116 UFUM. Además necesita 9.681 GDH°C y dispone de una media de sólo 8.464 GDH°C.

Las variedades de altos requerimientos, en años con oferta de frío insuficiente, que no alcanza a satisfacer las necesidades de la endolatencia, muestran fuertes caídas de los rendimientos. Mientras que en años cuya oferta de frío satisface sólo algo más que la endolatencia, la dependencia del calor de primavera es muy alta, el lapso para acumular calor durante la ecolatencia se reduce, el valor de los GDH°C acumulado es bajo y como consecuencia la floración es extendida y se reduce el porcentaje de cuaje. Ello implica una situación altamente dependiente de la cantidad de calor recibida durante la primavera y por lo tanto los resultados son variables. Además, con altos requerimiento de latencia, para experimentar una adecuada brotación las yemas deben obligadamente recibir frío durante la ecolatencia. Esta situación parece difícil de ser alcanzada en zonas de baja latitud. Ello explicaría parte del comportamiento inestable de variedades de altos requerimientos.

Esta información es consistente con el comportamiento agronómico de las variedades en estudio. Por lo tanto los modelos obtenidos estiman convenientemente el comportamiento poblacional de la brotación de las yemas vegetativas, identifican adecuadamente el requerimiento de frío de la endolatencia y establecen que tales requerimientos difieren entre variedades. Tanto el establecimiento de las UFUM de endolatencia, como los modelos UFUM-GDH°C-% de brotación son herramientas que contribuyen a mejorar la comprensión del comportamiento de las especies frutales exigentes en frío invernal.

Bibliografía

Alburquerque N, F García-Montiel, A Carrillo, L Burgos, 2008. Chilling and Heat requirements of sweet cherry cultivars and the relationship between altitude and the probability of satisfying the chill requirements. Environmental and Experimental Botany 64 162-170.

Baggiolini, 2009. Fenología del cerezo http://www.fruticultura.udl.es/ (consulta 2010).

Ballard J, 1986. Cherries. Critical Temperatures for blossom buds. Extension Bulletin 1128. WSU USA.

Beckman TG y SC Meyers, 1992. Rootstocks affect bloom date and fruit maturation of Red Haven peach. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117(3): 377-379.

Citadin I; MCB Raseira and FG Herter, 2001. Heat requirement for blooming and leafing in Peach. HortScience 36(2): 305-307.

Couvillon GA, 1995. Temperature and stress effects on rest in fruit trees: a review. Acta Hort. 395: 11-19.

Couvillon GA, and A Erez, 1985. Effect of level and duration of hight temperature on rest in the peach. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110: 579-581.

Dennis FG, 2003. Problems in standardizing Methods for evaluating the chilling requirements for the breaking of dormancy in buds of woody plants. HortScience 38(3): 347-350.

Egea J, E Ortega, P Martínez y F Dicenta, 2003. Chilling and heat requirement of almond cultivars for flowering. Enviromental and Experimental Botany 50: 79-85.

Erez A and S Fishman, 1998. The dynamic model for chilling evaluation in peach buds. Acta Hort. 465: 507-510.

Erez A, 1995. Means to compensate for insufficient chilling to improve bloom and leafing. Acta Hort. 395: 81-95.

Erez A, S Fishman and G Lindley-Noakes, 1990. The Dinamic Model for rest completion in peach buds. Acta Horticulturae 276: 165-174.

Erez A, S Lavee and RM Samish, 1971. Improved methods for breaking rest in the peach and other deciduous fruit species. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96(4): 519-522.

Erez A, 2000. Bud Dormancy: a suggestion for the control mechanism and its evolution, pp. 23-33. In: Temperatures fruit crops in warm climates. Viemont J. and J. Crabbe (Eds.), 385 pp. Ed. CABI.

Faust M, A Erez, L Rowland, S Wang and H Norman, 1997. Bud dormancy in perennial fruit trees: physiological basis for dormancy induction, maintenance and release. HortScience 32(4): 623-629.

Faust M, D Liu, S Wang and G Stutte, 1995. Involvement of apical winter dormancy of apple buds. Acta Horticulturae 395: 47-56.

Fishman S, A Erez and GA Couvillon, 1987a. The temperature dependence of dormancy breaking in plants: Two steps model involving cooperative transitions. J. Theor. Biol. 124: 473-483.

Fishman S, A Erez and GA Couvillon, 1987b. The temperature dependence of dormancy breaking in plants: Computer simulation of process studied under controlled temperatures. J. Theor. Biol. 126: 309-322.

Gratacós E and Cortés A, 2005. Chilling requirements of ten sweet cherry cultivars in a mild winter location in Chile. Acta Hort. 667: 1-6 Bursa Turkey.

Lang GA, JD Early, GC Martin and RL Darnell, 1987. Endo-, para-, and eco-dormancy physiological terminology and classification for dormancy research. HortScience 22: 371-377.

Naranjo G y E Tersoglio, 2010. Estimación de la disponibilidad de frío invernal para cerezos de la zona norte de la provincia de Mendoza, Argentina. AGRISCIENTIA, vol 27:35-42.

Ramina A, M Colauzzi, A Masia, A Pitacco, T Caruso, R Messina and G Scalabrelli, 1995. Hormonal and climatological aspects of dormancy in peach buds. Acta Horticulturae: 395: 35-46.

Reeder BD y Bowen HH, 1978. Effect of nitrogen applications on bloom delay and levels of abscisic acid, carbohydrates and nitrogen in Peach buds. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103 :6 745-749.

Richardson E, SD Seeley and DR Walter, 1974. A model for estimating the completion of rest for "Redhaven" and "Elberta" Peach Trees. HortScience 9(4): 331-332.

Richardson EA, JL Anderson and RH Campbell, 1986. The omnidata biophenometer (TA45-P): A chill unit growing degree hour accumulator. Acta Hort. 184: 95-100.

Scalabrelli G y GA Courvillon, 1986. The effect of temperature and bud type on rest completion and the GDH°C requirement for bud break y Redhaven peach. J. Amer Soc. Hort. Sci. 111: 537-540.

Seeley SD, 1996. Modelling climatic regulation of bud dormancy, p. 361-376. En: Lang GL (Ed.) Plant Dormancy: Physiology, biochemistry, and molecular biology. CAB Int. Wallingford, Oxon, UK.

Seif S and W Gruppe, 1985. Chilling requirements of sweet cherries (*Prunus avium*) and interespecific cherry hybrids. Acta Horticulturae 169: 289-294.

Tersoglio E y G Naranjo, 2007. Características del frío invernal de las zonas productoras de cerezas de la provincia de Mendoza, Argentina. Parte I. ITEA 103(4): 186-197.

Tersoglio E, G Naranjo, L Rivero y M Quiroga, 2006. Requerimientos de frío invernal y de calor en variedades de cerezos. ITEA 102 (3): 251-259.

Tersoglio E y G Naranjo, 2009. Identificación del inicio de la ecodormancia en cerezo var. Bing. ITEA, vol. 105 (4), 272-281.

UC Fruit & Nut Research Information Center, 2006. About chilling unit, hours and portions. University of California. Disponible: http://fruitsandnuts.ucdavis/weather/aboutchilling.shtm (consulta 2007).

Werner D, B Mowrey and E Young, 1988. Chilling requirement and post-rest heat accumulation as related to difference in time of bloom between peach and western san cherry. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 113: 775-778.

(Aceptado para publicación el 7 de febrero de 2012)

Conocimiento y opiniones sobre la Política Agraria Común: un análisis desde la óptica de los ciudadanos

M. Salazar-Ordóñez[1], M. Rodríguez-Entrena y S. Sayadi

Área de Economía y Sociología Agrarias. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA). Centro Camino de Purchil. Apdo 2027. 18080-Granada (España)

Resumen

Actualmente, en la Unión Europea (UE) la legitimación social se ha convertido en un requisito indispensable para la continuidad de sus políticas. Sin embargo, la Política Agraria Común (PAC) parece haberse convertido en un punto de ruptura con la sociedad, debido, en gran medida, a su elevado presupuesto. Surgen, así, varias cuestiones: ¿Cuál es realmente el conocimiento de los ciudadanos sobre la PAC? ¿Cuál es la visión y opinión sobre su presupuesto? En la presente investigación, se analiza, mediante modelos econométricos y la técnica cluster, el conocimiento e interés social por la PAC, así como la percepción sobre su presupuesto, determinando las características sociodemográficas y actitudes que condicionan dichas opiniones. Se ha concluido que los ciudadanos tienen un conocimiento muy limitado de esta política, su presupuesto no resulta tan controvertido socialmente y se infravalora su capacidad para configurar la agricultura que nos provee de bienes comerciales y no comerciales.

Palabras clave: Política Agraria Común; Percepción ciudadana; Modelos Econométricos; Andalucía.

Abstract
Knowledge and opinions about the Common Agricultural Policy: an analysis from citizens' view

Nowadays, in the European Union (EU) the social legitimacy has become a fundamental requirement for the support of the community policies. However, the Common Agricultural Policy (CAP) has transformed into a social break point, due to its higher budget. Therefore, two questions arise: Which is the citizens' real knowledge of the CAP? Which is the citizens' view and opinion about the CAP budget? In this research, the social knowledge, interest on the CAP and the perception on its budget, together with the socio-demographic variables and opinion traits, are analised by econometric models and the cluster technique. The findings show that the citizens have a very scarce knowledge of the CAP, its budget is not a social controversial issue and its capacity to design the agriculture, which provides us with commercial and non-commercial outputs, is underestimate.

Key words: Common Agricultural Policy; Citizens' perception; Econometric models; Andalusia.

1. Autor para correspondencia: msalazar@etea.com

Introducción

En las políticas económicas, los objetivos de mejorar el bienestar común de los ciudadanos deben estar ética y comúnmente aceptados, y ser un precepto para cada actuación de cualquier gobierno u organización (Comisión Europea, 2003). Esta mejora del bienestar debe ser percibida por los consumidores y contribuyentes para propiciar la legitimidad de las políticas y con ello el sostenimiento de la intervención política (Ashby, 2009).

En este sentido, la Unión Europea (UE) concede una gran relevancia a la esfera social, transformándose el responder a las expectativas políticas de la población en una cuestión y objetivo fundamental (Comisión Europea, 2001). Dicha relevancia viene motivada, en gran medida, por el déficit democrático (Schmitter, 2003 y 2007) que padece actualmente la UE, al resultar difícil la legitimación de la intervención política por la ausencia de un proceso de toma de decisiones democrático a escala comunitaria, lo que se ha agudizado recientemente con la pérdida de parte de su credibilidad ante las dificultades para paliar la crisis económica de 2008.

Obviamente, la Política Agraria Común (PAC) no es una excepción a este diseño institucional del organismo supranacional que supone la UE. Especialmente, si se considera que esta política, propulsora del resto de políticas comunes y con el mayor presupuesto hasta el marco 2007-2013, tiene importantes efectos económicos, ambientales y sociales (Comisión Europea, 1999) que influyen de forma significativa en el bienestar de la sociedad comunitaria (Marsh y Tarditi, 2003). Sin embargo, la PAC, en un principio diseñada para conseguir el autoabastecimiento alimentario y responder así a la principal necesidad de la sociedad europea de entonces, se ha convertido en una debilidad política, un punto de ruptura con los ciudadanos que parece no responder e integrar adecuadamente las preferencias de la sociedad respecto a la agricultura (Potter y Burney, 2002; Gómez-Limón y Atance, 2004; Hall *et al*., 2004; Hyytiä y Kola, 2005; Cooper *et al*., 2007; entre otros).

De este modo, en un momento en el que la dotación de fondos con destino agrario aún supone más del 30% del presupuesto comunitario (Comisión Europea, 2010a) y nos encontramos con un aumento generalizado de la desconfianza ciudadana (Comisión, 2010b), surgen dos cuestiones entorno a la PAC: ¿cuál es el conocimiento e interés que verdaderamente despierta en los ciudadanos esta política? ¿Realmente su cuantía presupuestaria supone un hándicap para la legitimación de la misma? Para responder a estas preguntas, se ha ejecutado un cuestionario a 409 ciudadanos de la región de Andalucía (España), y llevado a cabo dos modelos econométricos y un análisis de conglomerados con los datos derivados del mismo. Esta región ha sido elegida como caso de estudio por la relevancia de la agricultura desde un punto de vista económico, al tener este sector una contribución al PIB regional, de alrededor del 4% (INE, 2011), superior tanto al de la media española como comunitaria; medioambiental, ocupando esta actividad más del 50% de la superficie total; y social, con una contribución al empleo, de nuevo, por encima de la media española y europea al situarse en el 7% (INE, 2011).

El trabajo se estructura de la siguiente manera. En el próximo apartado se ofrece el marco metodológico así como el diseño de la encuesta. El apartado 3 expone los diferentes resultados. En primer lugar, el conocimiento de los ciudadanos sobre la Política Agraria Común y la importancia que atribuyen a estar informados sobre la misma. Seguidamente, se presenta la percepción social respecto al presupuesto destinado a la agricultura, y las características que determinan las percepciones manifestadas. Por último, se ofrecen algunas conclusiones y recomendaciones tendentes a legitimar el futuro de la PAC a través de una mayor aceptación social de dicha política.

Marco metodológico

Revisión de la literatura: El Eurobarómetro y Agrobarómetro

A través de sondeos generales que no requieren de cuantificación monetaria, la determinación de las opiniones, percepciones sociales, así como preferencias, en relación con la agricultura y las políticas agrarias han sido llevadas a cabo ampliamente, siendo pioneros Estados Unidos, en la década de los 80. A nivel de la Unión Europea es reseña obligatoria el Eurobarómetro, sistemas de encuestas periódicas a los ciudadanos europeos, cuyas muestras rondan los 30.000 sujetos, para pulsar su opinión sobre la Política Agraria Común. El diseño del Eurobarómetro ha sido ampliamente criticado, ya que tradicionalmente diversas preguntas se ejecutaban valorando de forma aislada 10 opciones, bien en una escala del 1 al 10 o bien mediante una respuesta dicotómica de sí o no. Esta formulación no incorpora para el encuestado las restricciones que se producen en la realidad, es decir, no considera los conflictos o posibles *trade-off* entre las alternativas planteadas. Sin embargo, a partir del 2003 en diversas encuestas de las realizadas se están recogiendo dichas restricciones mediante la posible elección de un número de alternativas limitado por pregunta planteada o con la ordenación de las alternativas.

En España y más concretamente en Andalucía, el Instituto de Estudios Sociales de Andalucía (IESA) realizó desde 2003 hasta 2005 una encuesta, denominada Agrobarómetro, a unos 1.600 ciudadanos de esta comunidad autónoma. La finalidad de la misma era la de conocer la valoración ciudadana sobre los temas agrarios y rurales en Andalucía, así como evaluar su grado de conocimiento de las instituciones regionales, nacionales y europeas encargadas de gestionar dichos temas. Entre los resultados obtenidos se pueden extraer conclusiones como la valoración positiva de la situación de las zonas rurales, la identificación del mundo rural en Andalucía con la agricultura y el campo, un desconocimiento general de temas relacionados con la PAC, la consideración de los pequeños agricultores como los grandes perjudicados por la PAC, o las industrias agroalimentarias como las principales beneficiarias. A partir de los resultados del Agrobarómetro se ha desarrollado un trabajo recopilatorio sobre actitudes y percepciones hacia la multifuncionalidad agraria en Andalucía (Gómez-Limón *et al*., 2007).

Diseño de la encuesta

Para la consecución de los objetivos del trabajo se ha realizado una entrevista personal a una muestra de ciudadanos de la región de Andalucía. Por lo tanto, la población objeto de estudio está formada por los residentes de la región de Andalucía mayores de 18 años lo que supone unos ocho millones de habitantes (INE, 2008). Para la determinación del tamaño muestral se consideró un nivel de confianza del 95% para un p = q = 0,50, lo que para un población infinita y un error muestral del ±5% supone entrevistar a 400 individuos. Finalmente, se entrevistó a 409 sujetos, y el error muestral resultó del 4,65%.

El muestreo ha sido aleatorio estratificado con afijación proporcional, empleando como variable de estratificación el tamaño del municipio de residencia. Se han considerado tres estratos, rural, urbano y metropolitano (Tabla 1), adaptando la clasificación del Instituto Nacional de Estadística (INE, 2007) en función del número de habitantes, siendo rural si el número de habitantes está entre 0 y 20.000; urbano, entre 20.001 y 100.000; y metropolitano, más de 100.000. Se ha utilizado como factor de corrección la densidad de población, delimitando los municipios rurales con una densidad menor de 150 hab/km^2 (OCDE, 1994).

Dentro de cada estrato, con el fin de evitar la infrarepresentación de perfiles, se respetó el porcentaje de representación por provincias, sexos y edades.

La encuesta se ejecutó entre abril y julio de 2007 mediante entrevistas personales de unos 30 minutos de duración. Ésta se realizó profundizando en aspectos más concretos de la PAC, su presupuesto y las preferencias sociales, dos años después del último Agrobarómetro realizado para la sociedad andaluza que no se ha vuelto a llevar a cabo hasta el 2009.

El cuestionario final administrado consta de un total de 32 preguntas cerradas, distribuidas en tres bloques sobre diferentes temas relacionados con el nivel de conocimiento, actitudes y opiniones sobre la agricultura y la Política Agraria Común en Andalucía, así como las características socio demográficas de los encuestados. El presente trabajo se centra en las cuestiones sobre la PAC, incluidas en el segundo bloque de la encuesta. Así, se realizaron una serie de preguntas para estudiar, en primer lugar, el nivel de conocimiento de la PAC por parte de los andaluces, así como el origen de la información que conforma dicho conocimiento. En segundo lugar, se recopilaron las opiniones de los encuestados sobre la importancia que otorgan a estar informados sobre la PAC. En tercer lugar, se definieron las preguntas que se encargan de recoger las opiniones sobre como creen que se debería repartir el presupuesto comunitario en diferentes partidas (agricultura, desarrollo rural, infraestructuras, desarrollo tecnológico y formación e inmigración y seguridad ciudadana). La cuarta batería de preguntas pretende conocer la opinión de los andaluces sobre el presupuesto asignado a la agricultura por parte de la UE. Finalmente, se utilizaron una serie de preguntas sobre las características económicas y sociodemográficas de los encuestados.

Las características económicas y sociodemográficas de la muestra, así como algunos datos poblacionales aparecen en la Tabla 1, donde se puede observar como los valores muestrales de la variable de estratificación (lugar de residencia) y de aquellas por las que se ha dirigido el muestreo (género y edad) son representativas de la población al no rechazarse la hipótesis nula de igualdad.

En la Tabla 2 aparece, además, la definición y porcentajes de respuesta correspondientes a las variables objeto de estudio. Así se muestran, en primer lugar, aquellas que hacen referencia a las opiniones de los ciudadanos sobre la PAC; y, en segundo lugar, las que hacen mención a las opiniones y vinculación del encuestado con la agricultura.

Como se puede observar, para determinar el grado de conocimiento de los individuos sobre la PAC se les preguntó, primero, si habían oído hablar sobre la misma y, segundo, cual creían que era su grado de conocimiento en una escala creciente de 5 puntos donde 1 indica nulo conocimiento y 5 alto conocimiento, tratándose por tanto del nivel de conocimiento subjetivo. La importancia de estar informado sobre PAC fue planteada de forma similar a la cuestión anterior y utilizando el mismo tipo de escala. Asimismo, con la finalidad de conocer la opinión de los andaluces sobre el presupuesto asignado a la agricultura por parte de la UE, se solicitó a los entrevistados, por un lado, que realizaran ellos la asignación de 100 unidades monetarias a tres de las partidas más importantes del presupuesto comunitario, subdividiendo la partida de recursos naturales en agricultura y desarrollo rural. Por otro, se propusieron cuatro afirmaciones relacionadas con el apoyo financiero dedicado a esta actividad (la agricultura recibe demasiado dinero del gobierno; la agricultura no debe seguir siendo apoyada financieramente; la agricultura no debe seguir siendo apoyada financieramente, excepto si crea empleo y cuida el medioambiente; y los grandes agricultores son los principales beneficiarios de la PAC), debiendo indicar su grado de acuerdo y desacuerdo con las mismas (1, totalmente en desacuerdo; al 5, totalmente de acuerdo).

Tabla 1. Características de la muestra
Table 1. Sample features

Características		Datos Muestrales (%)	Datos Poblacionales (%)	Test de igualdad de medias entre los datos muestrales y poblaciones
Género	Mujeres	51,5	50,7	χ^2 = 0,0068; *p – value* = 0,795
Edad	18 - 34 años	36,6	36,0	χ^2 = 1,892; *p – value* = 0,595
	35 - 49 años	30,5	27,9	
	50 - 64 años	19,3	19,2	
	≥ 65 años	13,4	16,9	
Lugar de residencia	Rural	26,0	28,1	χ^2 = 0,227; *p – value* = 0,893
	Urbano	35,0	34,4	
	Metropolitano	39,0	37,5	
Nivel de Estudios	Sin estudios o primarios	31,5		
	Estudios secundarios	29,3		
	Estudios Universitarios	39,2		
Nivel de Ingresos	<1300 euros	21,1		
	1300-2300 euros	39,3		
	2301-3000 euros	23,2		
	>3000 euros	15,4		

Fuente: Elaboración propia a partir de Cuestionario (2007).

Respecto a las variables relativas a la agricultura, las hay de opinión y de vinculación con dicha actividad. Entre las de opinión se recogió, mediante una escala de cinco posiciones (1 = ninguna preocupación hasta 5 = mucha preocupación), la preocupación por la agricultura, inquiriéndose también sobre si los ciudadanos tenían la percepción de que la agricultura debía ser fomentada como actividad económica en Andalucía (pregunta dicotómica). Para las de vinculación con la agricultura, se indagó sobre si los encuestados tenían familiares agricultores (de primer o segundo grado), si alguna vez habían residido en un territorio rural, aunque ya no lo hicieran, y si residían en un municipio costero, ya fuera rural, urbano o metropolitano.

Modelos econométricos

En primer lugar, se modeliza el conocimiento de los ciudadanos sobre la PAC. Debido a las características y relación entre las variables, como se muestra en la Tabla 2, se especifica un modelo probit bivariante con selección muestral (siguiendo a Meng y Schmidt, 1985), asumiendo $E[\varepsilon_1] = E[\varepsilon_2] = 0$, $Var[\varepsilon_1] = Var[\varepsilon_2] = 1$, $Cov[\varepsilon_1, \varepsilon_2] = r$; donde las perturbaciones aleatorias siguen distribuciones normales estándar independientes (Green, 2006). De

Tabla 2. Definición de variables
Table 2. Variables' definitions

Definición variables	Tipo	Categorías	Valor (%)
¿Ha oído hablar de la PAC?	Dicotómica	0 = No	36,2
		1 = Sí	63,8
¿Podría indicar el grado de conocimiento que tiene usted sobre la PAC?	Likert (1 = ninguno hasta 5 = mucho)	0 = 1 y 2	60,3
		1 = 3, 4 y 5	39,7
Importancia otorgada a estar informado sobre PAC	Likert (1= ninguno hasta 5 = mucho)	0 = 1 y 2	25,4
		1 = 3	34,1
		2 = 4 y 5	40,5
Fuentes de información sobre PAC	Nominal	Programas de información general	38,9
		Programas específicos sobre temas agrarios	16,5
		Internet	3,9
		Su actividad profesional	9,7
		Los estudios realizados	8,3
		Charlas familiares/amigos	22,4
Repartir 100 u. m. entre las principales partidas presupuestarias de la UE	Continua	Agricultura	27,5
		Desarrollo Rural	21,1
		Infraestructuras, desarrollo tecnológico y formación	29,6
		Inmigración y seguridad ciudadana	21,8
La agricultura recibe demasiado dinero del gobierno (A_1)	Likert (1 = total desacuerdo hasta 5 = total acuerdo)	1 y 2	32,7
		3	24,4
		4 y 5	42,9
La agricultura no debe seguir siendo apoyada financieramente (A_2)		1 y 2	78,2
		3	11,7
		4 y 5	10,1

Fuente: Elaboración propia a partir de Cuestionario (2007).

Tabla 2. Definición de variables (continuación)
Table 2. Variables' definitions (continuation)

Definición variables	Tipo	Categorías	Valor (%)
La agricultura no debe seguir siendo apoyada financieramente, excepto si crea empleo y cuida el medioambiente (A_3)		1 y 2 3 4 y 5	36,6 14,5 48,9
Los grandes agricultores son los principales beneficiarios de la PAC (A_4)		1 y 2 3 4 y 5	19,9 0 70,1
¿Cuánto le preocupan los temas relacionados con la agricultura?	Likert (1 = ninguno hasta 5 = mucho)	1 = 1 y 2 2 = 3 3 = 4 y 5	4,9 25,7 69,4
La agricultura como actividad a intensificar en Andalucía	Dicotómica	0 = No 1 = Sí	82,8 17,2
Tener familiares agricultores	Nominal	0 = No 1 = Primer grado parentesco 2 = Segundo grado parentesco	48,9 28,4 22,7
Residir en municipio costero	Dicotómica	0 = No 1 = Sí	32,5 67,5
Haber residido alguna vez en municipio rural	Dicotómica	0 = No 1 = Sí	49,8 50,2

Fuente: Elaboración propia a partir de Cuestionario (2007).

modo que, si ρ es significativamente distinta de cero, los parámetros obtenidos mediante una estimación univariante serían sesgados, y en general menos eficientes, realizándose la estimación conjunta por máxima-verosimilitud respecto a β_1, β_2 y ρ.

La elección de dicho modelo ha estado condicionada a que las variables dependientes examinadas aparecen censuradas, ya que el nivel de conocimiento sobre PAC (Y_{i1}) solo aparece si el encuestado ha oído hablar de esta política (Y_{i2}). Por tanto, la variable Y_{i1} es observada cuando $Y_{i2} = 1$, evaluándose: P($Y_{i1} = 1$, $Y_{i2} = 1$); P($Y_{i1} = 0$, $Y_{i2} = 1$); P($Y_{i2} = 0$). La especificación del modelo es la siguiente:

$$Z_{i1} = \beta_{i1}\, x_{i1} + \varepsilon_{i1} > 0,\ Y_{i1} = \text{sgn}\,(Z_{i1}) \quad (1)$$

$$Z_{i2} = \beta_{i2}\, x_{i2} + \varepsilon_{i2} \leq 0,\ Y_{i2} = \text{sgn}\,(Z_{i2}) \quad (2)$$

($Y_{i1,}\ \alpha_{i1}$) se observa solo cuando $Y_{i2} = 1$

donde Z_i representa las variables no observables que determinan el conocimiento sobre PAC (Z_{i1}) y haber oído hablar de esta política (Z_{i2}), siendo *sgn* la función signo de dichas variables; β_i se corresponden con los vectores de parámetros estimados para cada caso; x_i son los vectores de variables independientes observables o medibles que influyen sobre el conocimiento de la PAC (x_{i1}) y haber oído hablar de esta política (x_{i2}); y ε_i recogen las perturbaciones aleatorias.

En segundo lugar, para analizar la importancia dada por los ciudadanos a estar informados sobre la PAC se utilizó un modelo logístico ordinal (estimado mediante máxima-verosimilitud) debido a que la variable a analizar adopta cuatro valores ordenados como se indica en la Tabla 2. La especificación teórica del modelo sería la siguiente:

$$Y_i = \frac{1}{1 + e^{-\beta_i x_i}} + \varepsilon_i \quad i = 1 \ldots n \quad (3)$$

Debido a que el impacto de las variables explicativas (*x*) es difícil de interpretar directamente a partir de los parámetros estimados, los efectos marginales de cada variable exógena fueron igualmente calculados.

Por último, en base a la opinión sobre el presupuesto asignado a la agricultura por parte de la UE (A_1, A_2, A_3 y A_4) se definieron grupos homogéneos mediante el análisis clúster[2] o de conglomerados jerárquicos. El procedimiento empleado fue la distancia Euclidea al cuadrado y el método Ward o de mínima distancia como criterio de agregación, decidiendo el número de clústeres a través del dendograma. La caracterización de los clusters se llevó a cabo mediante test bivariantes, en concreto se utilizó el test no-paramétrico χ^2.

Resultados

Conocimiento sobre PAC

Como se puede observar en la Tabla 2, el 63,8% de los encuestados afirma "haber oído hablar de la PAC". Entre las principales fuentes de información sobre esta política se sitúan los medios de comunicación de carácter general, empleados por el 38,9% de la muestra. La segunda fuente más importante son las charlas informales con familiares y amigos, muy empleadas en zonas rurales. La menos relevante es internet, utilizada principalmente en zonas metropolitanas. Si se comparan los resultados obtenidos con el Eurobarómetro (Comisión Europea, 2008), se aprecian porcentajes cercanos, ya que casi el 50% de los ciudadanos europeos afirman haber oído hablar de la política agraria. Sin embargo, de aquellos entrevistados que afirman haber oído hablar de la PAC, un 60,3% tiene un desconocimiento absoluto o escasas nociones so-

2. Para ampliar la información sobre esta técnica ver Chatfield and Collins (1980).

bre la misma. Solamente el 9,5% afirma estar instruido con un grado alto (posiciones 4 y 5).

En la Tabla 3 se presentan los resultados de la estimación del modelo probit bivariante definido en las ecuaciones (1) y (2) con las variables incluidas en la Tabla 2, obtenidos mediante la utilización del software estadístico Limdep 8.0. Se han considerado como variables independientes aquellas que, a través de la revisión de literatura relacionada con la PAC y opiniones de los ciudadanos, se han percibido como condicionantes del conocimiento, no existiendo estudios concretos sobre los factores determinantes del nivel de conocimiento acerca de la PAC. Como muestra la significatividad del coeficiente de correlación entre las perturbaciones (ρ), el modelo bivariante es adecuado, ya que, ambas variables no son independientes.

Tabla 3. Modelo Probit Bivariante "Nivel de conocimiento sobre la PAC"
Table 3. Bivariate Probit Model "Knowledge level on the CAP"

		Nivel de Conocimiento sobre PAC		Haber oído hablar de la PAC	
Variables	Niveles	B	Efectos Marginales	B	Efectos Marginales
Constante		0.408** (0.137)		0.485*** (0.135)	
Género	Hombres	0.357 (0.143)	0.001	0.524*** (0.135)	0.016
Nivel de estudios Referencia = Universitarios	Sin estudios	0.143 (0.303)	0.004	-1.198*** (0.264)	-0.038
	Primarios	0.132 (0.202)	0.004	-1.021*** (0.174)	-0.032
	Secundarios	0.183 (0.167)	0.006	-0.752*** (0.163)	-0.023
Residencia habitual en zona de costa	Sí	-0.376** (0.122)	-0.128		
Preocupación sobre agricultura Referencia = Alta	Baja	-0.430 (0.294)	-0.014		
	Media	-0.605*** (0.157)	-0.020		
Tener familiares agricultores	Con			0.442*** (0.116)	0.014

Ratio de verosimilitud = -387.469; ρ (1, 2)= -0.975*** (0.0704)

Error estándar entre paréntesis. ***, **, * significación al 0.01, 0.05, y 0.10, respectivamente.

Fuente: Elaboración propia a partir de Cuestionario (2007).

Para la ecuación nivel de conocimiento sobre PAC, el sexo no resulta significativo, aunque son los hombres los que presentarían mayor probabilidad de haber oído hablar de la PAC, como indica su coeficiente en la segunda ecuación. Este fenómeno podría estar relacionado con el menor interés por la política y sus aspectos que, hoy en día, siguen manifestando las mujeres españolas frente a los hombres (Frias, 2001; CIS, 2003).

La educación reglada de los encuestados no ha resultado significativa respecto al nivel de conocimiento. Sin embargo, sí lo es en lo tocante a haber oído hablar de la PAC. De modo que, aquellos encuestados sin estudios, con estudios primarios y estudios secundarios tienen menos probabilidad de haber oído hablar de dicha política frente a los que poseen estudios universitarios.

En cuanto al lugar de residencia y la preocupación por la agricultura, ambas variables han resultado significativas para el nivel de conocimiento. La primera presenta un signo negativo, lo que muestra que los sujetos que residen en un municipio del litoral de la región analizada muestran menos probabilidad de tener un conocimiento medio-alto de la política agraria de la UE, frente a los que residen en municipios interiores. Este resultado parece coherente si se piensa en la importancia del sector servicios, particularmente el turismo, en las zonas costeras del sur de España en general, y más concretamente en las de Andalucía Occidental. La segunda, igualmente, posee coeficientes de signo negativo, resultando que los sujetos con una preocupación intermedia por la agricultura tienen una menor probabilidad de conocimiento de la PAC, si se comparan con aquellos que se preocupan de forma importante por dicha actividad económica. Finalmente, el tener familiares que se dedican a la agricultura condiciona significativamente haber oído hablar de la política agraria, en el sentido de si se posee familia vinculada con esta actividad, como es lógico, se tiene más probabilidad de haber oído hablar.

Los efectos marginales en ambas ecuaciones son muy reducidos, excepto para la variable residencia habitual.

Importancia asignada a estar informado sobre la PAC

Pese a los escasos conocimientos manifestados por los ciudadanos de Andalucía en relación con la PAC, el 40,5% de los mismos atribuye mucha o bastante importancia a estar informado sobre esta Política (escala: 1, ninguna; al 5, mucha). Asimismo, un porcentaje considerable (34,1%) manifiesta alguna importancia (valor de la escala 3) (Tabla 2).

En la Tabla 4 se recogen los resultados derivados del modelo de regresión logística ordinal. La estimación, al igual que en el caso anterior, se ha realizado mediante máxima verosimilitud con el programa estadístico Limdep 8.0. Se han utilizado como variables independientes aquellas que resultaron explicativas de las variables endógenas del modelo bivariante, ante la inexistencia de literatura y asumiendo que la importancia analizada podía venir condicionada de forma similar. El modelo ha resultado significativo, atendiendo al valor de su ratio de verosimilitud, mostrando un porcentaje de predicción correcta suficiente que concede validez a las estimaciones realizadas. Asimismo, los pseudo-R^2 presentan valores que aseguran la bondad del ajuste.

El análisis de los coeficientes muestra que los entrevistados residentes en zonas rurales tienen más probabilidad de dar mayor relevancia a tener información sobre la política agraria de la UE, frente a los metropolitanos. Esta característica viene confirmada por los efectos marginales, donde se observa la menor probabilidad de los habitantes rurales de tener un conocimiento bajo y medio, y la mayor probabilidad (18%) de tener un conocimiento alto.

Tabla 4. Modelo Logit Ordinal "Nivel de importancia de estar informado sobre PAC"
Table 4. Ordinal Logit Model "Importance level from being informed on the CAP"

Variables	Niveles	B	Efectos Marginales		
			Y= 0	Y= 1	Y= 2
Constante		1.669*** (0.211)			
Tipo de residencia habitual	Rural	0.766** (0.256)	-0.099** (0.034)	-0.089*** (0.012)	0.189*** (0.035)
Referencia = Metropolitano	Rural	0.766** (0.256)	-0.099** (0.034)	-0.089*** (0.012)	0.189*** (0.035)
	Urbano	0.089 (0.221)	-0.013 (0.023)	-0.009 (0.014)	0.022 (0.036)
Tener familiares agricultores	1er grado	0.426** (0.143)	-0.059** (0.029)	-0.046*** (0.0119)	0.106** (0.035)
Referencia = Sin	2do grado	-0.426** (0.143)	0.067*** (0.014)	0.036** (0.018)	-0.104** (0.036)
Preocupación por la agricultura	Bajo	-1.024* (0.461)	0.196*** (0.008)	0.030 (0.025)	-0.227*** (0.036)
Referencia = Alto	Medio	-0.806*** (0.221)	0.135*** (0.008)	0.056** (0.022)	-0.192*** (0.036)
Conocimiento sobre PAC	Bajo	-0.494*** (0.139)	-0.070** (0.011)	0.051** 0.020)	-0.122*** (0.364)
Referencia = Alto	Medio	0.495*** (0.139)	-0.068** (0.030)	-0.054*** (0.011)	0.122*** (0.035)
$\mu_{(1)}$		1.680*** (0.127)			

Ratio de verosimilitud = -404.1039; Chi cuadrado = 76,933; g.l. = 8; Signif. = 0,000;

% Correcto de clasificación correcto = 64.79%

R cuadrado de McFadden= 0,12; R cuadrado Cox y Snell. = 0,21

Error estándar en parentesis. ***, **, * significativos a 0.01, 0.05, y 0.10, respectivamente.

[a] Los valores que aparecen en estas columnas representan el cambio discreto en la probabilidad de elección de cada alternativa cuando la variable correspondiente cambia de categoría, evaluado en los valores medios del resto de regresores del modelo.

Fuente: Elaboración propia a partir de Cuestionario (2007).

Asimismo, poseer familiares agricultores de primer grado, lógicamente, hace más probable conceder más importancia a estar informado sobre PAC. Sin embargo, cuando los familiares son de segundo grado se tiene menor probabilidad de otorgar importancia, que incluso cuando no se tienen (aproximadamente un 10% menos de probabilidad). Resultando, exclusivamente, vinculantes los lazos familiares de hasta primer grado.

Los encuestados poco o algo preocupados por la actividad agraria tienen menos probabilidades de conceder importancia a la obtención de dicha información que los que declaran preocupación.

Por último, el nivel de conocimiento de la PAC está directamente relacionado con la variable dependiente, ya que como era de prever, por un lado, los que tienen menor nivel de conocimiento es menos probable que tengan interés por estar informados sobre PAC (12% menos de probabilidad), frente aquellos que tienen un nivel de conocimiento alto. Por otro, los que consideran que tan solo tienen un conocimiento medio sí que estarían interesados en informarse más sobre dicha política, presentando mayor probabilidad de conceder importancia a estar informados sobre la misma, frente a aquellos que ya poseen este conocimiento.

Opinión sobre el presupuesto de la PAC

Al proponer a los encuestados que, según sus prioridades, repartiesen 100 unidades monetarias entre las principales partidas comunitarias de la UE (Agricultura, Desarrollo rural, Inmigración y seguridad ciudadana e Infraestructuras, desarrollo tecnológico y formación), se obtuvo que estos asignarían el 27,5% del presupuesto a la agricultura, detrás de "Infraestructuras, desarrollo tecnológico y formación" a la que asignarían un 29,6%. El desarrollo rural se situó en último lugar, con el 21,1% del presupuesto asignado.

De modo que, la agricultura sería la segunda actividad económica en la percepción de fondos comunitarios. Sin embargo, se ha podido apreciar, durante la ejecución de la encuesta, que en "Inmigración y seguridad ciudadana" han existido ciertas reticencias por parte de algunos entrevistados de dotarla con fondos, debido principalmente a un prejuicio ante lo que entienden como "ayuda a la inmigración". Este hecho ha redundado en beneficio de las otras partidas, por lo que se puede intuir cierto sesgo en la distribución obtenida.

En la Tabla 5 se ofrecen los valores medios y extremos del reparto presupuestario llevado a cabo por los entrevistados.

Señalar que entre los sujetos, que destinan más del 50% del presupuesto a la agricultura, aparece un alto porcentaje de agricultores y personas vinculadas con esta actividad.

La asignación dirigida a la partida de agricultura, por un lado, y a la partida de desarrollo rural, por otro, no aparecen relacionadas, al resultar su coeficiente de correlación de Pearson[3] no significativo (r_{x1x2} = -0,071; p = 0,153).

En relación a la opinión de los entrevistados se observa en la Tabla 2 que el 42,9% de la muestra manifestó su desacuerdo con que la agricultura recibe demasiado dinero del gobierno, siendo el 24,4% los que tuvieron una opinión de indiferencia. Al confrontar los resultados obtenidos regionalmente con los del Eurobarómetro (Comisión Europea, 2008), se ve como el 43% de los ciudadanos europeos piensan que la asignación presupuestaria que

3. El coeficiente de correlación de Pearson varía entre 1 y -1, empleándose al ser dos variables métricas con una muestra superior a 100 individuos. Siendo x_1, la asignación a la agricultura y x_2, la asignación al desarrollo rural.

Tabla 5. Porcentajes de los valores medios y extremos del reparto presupuestario llevado a cabo por la sociedad
Table 5. Average and extreme values of the budgetary assignment by society

Partidas Presupuestarias	Media (%)	≥ 10% del presupuesto	≤ 50% del presupuesto
Agricultura	27,50	6,7	15,5
Desarrollo rural	21,11	12,9	3,5
Infraestructuras, desarrollo tecnológico y formación	21,75	9,4	18,6
Inmigración y seguridad ciudadana	29,63	18,3	7,5

Fuente: Elaboración propia a partir de Cuestionario (2007).

recibe la agricultura y el desarrollo rural es la adecuada, e incluso el 16% piensa que es insuficiente. Igualmente, el Agrobarómetro (2010) refleja que el 59,7% de los ciudadanos de Andalucía piensan que la agricultura recibe una cantidad insuficiente de dinero público, cifra superior a la registrada en 2007.

La mayoría de los entrevistados (78,2%) no están de acuerdo con que la agricultura no debe seguir siendo apoyada financieramente, tendiendo el 10% al acuerdo. Se deriva, por tanto, una tendencia al desacuerdo frente a la opinión de no seguir apoyando con medios financieros la actividad agraria. Esta opinión es lógica si se tienen en cuenta las consideraciones vertidas respecto a la afirmación sobre el dinero recibido por la agricultura. Cotejando los resultados derivados de la investigación efectuada con los del Agrobarómetro de Andalucía (IESA, 2006 y 2010), las opiniones parecen acordes. En el citado estudio, se obtuvo que efectivamente un 84,7%, en 2005, y un 76,5%, en 2009, de los encuestados se mostraba a favor de que los gobiernos garanticen las rentas agrarias o de que la agricultura reciba subvenciones, es decir, de la necesidad de algún tipo de política proteccionista, siendo muy leve la reducción de dicho porcentaje a lo largo de estos años y pese a la crisis económica que ya se inició en el año 2008.

A su vez, el 48,9% de los sujetos afirmaron que la agricultura no debe seguir siendo apoyada financieramente excepto si crea empleo y cuida el medioambiente, adoptando el 36,6% una postura de desacuerdo o muy en desacuerdo. En el Eurobarómetro (Comisión Europea, 2008) el 50% de los ciudadanos está conforme con reducir las ayudas a la agricultura si no se respetan los estándares medioambientales. En el Agrobarómetro andaluz, realizado un año antes, este porcentaje de respuestas aumenta hasta el 87% de los entrevistados, que muestran su consenso ante el hecho de que las ayudas deben concederse si se crea empleo y se cuida el medioambiente. Al mismo tiempo, el Agrobarómetro también refleja que el 75% está en contra de suprimir las ayudas que reciben los agricultores porque éstas no sirvan para mejorar la agricultura andaluza. Por último, un grupo mayoritario (70,1%) manifiesta su acuerdo con que los grandes agricultores son los principales beneficiarios de la PAC. Por el contrario, menos del 20% está en desacuerdo o muy en desacuerdo. En el Agrobarómetro andaluz de 2005 (IESA, 2006) el 63% de la muestra piensa, igualmente, que el grupo más beneficiado por la política agraria de la UE son los grandes agricultores.

Tipología de los encuestados según sus opiniones sobre la ayuda pública a la agricultura

Con la finalidad de agrupar los diferentes sujetos de la muestra en grupos homogéneos en función de sus manifestaciones en relación con la opinión sobre la asignación presupuestaria destinada a la agricultura, se utilizó el método de Cluster jerárquico. Así, se agruparon los encuestados que manifestaron tendencias similares testadas mediante las cuatro afirmaciones anteriores: la agricultura recibe demasiado dinero del gobierno (A_1); la agricultura no debe seguir siendo apoyada financieramente (A_2); la agricultura no debe seguir siendo apoyada financieramente, excepto si crea empleo y cuida el medioambiente (A_3); y los grandes agricultores son los principales beneficiarios de la PAC (A_4). En la Tabla 6 se muestran los grupos o clusters obtenidos (C), con la etiqueta asignada a cada uno en función de las características homogéneas encontradas, así como el número de individuos de cada cluster y los pesos medios de los grados de acuerdo o desacuerdo sobre las afirmaciones testeadas en cada clúster.

Tabla 6. Características de los Clusters
Table 6. Clusters' features

C	Nombre	Tamaño		A_1	A_2	A_3	A_4
		Nº	%				
1	Pro-subvenciones agrarias con percepción de inequidad	185	48,6	2,23	1,75	2,91	4,22
2	Pro-subvenciones agrarias con percepción de equidad	82	21,6	2,24	1,82	2,84	2,02[a]
3	Contra subvenciones agrarias	113	29,8	3,79[ab]	2,85[ab]	3,99[ab]	4,30[b]

a: Diferencias significativas al 5% (análisis ANOVA de un factor) con respecto al cluster 1.

b: Diferencias significativas al 5% (análisis ANOVA de un factor) con respecto al cluster 2.

Fuente: Elaboración propia a partir de Cuestionario (2007).

El análisis de segmentación de la muestra, a partir de las opiniones manifestadas, indica que los entrevistados se agrupan en tres clusters. En el cluster 1, que incluye a 185 sujetos (48,6%), se encontrarían aquellos que están en desacuerdo con no subvencionar a la agricultura pero que perciben inequidad en la distribución de las ayudas, al pensar que éstas se dirigen principalmente hacia los grandes agricultores. El cluster 2, con 82 personas (21,6%), representa a los ciudadanos que, estando en desacuerdo con no apoyar desde la intervención pública la actividad agraria, consideran que los grandes agricultores no son los máximos beneficiarios de la PAC, existiendo, así, cierta equidad en la distribución de dichas ayudas. Los 113 sujetos (29,8%) pertenecientes al cluster 3 declaran su acuerdo con el excesivo dinero que recibe la agricultura y con la no financiación mediante apoyo público de dicha actividad, unido a una apreciación de inequidad en la distribución del mismo.

A partir de la tipificación obtenida, y para examinar las diferencias entre los sujetos pertenecientes a cada cluster en términos de características sociodemográficas y de opinión, se ha estudiado, mediante el test estadístico χ^2 a partir de las tablas de contingencia, si existe relación significativa entre diversas variables incluidas en la encuesta y dichos clusters, pudiendo verse los resultados en la Tabla 7.

Tabla 7. Caracterización de los clusters y test estadístico para las variables socio-económicas y de opinión
Table 7. Clusters' features and statistical test for socioeconomic and opinion variables

Características		Cluster 1 n = 185	Cluster 2 n = 82	Cluster 3 n = 113	Diferencias Significativas (p-value)
Sexo % (Hombre)		55,1	56,1	40,7	0,032*
Estudios Secundarios-Universitarios % (Sí)		63,2	78	71,7	0,041*
Residentes en grandes ciudades, más de 100.000 h. % (Sí)		30,8	36,6	46,9	0,020*
Residencia habitual en zona de costa % (Sí)		25,4	40,2	34,5	0,037*
Ha residido alguna vez en zona rural % (Sí)		48,6	39,4	24,7	0,001**
Tener familiares agricultores %	1er grado	61,3	57,8	43,1	0,027*
	2º grado ó más	38,6	42,2	56,9	
Elige la agricultura como actividad a fomentar en Andalucía % (Sí)		54,6	56,1	38,1	0,010**
Preocupación por la agricultura %	Baja	29,2	19,5	38,1	0,002**
	Media	40	52,4	48,7	
	Alta	30,8	28	13,3	
Conocimiento sobre PAC %	Ninguno	25,5	14,3	12,9	0,024*
	Bajo	37,4	28,6	51,4	
	Medio	26,0	44,9	30,0	
	Alto	11,5	2,2	5,7	
Reparto de 100 u.m. a la agricultura %	0-25	25,9	58,5	70,8	0,032*
	26-50	45,4	37,8	28,3	
	51-75	1,6	3,7	0,9	
	76-100	0,5	0	0	

* Diferencia Significativa al 5%.

** Diferencia Significativa al 1%.

Fuente: Elaboración propia a partir de Cuestionario (2007).

El Cluster 1 (Pro-subvenciones agrarias con percepción de inequidad) presenta similar porcentaje de hombres y mujeres, y el menor porcentaje de ciudadanos con estudios secundarios y universitarios de todos los clusters. También resulta significativo el hecho de que no residen mayoritariamente en grandes ciudades ni en zonas de litoral, habiendo vivido la mitad de los individuos alguna vez en un área rural. Además, para aquellos que poseen familiares agricultores, estos son en un elevado porcentaje de primer grado. Igualmente, la mitad ha elegido la agricultura como una actividad a fomentar en Andalucía, presentando una preocupación baja o alta superior a los otros clusters, así como un conocimiento bajo sobre PAC, aunque es el cluster con un mayor número de sujetos con conocimiento alto (11%). Asimismo, casi el 50% de los mismos destinaría más del 26% de los fondos presupuestarios a la agricultura.

En el Cluster 2 (Pro-subvenciones agrarias con percepción de equidad) aparece, de nuevo, un porcentaje similar de hombres y mujeres, pero con dos tercios de los sujetos con estudios secundarios y universitarios, siendo el mayor porcentaje de individuos con estudios superiores de los tres clusters. Algo más de un tercio de sus componentes residen en grandes ciudades, y es el cluster cuyos integrantes habitan en un porcentaje más elevado en costa, con algo menos de la mitad habiendo vivido en zonas rurales. Conjuntamente, los que poseen familiares agricultores, más de la mitad son de primer grado. Respecto a sus opiniones, el porcentaje que elige la agricultura como actividad a fomentar en Andalucía es muy similar al del Cluster 1, teniendo una preocupación entre media y alta por esta actividad, y un conocimiento medio-bajo sobre PAC. Además, algo más de la mitad se inclinan por otorgarle entre el 0 y el 25% del presupuesto comunitario a la agricultura.

El tercer cluster, Cluster 3 (Contra subvenciones agrarias), tiene entre sus integrantes el mayor porcentaje de mujeres, que poseen, mayoritariamente, estudios secundarios y universitarios. Residen principalmente en grandes ciudades (con más de 100.000 habitantes), y, en su mayoría, no han vivido nunca en una zona rural. Asimismo, los que tienen familiares agricultores, lo son, en mayor medida, de segundo grado. Además, en su mayoría no han elegido la agricultura como actividad a fomentar en Andalucía, presentan una preocupación por la agricultura media-baja, poco conocimiento sobre PAC y destinarían a dicha actividad menos del 25% del presupuesto comunitario.

Conclusiones

Los resultados de la presente investigación indican que el conocimiento de la PAC por parte de los ciudadanos de Andalucía proviene principalmente de los medios de comunicación generales (televisión, radio, prensa, etc. no especializada en temas agrarios), y aunque más de la mitad de ellos han oído hablar de la Política Agraria Común, su conocimiento sobre la misma es, en general, nulo o muy escaso. Las mujeres, sin estudios o con estudios primarios, residentes en municipios litorales de la región, y con baja preocupación por la agricultura conforman el perfil tipo de los sujetos que tienen menor probabilidad de conocer la PAC. Asimismo, las mujeres, sin estudios y sin familiares agricultores son los sujetos que menos han oído hablar de la PAC.

Además, el hecho de estar instruido sobre esta política parece tener importancia para la sociedad andaluza. Sin embargo, suele existir una propensión de los ciudadanos a otorgar importancia a estar informado sobre las cuestiones que se le preguntan, aunque luego dicha importancia no se materialice necesariamente en búsqueda o conocimiento real.

En general, se puede observar que realmente estar instruido en temas de Política Agraria

Común despierta poco interés en el ciudadano, menospreciando el potencial que tiene para configurar una agricultura que nos provee como consumidores de bienes comerciales y no comerciales, y que contribuye a garantizar mayor bienestar.

Respecto a la valoración social de la financiación publica de la agricultura, existe cierta tendencia de los ciudadanos encuestados a opinar que la agricultura no recibe demasiado dinero del gobierno y que debe seguir siendo apoyada financieramente. Por tanto, la sociedad de la región de Andalucía está dispuesta a apoyar financieramente a la agricultura, pero con un porcentaje de financiación algo inferior del que dicha actividad dispone para el periodo de programación 2007-2013 proveniente de la PAC y que se sitúa sobre un 32%, aproximadamente. Así, la opinión general que parece extendida sobre el desacuerdo del ciudadano ante la financiación pública de la agricultura queda parcialmente desmentida, al menos en la región analizada, respondiendo así a la primera cuestión planteada en la investigación. Sin embargo, se ha confirmado que los ciudadanos piensan que la PAC beneficia más a las grandes explotaciones agrarias, presentando, de este modo, cierta controversia la distribución de este apoyo al asociarse con los grandes terratenientes. Ambas informaciones, aunque los resultados no sean extrapolables a regiones con diferentes características agrarias y socioeconómicas, adquieren especial relevancia ante el dudoso futuro del presupuesto comunitario destinado a la agricultura, debido, entre otros aspectos, a la situación de crisis económica generalizada que producida desde finales del año 2007; así como a los intereses financieros de los Estados miembros, cuyos esfuerzos se dirigen a minimizar el impacto de las negociaciones agrarias en su status quo presupuestario.

El análisis de la heterogeneidad de las percepciones sociales hacia la financiación pública otorgada a la agricultura ha mostrado que la vinculación con la agricultura y el medio rural se configuran en características determinantes de la opinión sobre la financiación de esta actividad económica.

Sin duda, a la sociedad de la región objeto de estudio le falta información sobre la Política Agraria Común, siendo la percepción de inequidad en el reparto de las mismas un punto débil en las pretensiones legitimadoras de la PAC. La visión negativa que se tiene sobre dicho aspecto puede incidir, por tanto, en aumentar la desconfianza de los contribuyentes en relación con la gestión comunitaria de sus impuestos. Sería necesario solventar esta cuestión a través de instrumentos como una mayor modulación con un carácter más progresivo o un límite superior a la cuantía de las ayudas, si se quiere convertir a la sociedad en un verdadero pilar de su filosofía.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) y la Unión Europea a través de los fondos FEDER, mediante el proyecto RTA 2006-0055-000. Los autores desean agradecer a los revisores sus oportunos comentarios que han permitido mejorar el trabajo.

(Aceptado para publicación el 6 de febrero de 2012)

Nota técnica

Recuperación in vitro de clones envejecidos y amenazados de ciruelo

A. Arbeloa[1], P. Andreu, P. Lorente, E. García y J.A. Marín

Estación Experimental de Aula Dei-CSIC. Av. Montañana 1005. 50059 Zaragoza, España

Resumen

El cultivo in vitro se ha confirmado hoy en día como una herramienta que permite la multiplicación, la conservación y el almacenamiento de germoplasma para las especies de propagación vegetativa o especies con semillas recalcitrantes. En este trabajo se ha puesto a punto una técnica de establecimiento de cultivos in vitro para ciruelos antiguos amenazados. Los árboles mostraban un notable envejecimiento y se encontraban en áreas marginales, careciendo de crecimiento vegetativo anual. Se forzaron en invernadero estacas de ramas para inducir la brotación de yemas epicórmicas que se utilizaron para el inicio de los cultivos. Se recolectaron 14 clones de ciruelo obteniéndose brotes epicórmicos en 11 de ellos que se instalaron con éxito in vitro. Los explantos desarrollaron nuevos brotes in vitro y una vez multiplicados se enraizaron in vitro y se aclimataron en invernadero. La utilización de las técnicas de cultivo in vitro ha permitido recuperar 11 clones amenazados de ciruelo que se han multiplicado con éxito y se conservan in vitro en condiciones asépticas para su multiplicación o intercambio.

Palabras clave: Cultivo in vitro, *Prunus domestica*, brotes epicórmicos.

Abstract
In vitro recovery of endangered and aged plum clones

Recently, in vitro culture has been found to be a useful tool for the multiplication, conservation and storage of endangered plants when seed based methods do not apply. In this work, a method for the in vitro culture initiation of endangered and aged plum clones has been developed. Plum trees growing in marginal areas did not show vegetative annual growths, though woody segments of branches were forced in the greenhouse under high relative humidity. Emerged epicormic sprouts were used as explants to initiate in vitro cultures. Eleven out of 14 collected clones were successfully established in vitro. Explants developed new shoots that multiplied, rooted and acclimatized readily. In vitro culture techniques have allowed the recovery of 11 endangered plum clones that have been successfully propagated for its use and conservation under aseptic conditions to facilitate exchange.

Key words: In vitro culture, *Prunus domestica*, epicormic shoots.

1. Autor para correspondencia: arbeloa@eead.csic.es

Gran parte de las variedades autóctonas de frutales se encuentran en peligro de desaparición no sólo debido a la rápida renovación de la estructura varietal de muchos frutales, basada en la implantación de variedades extranjeras mejoradas, sino por el abandono de huertos tradicionales de cultivo o por cambios de uso de la tierra, como ocurre en la zona del Pirineo Central (España). Se trata en general de variedades muy antiguas, bien adaptadas al medio y con un claro valor potencial en la actualidad, donde la utilización de variedades y patrones adaptados y resistentes a enfermedades o tolerantes a diferentes estreses es un objetivo prioritario. El ciruelo, entre estas especies, presenta actualmente un gran interés por sus características agronómicas, entre otras la rusticidad y la compatibilidad como patrón con otras especies y forma parte de programas de mejora de patrones adaptados y compatibles mediante su cruzamiento con otras especies (Felipe, 1989; Arbeloa *et al*., 2006). Las especies del género *Prunus* que engloban a los ciruelos, están ampliamente representadas en Europa y España tanto como especies silvestres o asilvestradas, como cultivadas, y sufren una continua desaparición, por lo que es necesaria la conservación de sus recursos genéticos (Dosba *et al*., 1994).

La conservación de frutales con interés genético, donde los métodos de conservación de semillas no son aplicables, se realiza mediante su conservación *ex situ* en colecciones en campo que requieren grandes espacios y mano de obra. El cultivo in vitro se ha confirmado hoy en día como una herramienta que permite la multiplicación, la conservación y el almacenamiento de especies de propagación vegetativa o con semillas recalcitrantes (Ashmore, 1997; Engelmann, 2011). A pesar de sus mayores costes (Pence, 2011) el cultivo in vitro permite, bien reducir las necesidades de espacio, bien el intercambio de material en adecuadas condiciones sanitarias (Engelmann, 2011). Los métodos de cultivo in vitro proporcionan herramientas muy útiles para la conservación de la biodiversidad en numerosas partes del mundo (Reed *et al*., 2011) y han sido asimismo utilizados en España para la conservación de especies amenazadas (Iriondo y Perez, 1996; González-Benito y Martín, 2011).

La iniciación del cultivo in vitro de una especie amenazada es una fase crítica en el proceso de conservación in vitro. El proceso implica la elección de los explantos, la recogida y su traslado, la desinfección y la introducción in vitro de los mismos, lo que en ocasiones puede ser un proceso muy complicado (Sarasan *et al*., 2006) o, incluso, puede llegar a ser una oportunidad única, según el estado de amenaza de la planta (Whithers, 2002). En el caso de árboles frutales abandonados la ausencia de un crecimiento activo anual impide tanto su multiplicación vegetativa como su multiplicación in vitro. La búsqueda de un explanto adecuado para el cultivo in vitro implica bien la búsqueda de material más juvenil dentro del árbol, como son los brotes epicórmicos basales, bien su rejuvenecimiento, sin poner en peligro la supervivencia del árbol (Vieitez *et al*., 1994; Sánchez *et al*., 1997), ya que la falta de cuidados y sus condiciones de cultivo impiden el crecimiento de brotes vigorosos. Este material más juvenil, que reacciona mejor al cultivo in vitro, se puede obtener directamente de los brotes epicórmicos presentes en el árbol o bien mediante la brotación de yemas epicórmicas, ya sea como consecuencia de la poda o del forzado de estacas de madera (Vieitez *et al*., 1994).

En este trabajo, estacas de ramas de ciruelo se obtuvieron de árboles envejecidos creciendo en ribazos o campos abandonados, sin crecimiento activo anual y se forzaron para inducir la brotación de yemas epicórmicas. El material consistió en clones de ciruelo (*Prunus domestica* L.) que se recogieron durante el mes de Febrero en tres localidades del Piri-

neo Central (España) en las que se había recogido información de la existencia de material de interés, su uso tradicional y su ubicación: 1) Sarvisé (Huesca), 2) Salvatierra de Esca (Zaragoza) y 3) Santa Cruz de la Serós (Huesca). En total se recogieron 14 clones diferentes: 7 clones de ciruelo en la localidad 1, 5 clones en la localidad 2, y 2 clones en la localidad 3. Se obtuvieron estacas de madera de unos 5 cm de diámetro y unos 40cm de longitud. La madera se transportó envuelta en plástico tras ser tratada con Beltanol (Quinosol 50%) al 0.1% y a baja temperatura para evitar su desecación. Una vez en el invernadero, se pusieron las ramas horizontalmente en bandejas sobre un lecho de perlita dentro de un túnel de plástico, y se mojaron con una solución de Captan (3 g l^{-1}), manteniendo una alta humedad relativa. Se humedecieron diariamente rociando con agua Captan (3 g l^{-1}). El invernadero se mantuvo a una temperatura mínima no inferior a 15ºC y se completó un fotoperiodo de día largo con lámparas de vapor de mercurio.

Durante el forzado se desarrollaron brotes a partir de las yemas y se comenzó el establecimiento in vitro de los cultivos con los nuevos brotes desarrollados a partir de 4 semanas después de su introducción en invernadero. Después de lavar los brotes en agua corriente, secciones con una yema se desinfectaron con una solución de lejía (10%) durante 20 min y posteriormente se aclararon tres veces con agua destilada estéril. El medio de cultivo empleado para el inicio de los cultivos fue Woody Plant Medium (Lloyd y McCown, 1980) suplementado con 0.5 µM IBA, 5 µM BA, 30 g l^{-1} sacarosa, y 7 g l^{-1} agar (Andreu y Marín, 2005). El pH se ajustó a 5.6 antes de la esterilización en autoclave. Los explantos se cultivaron a 22ºC con un fotoperiodo de 16 h con luz fluorescente ("cool-white") a 35 µmol m^{-2} s^{-1}. Los explantos se examinaron semanalmente y se calculó el porcentaje de establecimiento de cultivos a partir de los que exhibían hojas expandidas y un crecimiento apical. Los brotes desarrollados a partir de los explantos iniciales fueron posteriormente transferidos a frascos de cultivo de 100 ml (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) con 30 ml de medio de multiplicación MS (Murashige y Skoog, 1962). Los brotes se identificaron y fueron subcultivados en medio nuevo cada 4 semanas. Tras 4 meses de cultivo se seleccionó una única línea de cultivo por clon, que una vez multiplicada se enraizó en medio de enraizamiento MS modificado reduciendo las sales minerales a la mitad, sin BAP y suplementado con 5 µM de IBA. Los cultivos se mantuvieron en cámara de cultivo en las mismas condiciones descritas anteriormente y las plantas enraizadas se aclimataron en invernadero en maceta para su trasplante final a campo (Marín, 2003).

De los 14 clones prospectados y recolectados que se sometieron a forzado en invernadero (Figura 1A) se obtuvieron brotes epicórmicos en 11 de ellos (78.6 %). Tres clones no brotaron después del tratamiento de forzado o no dieron brotes suficientemente desarrollados como para ser introducidos in vitro (AS6, LS5 y CS1), sin embargo, todos los clones que brotaron se instalaron in vitro satisfactoriamente (Tabla 1).

Además de las yemas epicórmicas se desarrollaron algunas yemas laterales dando lugar a dos tipos de brotes según su origen (Figura 1B y 1C). Las yemas laterales brotaron en la mitad de tiempo que las yemas epicórmicas (a las 2 semanas en lugar de las 4 semanas). Los dos orígenes de brotes han sido observados igualmente en la introducción in vitro de *Quercus robur* L. (Vieitez *et al*., 1994; Toribio *et al*., 2004) constatándose que ambos tipos son susceptibles de crecer in vitro. Sin embargo, no siempre se ha obtenido éxito en el forzado de yemas epicórmicas ya que para su brotación influyen diversos factores como la época, la intensidad de luz, el tratamiento previo con reguladores de cre-

Tabla 1. Establecimiento in vitro de los clones de ciruelo, indicando el número de explantos que fueron sembrados in vitro para cada clon, así como el porcentaje de estos explantos que desarrollaron brotes y sobrevivieron in vitro
Table 1. In vitro establishment of plum clones showing the number of explants per clone and the percentage of explants that survive

Clon	Nº de explantos sembrados in vitro	% supervivencia
AS1	92	26.1
AS2	40	40.0
AS3	14	14.3
AS5	36	33.3
AS6	0	–
AS7	81	54.3
AS8	73	34.2
LS1	32	9.4
LS2	57	7.0
LS3	0	–
LS4	15	73.3
LS5	10	70.0
CS1	0	–
CS2	47	12.8

cimiento o el genotipo (Gordon *et al*., 2006; Mansouri y Preece, 2009). En nuestro caso los tres clones que no produjeron brotes epicórmicos estaban muy envejecidos y proporcionaron estacas de peor calidad, como el clon AS6 que era el árbol más grande y envejecido. La falta de respuesta de las yemas epicórmicas podía asociarse al estado vegetativo del árbol y no a las condiciones ambientales de la zona donde estaban ubicados, ya que en todas las zonas se encontró un clon que no respondió. La posibilidad de recolectar y forzar secciones de rama en diferentes épocas del año podría también facilitar el éxito en la brotación epicórmica de las mismas (Gordon *et al*., 2006) por lo que se debería repetir el proceso con los tres clones, recogiendo material en otras épocas de forzado distintas a la efectuada aquí.

Una vez que los brotes alcanzaron en el invernadero una longitud de unos 2-3 cm, lo que tuvo lugar un mes después del inicio del forzado (Figura 1D), se cortaron para iniciar los cultivos in vitro. El inicio se realizó progresivamente, según la disponibilidad de nuevos brotes, durante cuarenta días. Tras 2 meses de cultivo in vitro, los explantos desarrollaron nuevos brotes (Figura 1E), no observándose oscurecimiento del medio de cultivo por liberación y oxidación de fenoles que pueden disminuir el porcentaje de esta-

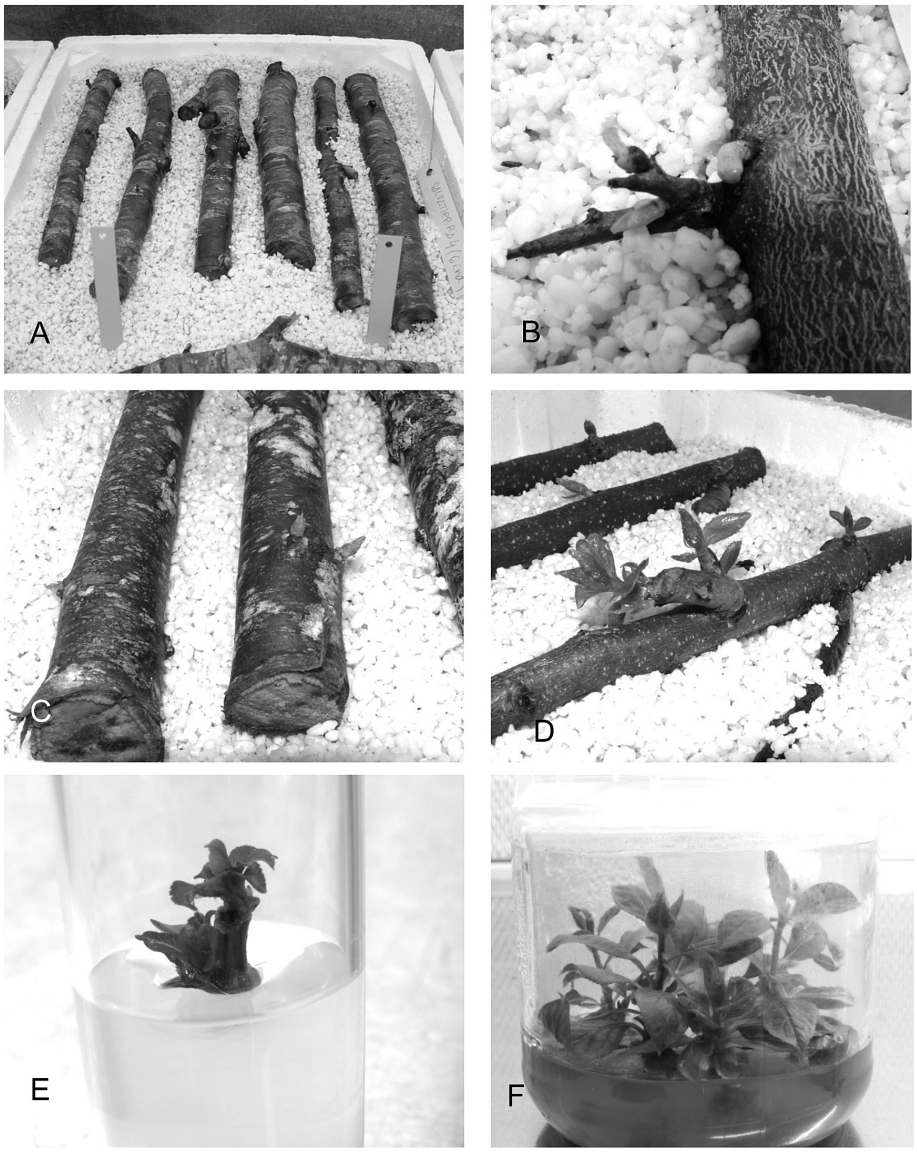


Figura 1. Establecimiento in vitro de ciruelo tras el forzado de estacas de ramas.
A. Forzado de estacas en invernadero en lecho de perlita y túnel de plástico. B. Brotación de yemas laterales 2 semanas después del forzado. C. Brotación de yemas epicórmicas 4 semanas después del forzado. D. Crecimiento de brotes en las estacas de rama en invernadero. E. Inicio del cultivo in vitro en tubo en medio WP. F. Multiplicación in vitro en medio MS.

Figure 1. In vitro establishment of plum sprouts after forcing branch segments.
A. Forced branches in the greenhouse on perlite bed covered by plastic tunnel. B. Lateral buds sprouting 2 weeks after forcing. C. Epicormic buds sprouting 4 weeks after forcing. D. Shoots growing in the greenhouse on branch segments. E. In vitro culture initiation in WP medium. F. In vitro multiplication in MS medium.

blecimiento (García *et al*., 2010). Los brotes desarrollados in vitro se subcultivaron en nuevo medio de multiplicación MS. El porcentaje de explantos que mostraron nuevos brotes (% de supervivencia in vitro) fue muy variable (Tabla 1), con valores que oscilaron entre el 7 y 73% de unos clones a otros y dependió tanto de la competencia de las yemas para desarrollar un nuevo brote, como a la menor o mayor presencia de contaminantes en el explanto inicial. A pesar de que algunos clones presentaron bajos porcentajes de supervivencia in vitro, en todos los casos se consiguieron brotes que se desarrollaron in vitro, lo que ha permitido conservar y multiplicar el material.

Una vez iniciados y establecidos in vitro los cultivos, los brotes se multiplicaron con normalidad en el medio MS (Figura 1F) en todos los casos y se enraizaron in vitro y se aclimataron posteriormente en invernadero con los protocolos desarrollados para otros frutales (Marín, 2003; Arbeloa *et al*., 2009; García *et al*., 2010, 2011). De esta manera, todos los clones introducidos in vitro han podido ser cultivados en maceta para su posterior trasplante a campo, lo que permitirá su posterior estudio morfológico, fenotípico y su caracterización molecular. Además, cada clon se conserva in vitro de manera que este germoplasma se puede considerar recuperado y puede ser conservado a largo plazo mediante técnicas de cultivo in vitro de crecimiento ralentizado o incluso mediante crioconservación (Engelmann, 2011).

La utilización de herramientas de cultivo in vitro ha permitido recuperar 11 clones amenazados de ciruelo que se han multiplicado con éxito para su posterior uso y que se conservan in vitro en condiciones asépticas para su conservación o intercambio.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado en parte por los proyectos RF2008-00029-C02-01, RTA2010-00053-C03-03 y por la ayuda recibida del Gobierno de Aragón como Grupo de Excelencia A-43.

Referencias bibliográficas

Andreu P, Marín JA. 2005. In vitro culture establishment and multiplication of the *Prunus* rootstock 'Adesoto 101' (*P. insititia* L.) as affected by the type of propagation of the donor plant and by the culture medium composition. Sci Hortic 106: 258-267.

Arbeloa A, Daorden ME, Garcia E, Wunsch A, Hormaza JI, Marin JA. 2006. Significant effect of accidental pollinations on the progeny of low setting *Prunus* interspecific crosses. Euphytica 147: 389-394.

Arbeloa A, Daorden ME, García E, Andreu P, Marín JA. 2009. In Vitro Culture of Myrobalan (*Prunus cerasifera* Ehrh.) Embryos. HortScience 44: 1672-1674.

Ashmore SE. 1997. Status report on the development and application of in vitro techniques for the conservation and use of plant genetic resources. International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy. 67 pp.

Dosba F, Bernhard R, Zanetto A. 1994. Importance des ressources génétiques des *Prunus*. C. R. Acad. Agric. Fr. 80: 45-57.

Engelmann F. 2011. Use of biotechnologies for the conservation of plant biodiversity. In Vitro Cell Dev Biol-Plant 47: 5-16.

Felipe AJ. 1989. Patrones para frutales de pepita y hueso. Ediciones Técnicas Europeas, Barcelona: 83-107.

García E, Lorente P, Marín JA, Arbeloa A, Andreu P. 2010. Micropropagación e injerto in vitro de pistacho. ITEA 106: 294-302.

García E, Lorente P, Marín JA, Andreu P, Arbeloa A. 2011. Factores que afectan a la necrosis apical de brotes de *Pistacia vera* L. cultivados in vitro. ITEA 107: 315-323.

González-Benito ME, Martín C. 2011. In Vitro Preservation of Spanish Biodiversity. In Vitro Cell Dev Biol-Plant 47: 46-54.

Gordon D, Rosati A, Damiano C, Dejong TM. 2006. Seasonal effects of light exposure, temperature, trunk growth and plant carbohydrate status on the initiation and growth of epicormic shoots in *Prunus persica.* J Hortic Sci & Biotech 81: 421-428.

Iriondo JM, Perez C. 1996. Micropropagation and in vitro storage of *Centaurium rigualii* Esteve (Gentianaceae) Isr J Plant Sci 44: 115-123.

Lloyd G, McCown B. 1980. Use of microculture for production and improvement of *Rhododendron* spp. HortScience 15: 416.

Marín JA. 2003. High survival rates during acclimatization of micropropagated fruit tree rootstocks by increasing exposures to low relative humidity. Acta Hort 616: 13-142.

Mansouri K, Preece JE. 2009. The influence of plant growth regulators on explant performance, bud break, and shoot growth from large stem segments of *Acer saccharinum* L. Plant Cell Tiss Organ Cult 99: 313-318.

Murashige T, Skoog F. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. Physiol Plant 15: 473-497.

Pence VC. 2011. Evaluating costs for the in vitro propagation and preservation of endangered plants. In Vitro Cell Dev Biol-Plant 47: 176-187.

Reed BM, Sarasan V, Kane M, Bunn E, Pence VC. 2011. Biodiversity conservation and conservation biotechnology tools. In Vitro Cell Dev Biol-Plant 47: 1-4.

Sánchez C, San-José MC, Ferro E, Ballester A, Vieitez AM. 1997. Improving micropropagation conditions for adult-phase shoots of chestnut. J Hortic Sci 72: 433-443.

Sarasan V, Cripps R, Ramsay MM, Atherton C, McMichen M, Prendergast G, Rowntree JK. 2006 Conservation In Vitro Of Threatened Plants – Progress In The Past Decade. In Vitro Cell Dev Biol-Plant 42: 206-214.

Toribio M, Fernández C, Celestino C, Martínez MT, San-José MC, Vieitez AM. 2004. Somatic embryogenesis in mature *Quercus robur* trees. Plant Cell Tiss Organ Cult 76: 283-287.

Vieitez AM, Sánchez C, Amo-Marco JB, Ballester A. 1994. Forced flushing of branch segments as a method for obtaining reactive explants of mature *Quercus robur* trees for micropropagation. Plant Cell Tiss Organ Cult 37: 287-295.

Whithers LA. 2002. *In vitro* collecting-concept and background. In : In vitro collecting techniques for germplasm conservation. Valerie C, Pence JA, Sandoval VM, Villalobos A, and F Engelmann, editors. IPGRI Technical Bulletin Nº 7: 16-25.

(Aceptado para publicación el 12 de febrero de 2012)

Evolución del manejo reproductivo en cunicultura

M.D. Vega, M. Barrio, L.A. Quintela[1], J.J. Becerra, J. Cainzos, A. Prieto, A. Rodríguez-Zamora y P.G. Herradón

Reproducción y Obstetricia. Departamento de Patología Animal. Facultad de Veterinaria de Lugo. 27002 Lugo

Resumen

El uso de la inseminación artificial (IA), a gran escala, en cunicultura data de finales de los 80, hace poco más de 20 años. A pesar de que en ciertas cuestiones se pudieron aprovechar los conocimientos adquiridos en otras especies en las que la IA se utilizaba desde mucho antes, en otros casos fue necesario llevar a cabo diversos estudios para solucionar problemas exclusivos de los conejos. Este artículo pretende realizar una revisión de la evolución y situación actual de la IA en cunicultura en cada uno de los diferentes pasos de esta técnica: recogida, evaluación, dilución y conservación del semen, inducción del celo, inseminación e inducción de la ovulación. La conclusión que se puede extraer de esta revisión es que en muy pocos años el avance científico en esta técnica en cunicultura ha sido enorme. Es posible, hoy en día, obtener altas fertilidades y prolificidades en ciclos de 42 días, utilizando semen refrigerado con tiempos de conservación de 48 h, lo que ha permitido el desarrollo de centros de inseminación dedicados a la producción de dosis seminales que se sirven a largas distancias.

Palabras clave: Conejos, inseminación artificial, semen, estro, ovulación.

Abstract
Reproductive management in rabbits

Artificial Insemination (AI) in rabbits, colony management, dates from the late 80's, just over 20 years. Although in certain matters it could use the knowledge acquired in other species where artificial insemination was used long before, in other cases it was necessary to carry out various studies to solve problems unique to rabbits. This review outlines the evolution and current status of AI in the rabbits in each of different steps of this technique: collection, evaluation, dilution and storage of semen, induction of estrus, insemination and induction of ovulation. The conclusion to be drawn from this review is that in a few years scientific advances in rabbit was enormous, being able now to obtain high fertility and prolificacy in cycles of 42 days, using semen refrigerated storage times 48 hours, allowing the development of male insemination centers dedicated to the production of semen doses that serve them long distances.

Key words: Rabbits, artificial insemination, semen, estrus, ovulation.

1. Autor al que debe enviarse la correspondencia a la dirección: Reproducción y Obstetricia. Departamento de Patología Animal. Facultad de Veterinaria. Campus Universitario. 27002 Lugo. E-mail: luisangel.quintela@usc.es

Introducción

El primero en utilizar la inseminación artificial (IA) en cunicultura fue Bonadonna (1937) quien además, puso a punto la primera vagina artificial para esta especie. En Francia, la IA se utilizó en los años 70 en las granjas de selección, pero se abandonó su uso por los bajos resultados obtenidos. Ya en los 80 se empezó a emplear a nivel de campo en Alemania y Hungría, y Facchin *et al*. (1987) propusieron su uso acoplado al manejo en bandas, despertando un gran interés.

Este sistema de trabajo trae consigo innumerables ventajas desde el punto de vista sanitario, de manejo, económico, así como en el campo de la selección y mejora genética. Por ello, se considera que es el más eficaz de los empleados hasta el momento.

El trabajo especializado que ocasionó este tipo de manejo provocó que los cunicultores comenzasen a considerar que era mejor, y más práctico, que los machos no estuviesen en las granjas (ya que ocupaban espacio), y que sería de gran utilidad la IA en esta especie. De este modo se crearon los centros de inseminación. Estas granjas de machos se encargan de elaborar las dosis seminales (procedentes de conejos de alto valor genético), que posteriormente se envían a las diferentes explotaciones en el día de la inseminación. Esto supone un notable avance sobre el sistema anterior, en el que cada granja poseía sus propios donantes de semen, y elaboraba sus dosis seminales.

En los últimos 20 años esta técnica ha experimentado un desarrollo muy importante, encontrándose numerosos estudios encaminados hacia su optimización. Por lo tanto, a continuación describiremos la situación actual de la IA en conejos, realizando una revisión de los trabajos más relevantes llevados a cabo en los últimos años, en cada uno de los apartados.

Estado actual de la técnica

Recogida del semen

Para la obtención del semen en esta especie, se utiliza una vagina artificial, similar a la utilizada en otras especies (vacuno, ovino, etc.), aunque de tamaño adaptado al conejo. Hasta mediados de los años 60 la vagina empleada era del tipo "Walton" (Macirone y Walton, 1938). Sin embargo, a partir de ese momento la vagina artificial propuesta por Bredderman *et al*. (1964) gana rápidamente adeptos debido a su facilidad de uso, mínima pérdida de semen y bajo coste, siendo la que aún se emplea hoy en día.

La vagina artificial se rellena de agua a una temperatura de 45ºC, se coloca entre las extremidades posteriores de otro macho (también se puede emplear una hembra ó maniquí) y se acerca al donante. Éste realiza la monta e introduce el pene en la vagina artificial eyaculando en su interior. El semen se recoge en un tubo colector situado al final de la vagina, y una vez retirada la fracción de gel, si la hay, éste puede ser evaluado.

Evaluación del semen

La IA en cunicultura se realiza con mezclas heterospérmicas, pero su potencial capacidad de fecundar dependerá, en todo caso, de las características individuales de cada eyaculado (Brun *et al*., 2002).

El proceso de evaluación del semen es esencial ya que no todos los eyaculados poseen calidad suficiente como para fecundar a una hembra. Aquellos que no cumplan unos requisitos mínimos deben ser rechazados.

La evaluación del semen de conejo se realiza de la misma forma que en otras especies, mediante un análisis macroscópico (volumen, color, olor, etc), y microscópico (motilidad, concentración, porcentaje de espermatozoi-

des vivos, porcentaje de espermatozoides anormales, etc.) (Kuzminsky *et al*., 1996; Brun *et al*., 2002; Nizza *et al*., 2003), incluso se emplean métodos automatizados (CASA, citometría de flujo, etc.), aunque solo en centros de investigación (Quintero-Moreno *et al*., 2007; Becerra *et al*., 2008).

Las características de un eyaculado de conejo varían considerablemente en función de diferentes factores entre los que se encuentran, entre otros, la época del año y la raza o línea genética, teniendo esto en cuenta, podemos decir que el Ph oscila entre 6 y 7,3; el volumen entre 0,25 y 1,5 ml; la concentración entre 50 y 500 x 10^6 espermatozoides /ml; la motilidad debe ser superior al 80% y la viabilidad al 70%, mientras que el porcentaje de formas anormales no debería superar el 15% (Arencibia, 2009).

Dilución y conservación del semen

El objetivo de la dilución del semen es el incremento de volumen con el fin de aumentar el número de dosis obtenidas de cada macho, y además es el medio que permitirá mantener una mayor proporción de espermatozoides vivos hasta el momento de la inseminación.

En esta especie se emplean normalmente dosis de semen de 0,5 ml (entre 15 y 25 millones de espermatozoides por dosis) refrigerado a una temperatura de 4 a 18ºC, con lo que se puede mantener, utilizando los diluyentes disponibles en la actualidad, entre 24 y 72 horas. Este sistema es útil cuando empleamos mezclas heterospérmicas procedentes de varios machos, y cuando la inseminación se realiza en distancias relativamente cortas. Sin embargo, si se desea utilizar semen de un solo macho (con fines de mejora genética), o enviar el semen a larga distancia, sería necesario emplear un método de conservación en refrigeración más prolongado o bien congelar el semen como se realiza de forma rutinaria en otras especies.

Semen refrigerado

La mejor opción en este momento para poder conservar el semen el tiempo suficiente para enviarlo desde los centros de machos hasta las granjas en donde se encuentran las hembras es la refrigeración

Consultando las actas de los congresos mundiales de cunicultura vemos que, a medida que se fue avanzando en el conocimiento sobre este método, se fue alargando la viabilidad del semen en el tiempo. Los diluyentes empleados inicialmente, eran en general, simples y similares a los utilizados en otras especies. Así, en el 2º congreso mundial de cunicultura, el método de elección descrito por Sinkovics *et al*. (1980), para la inseminación en grandes explotaciones de conejos, consistía en diluir el semen en solución salina lo que permitía una autonomía máxima de cuatro horas, obteniendo resultados alentadores. Este margen de tiempo era muy pequeño para poder tener los machos en granjas diferentes a las de las hembras, por lo que era necesario aumentar el tiempo de conservación.

Unos años más tarde, Facchin *et al*. (1988) presentan los resultados de un número elevado de inseminaciones llevadas a cabo en diferentes granjas y con resultados bastante buenos para ese momento. En estos trabajos emplearon semen diluido en una solución cuya base era el Tris, yema de huevo y antibióticos, refrigerado a 5ºC, lo que permitía un uso dentro de las 24-36 horas posteriores.

A partir de ese momento se emplearon distintos diluyentes (la mayoría con tris-citrato y yema de huevo, como base, y diferentes temperaturas de refrigeración (entre los 5º y los 25ºC) (Battaglini *et al*., 1988; Freychat *et al*., 1989; Theau-Clement y Roustan, 1991; Facchin, 1992; Mercier y Rideaud, 1992; Alvariño, 1993).

La conclusión que se puede extraer de todas estas experiencias es que la mejor temperatura para la conservación de semen de conejo

refrigerado, para periodos cortos, parece ser la de 18ºC (López *et al*., 1996). Esto fue comprobado por Alvariño *et al*. (1996), quienes desarrollaron un diluyente con glucosa, fructosa, EDTA y citrato sódico, que les permitió obtener excelentes resultados, tanto a las 3, como a las 24 horas, y además eran muy similares a los obtenidos con semen fresco. Un año más tarde, López y Alvariño (1998) consiguen realizar inseminaciones a las 48 horas postrecogida, sin observar una reducción significativa de la fertilidad.

En los últimos años, las líneas de investigación se han centrado en intentar aumentar el tiempo de conservación y facilitar el manejo de esta práctica en las granjas. Para ello, se ha propuesto la adición de gelatina (Nagy *et al*., 2002; López-Gatius *et al*., 2005). La gelatina presenta la característica de que solidifica a 15ºC. Este hecho permite preparar las dosis seminales (a temperatura superior) e introducirlas en pipetas de inseminación, siendo posteriormente refrigeradas a 15ºC. Las dosis seminales se entregan de este modo solidificadas. Con este proceso se han obtenido resultados, a 72 horas, similares a los obtenidos a 24 con un diluyente estándar para refrigeración (López-Gatius *et al*., 2005).

Este es el punto en el que se encuentra esta técnica en la actualidad: se pueden obtener buenos resultados con semen refrigerado en torno a los 18ºC, durante 48-72 horas después de su preparación, pero a partir de ese tiempo la fertilidad disminuye. Sin embargo, ese tiempo es un margen suficiente para el funcionamiento actual de la IA en cunicultura.

Semen congelado

Del mismo modo que en otras especies se ha intentado, y en muchas conseguido, congelar el semen para su conservación durante largos periodos de tiempo, en los conejos también se ha intentado. La primera referencia sobre el tema data de 1942, cuando Hoagland y Pincus (1942) realizan los primeros intentos fallidos de congelar semen de conejo.

Un momento decisivo en el proceso de congelación del semen en las distintas especies domésticas fue el descubrimiento del efecto crioprotector del glicerol (Polge *et al*., 1949). Lamentablemente, al contrario que la mayoría de las especies domésticas, el semen de conejo es demasiado sensible al efecto tóxico del glicerol, por lo que, la concentración máxima de esta sustancia no puede exceder del 5%. Parece ser que esto es debido a que los espermatozoides de conejo presentan un bajo coeficiente de permeabilidad al agua y una alta energía de activación (Curry *et al*., 1995).

Debido a esto, las investigaciones se han centrado en el empleo de otros crioprotectores, solos o combinados con el glicerol, con objeto de reducir la concentración de éste en el diluyente (Mocé y Vicente, 2009); la mayoría de los estudios se han realizado con DMSO.

En los primeros estudios, en los años 80, se empezaron a utilizar las amidas (acetamida, lactamida) como crioprotectores (Hanada y Nagase, 1980). En los últimos años se ha intentado comparar el efecto de distintos crioprotectores para evaluar su eficacia. Así, Kashiwazaki *et al*., 2006 concluían que los mejores resultados se obtenían con las amidas, a continuación el DMSO, y los peores con los crioprotectores basados en el glicerol.

Otro punto importante en el estudio del semen congelado es determinar los métodos óptimos de congelación y descongelación. En la actualidad la rampa de congelación más empleada se basa en una refrigeración lenta hasta 5ºC y luego congelación en vapores. Para la descongelación se aconseja hacerlo en baño termostático a 37ºC o más.

Por último, un hito fundamental para que este método sea aplicable, es que la fertilidad y prolificidad no se vean afectadas por la conservación. Desgraciadamente, en la actua-

lidad, los resultados de fertilidad y prolificidad obtenidos con diferentes diluyentes y sistemas de congelación, son muy variables, tal y como se puede apreciar en la tabla 1. Parece evidente concluir que aún no se ha encontrado el protocolo adecuado que permita la congelación y descongelación del semen en esta especie con una calidad aceptable y repetible, para que su uso pueda ser extendido a granjas comerciales.

Tabla 1. Resultados de fertilidad y prolificidad en IA con semen congelado-descongelado de conejo
Table 1. Fertility and prolificacy using artificial insemination with frozen-thawed semen of rabbit

Autores	Crioprotectores	Fertilidad	Nacidos totales
Arriola y Foote (2001)	Acetamida (0,83 M)	63%	5
Samouilidis *et al*. (2001)	Glycerol (2,7-2,9%)	50-60%	6,8-7,0
Mocé y Vicente (2002)	DMSO 12,4%, sucrosa 0,05 M	61%	5,2
Mocé *et al*. (2003)	DMSO 12,4%, sucrosa 0,05 M	32-77%	4,4-7,4
Olivares *et al*. (2005)	DMSO 12,4%, sucrosa 0,05 M	48%	6,3
	DMSO 12,4%, sucrosa 0,05 M, gelatina 1%	44%	5,7
	DMSO 1 M, sucrosa 0,05 M, acetamida 1,25 M	17%	4,5
Blash *et al*. (2005)	Glicerol 7%	33-50%	7-9
Liu *et al*. (2007)	Acetamida 1M	80%	2,75
Cortell y Viudes de Castro (2008)	DMSO 12,4%, sucrosa 0,05 M, gelatina 0%	81-86%	8,2-8,5
	DMSO 12,4%, sucrosa 0,05 M, gelatina 1%	85-86%	7,9

Inducción del celo en la hembra

La coneja es una hembra de ovulación inducida por el coito, por ello sólo tiene fases luteínicas cuando se produce la monta, mientras que el resto del tiempo se encuentra en fase folicular (Boussit, 1989). Históricamente se han postulado dos teorías diferentes: las que proponen que las conejas se encuentran en celo permanente (Hammond y Marshall, 1925), y las que defienden que la coneja alterna estados de mayor y menor receptividad sexual (Hill y White, 1933). Esta última es sin embargo la aceptada hoy en día (Moret, 1980; Hulot *et al*., 1988; Nordio-Baldissera, 1980).

La alternancia de comportamiento, con mayor y menor receptividad sexual, parece deberse a que en el ovario de la coneja se suceden oleadas de crecimiento folicular, que tienen una duración de unos 10-12 días, con una superposición de 4-6 días entre un ciclo y el siguiente (Alvariño, 1993; Arias-Álvarez *et al*., 2007). Cuando en el ovario existe un número elevado de folículos preovulatorios se producen grandes cantidades de 17β-estradiol, y la coneja está muy receptiva; pero cuando la oleada está iniciándose existe una menor cantidad de 17β-estradiol, por lo que la coneja muestra una escasa receptividad sexual (Boussit, 1989). A todo esto debe su-

marse el antagonismo existente entre la prolactina y las gonadotropinas, ya que la IA se lleva a cabo en torno al pico de lactación de la coneja (días 7 a 11 postparto) (Rebollar *et al*., 1992a; Theau-Clement y Roustan, 1992).

Por lo tanto, a pesar de que se puede decir que las conejas están siempre en celo, su receptividad y el número de folículos disponibles no es siempre constante y existen variaciones individuales importantes que no han permitido determinar la concentración de estradiol a partir de la cual se pueda considerar receptiva a una coneja (Ubilla y Rebollar, 1995). Como consecuencia de esto, y para mejorar los resultados de la IA, es conveniente sincronizar a todas las conejas para que en el momento de máxima receptividad coincida con el día de la IA, lo que permitirá obtener los mejores resultados de fertilidad y prolificidad (Maertens *et al*., 1995).

El método más sencillo para conseguir esto era, inicialmente, el empleo de hormonas estimulantes del crecimiento folicular. Dentro de este grupo de hormonas se encontraban la eCG (equine Chorionic Gonadotrophin) y la FSH. Esta última presenta un inconveniente que la hace inutilizable a nivel práctico, y es que su vida media es muy corta, por lo que se deberían realizar varias administraciones para conseguir el efecto deseado. Tampoco podemos olvidar que su precio es muy superior al de la eCG.

Los distintos estudios encaminados a evidenciar el efecto de la eCG como método de sincronización en las conejas, permitieron comprobar que la eCG, en dosis entre 20 y 40 UI, administrada entre las 48 y 72h antes de la IA, permitía un buen grado de sincronización, y que se podía repetir la administración de esta hormona varios ciclos consecutivos sin tener efectos indeseados (Colin, 1992; Maertens *et al*., 1995; Bonanno *et al*., 1996), aunque algunos autores han observado una cierta reducción de la eficacia cuando se utiliza de forma repetida (Maertens, 1998; Rebollar *et al*., 2006).

El protocolo más empleado en la actualidad, consiste en la administración, 48 horas antes de la inseminación, de 25 UI de eCG (Rebollar y Alvariño, 2002; Milanes *et al*., 2004; Rebollar *et al*., 2006).

En los últimos años y con el objetivo de mantener la "imagen natural" de la carne de conejo, se ha producido una importante discusión sobre la sustitución de estas sustancias hormonales por diferentes métodos de bioestimulación para incrementar la receptividad sexual de las conejas en el momento de la inseminación y, como consecuencia, su fertilidad y productividad.

Los métodos propuestos son numerosos, en algunos casos aún no está demostrada totalmente su efectividad, sin embargo realizaremos un breve repaso de todos ellos.

Separación de la camada

Este método se basa en el antagonismo existente entre lactación y reproducción (Rebollar *et al*., 1992b; Theau-Clement y Roustan, 1992; Fortum y Bolet, 1995). Numerosas experiencias, llevadas a cabo a lo largo de las últimas décadas, demostraron un efecto positivo (+20 a +40%) de la separación de la camada (antes de la IA) sobre la receptividad Pavois *et al*., 1994; Maertens, 1998; Bonanno *et al*., 1999a y b; Szendrö *et al*., 1999; Bonanno *et al*., 2000) y la fertilidad de las conejas (+10 a +20%) (Pavois *et al*., 1994; Maertens, 1998; Alvariño *et al*., 1998; Bonanno *et al*., 1999a y b; Theau-Clement y Poujardieu, 1999; Virág, 1999; Szendrö *et al*., 1999; Bonanno *et al*., 2000). Incluso se ha citado un incremento en el tamaño de la camada (Maertens, 1998). Sin embargo, se ha comprobado que se produce un descenso en el peso total de la camada (-20 a -70g), así como en el crecimiento individual de cada gazapo, aunque no se ve afectada la supervivencia de los

gazapos (Maertens, 1998; Alvariño *et al*., 1998; Bonanno *et al*., 1999a y b; Theau-Clement y Poujardieu, 1999; Szendrö *et al*., 1999; Bonanno *et al*., 2000).

La inseminación se lleva a cabo cuando la coneja se encuentra en plena lactación, con lo que el estímulo de succión de los gazapos induce la liberación de prolactina, lo que inhibe, o reduce, la síntesis y liberación de GnRH (Gonadotropin releasing Hormone), LH y FSH. Esto provoca que el crecimiento folicular se reduzca y ralentice. Cano *et al*. (2005), demostraron en parte esta hipótesis, ya que observaron que tras la separación de la camada durante 48 horas los niveles de FSH y LH eran superiores a los del grupo de conejas que se mantuvo con los gazapos todo el tiempo. Sin embargo, prácticamente no encontraron diferencias en los niveles de prolactina. No obstante, en otros estudios se pudo demostrar que se producía un descenso en los niveles de prolactina 24 horas después de la separación de la camada, aunque no a las 48 horas (momento de la inseminación), coincidiendo con este descenso también se observaba un incremento en los niveles de FSH y, a las 48 horas, un incremento de los niveles de estradiol (Ubilla *et al*., 2000; Rebollar *et al*., 2006).

En definitiva, la separación de la camada produciría, inicialmente, un descenso de los niveles de prolactina que desbloquea la liberación de FSH, lo que estimularía el desarrollo folicular, produciendo una elevada cantidad de folículos preovulatorios que liberarían grandes cantidades de estrógenos, lo que aumentaría la receptividad de la coneja.

Este método puede combinarse con dos tipos de amamantamiento durante el resto de la lactación: el libre (el nido está abierto continuamente y los gazapos pueden acceder a su madre cuando quieren), o el controlado (el nido permanece cerrado y solo se abre una vez al día durante unos minutos) (Theau-Clement, 2000; Bonanno *et al*., 2000). Debido al comportamiento maternal de la coneja que, independientemente de que tenga o no acceso continuo a las crías, sólo suele amamantar una vez al día durante 3-5 minutos, y siempre a la misma hora (González-Mariscal, 2001), los resultados varian poco entre utilizar un sistema u otro (Bonanno *et al*., 2000).

Programas alimentarios

Durante la lactación, la ingestión de alimento de la coneja aumenta rápidamente. Sin embargo, este incremento no es suficiente para cubrir los requerimientos energéticos necesarios para el mantenimiento y la producción de leche. Esto provoca un balance energético negativo que conduce a una importante movilización de las reservas de grasa corporal (Parigi-Bini *et al*., 1990; Fortun-Lamothe, 2006). Esta situación es más grave, si cabe, en las conejas primíparas. Estas hembras deben obtener energía suficiente tras el parto para cubrir sus necesidades de mantenimiento, producción de leche y de crecimiento, con lo que el balance energético en estos animales es muy negativo en el postparto (Parigi-Bini y Xicato, 1993).

Otro factor que complica la situación, es que a lo largo de los años, en un intento de maximizar la productividad de esta especie, se ha ido reduciendo el período entre inseminaciones/cubriciones, teniendo lugar éstas, actualmente en España, en el día 11 del postparto en la mayoría de las granjas (Rebollar *et al*., 2009). Esto provoca que las cubriciones/inseminaciones coincidan con el inicio de la lactación, en pleno periodo de balance energético negativo.

El efecto perjudicial del balance energético negativo sobre la reproducción se ha estudiado ampliamente en otras especies, pudiendo concluir que los animales que ganan peso en el postparto (balance energético positivo) tienen mayor facilidad para quedar gestantes que los que lo pierden (balance

energético negativo) (Theriez, 1984; Santos *et al*., 2009). En la coneja se han observado efectos similares. Fortun-Lamothe (2006) en su trabajo sobre la interacción entre balance energético y reproducción en la coneja, indica que el déficit energético en el postparto tiene efectos adversos sobre la producción de ovocitos, las tasas de gestación y la mortalidad embrionaria. En el mismo sentido, Brecchia *et al*. (2006) comprobaron que en los animales en que se indujo un balance energético negativo previo a la inseminación, mediante la privación de alimento durante 48 horas, se observaban picos de LH significativamente menores tras la administración de un análogo de GnRH. Además, la privación de alimento durante sólo 24 horas reducía significativamente la receptividad y fertilidad de las conejas.

En base a esto, se han planteado programas alimentarios con el fin de reducir el balance energético en el postparto, y de esta forma mejorar la eficiencia reproductiva. Una de las posibilidades exploradas ha sido el empleo de un precursor energético, como es el propilenglicol (administrado en el agua al 2%), en los días previos a la inseminación, con el que se mejoran las tasas de gestación (Luzi *et al*., 2001; González, 2005). Sin embargo, quizás el método más utilizado hoy en día es el flushing alimentario (Theau-Clement, 2000; Fortun-Lamothe, 2006; Theau-Clement, 2008). Este sistema consiste en un incremento del aporte energético (a través de la alimentación) en los días previos a la inseminación. Basándose en esto y teniendo en cuenta el sistema de alimentación utilizado habitualmente en las explotaciones (racionamiento diario de 140-150 g/día de pienso, en hembras de reposición a partir de las 12 semanas, y en conejas no lactantes), el flushing consistiría en eliminar la restricción y dar pienso a voluntad la semana anterior a la inseminación. En el caso de las conejas lactantes no es recomendable el racionamiento, con lo que se puede utilizar el propilenglicol (González, 2005). Estos programas alimentarios permiten alcanzar resultados de fertilidad similares a los obtenidos mediante la administración de 20 UI de eCG (González, 2005).

En los últimos años se han llevado a cabo diferentes estudios en conejas de recría incrementando el contenido de fibra en su dieta con el fin de incrementar la capacidad de ingestión a largo plazo reduciendo la movilización de grasas e intentando mejorar la fertilidad después del primer parto. Arias-Álvarez *et al*. (2009) y Rebollar *et al*. (2011), han observado que con este tipo de dietas se incrementa la capacidad de ingestión durante la recría y la primera gestación con una tendencia a una mejor fertilidad a 11 días postparto. Sin embargo, la capacidad de ingestión no aumenta en lactación, reduciéndose las concentraciones de leptina en el momento de la primera IA (16 semanas de vida) y la supervivencia embrionaria in vitro.

Programas de iluminación

El empleo de programas lumínicos para mejorar la receptividad y la fertilidad de las conejas se basa en la existencia de una estacionalidad reproductiva de esta especie cuando se encuentra en estado salvaje (Hafez, 1993). En nuestras latitudes, el mayor porcentaje de gestaciones tienen lugar entre los meses de febrero y principios de agosto, con un pico en mayo (Hammond y Marshall, 1925; Boyd, 1986). Es evidente que los mejores resultados reproductivos se obtienen cuando la duración de las horas diurnas aumentan (Theau-Clement *et al*., 1998). Esta estacionalidad (cuando no se utilizan programas lumínicos) se observa también en los conejos de granja, como quedó demostrado en un trabajo de Vega *et al*., (1999), realizado en el noroeste de España, en el que la mejor eficiencia reproductiva se obtenía en el verano y la peor en el otoño.

Con esta base fisiológica, a lo largo de los años se han realizado números experimentos, en granjas de conejos, en busca de la mejor relación entre horas de luz y oscuridad, con el fin de alcanzar unos resultados reproductivos óptimos. De estos estudios podemos extraer que, excepto en el llevado a cabo por Schüddemage (2000), aplicar periodos de luz artificial superiores a 14 horas diarias, incrementa la productividad de las conejas (Uzcategui y Johnston, 1992; Theau-Clement y Mercier, 2004).

También se ha estudiado el posible efecto beneficioso de un incremento de las horas de luz en los días previos a la inseminación (Theau-Clement *et al*., 1990; Mirabito *et al*., 1994). Sin embargo, estos trabajos demostraron que el peso de los gazapos al destete era más bajo en el grupo en el que se había incrementado las horas de luz (de 8 a 16) los días anteriores a la inseminación (Mirabito *et al*., 1994). Esto podría indicar que el cambio en las horas de luz podía tener un efecto adverso en la ingesta de los gazapos.

Recientemente fueron publicados los resultados de dos estudios realizados por Gerencsér *et al*., (2008a, b), en los que se comparaban dos programas lumínicos: a) 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad continuo y b) 8 horas de luz y 16 de oscuridad, modificado a 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad 8 días antes de la inseminación. Estos autores demostraron que se producía una modificación en los hábitos alimentarios al modificar las horas de luz (en cuanto a número y duración de los periodos de amamantamiento), pero, a pesar de ello, las diferencias en el peso y mortalidad de los gazapos eran poco relevantes.

A modo de resumen podemos decir que, el empleo de un fotoperiodo constante de 8 horas de luz y 16 de oscuridad hasta 7-8 días antes de la inseminación, con un incremento a 16 horas de luz los días previos a la inseminación, provoca una notable mejora de la productividad de las conejas (en ausencia de la administración de eCG).

Manipulación de los animales

Estudios llevados a cabo por Lefevre y Moret en 1978 postulaban que un cambio brusco de ambiente facilitaba la aparición del celo en las conejas nulíparas. Estos autores explicaron este hecho como consecuencia de una descarga hormonal provocada por el estrés que le ocasionaba la brusca modificación del ambiente. Un fenómeno similar ya había sido descrito previamente en otras especies (du Mesnil du Buisson y Signoret, 1962).

Sin embargo, poco después, Veritá y Finzi (1980), comprobaron que cambiar de jaula a las conejas suponía un estrés importante para las mismas, que alteraba el comportamiento alimentario, reduciéndose la ingesta durante los tres días siguientes, y que se reducía el movimiento de las hembras durante más de una semana.

Empleando como base estos estudios, numerosos investigadores intentaron emplear esta pauta de manejo para mejorar la productividad de las conejas. Uno de los primeros fue Rebollar *et al*., (1995), quienes demostraron que mediante el cambio de jaula de las conejas, 48 horas antes de la inseminación, era posible mejorar la fertilidad. Posteriormente varios experimentos (Luzi y Crimella, 1998; Castellini *et al*., 1998; De Lara y Fallas, 1998; Bonanno *et al*., 1999a y b; De Lara, 2001; Gómez-Ramos *et al*., 2005) confirmaron la hipótesis, aunque con ciertas matizaciones. Así, se apreciaba que el efecto era muy superior en las conejas nulíparas, mientras que era prácticamente nulo en las hembras primíparas. Este efecto era más evidente sobre la receptividad de las conejas tratadas, pero no lo era tanto cuando considerábamos la fertilidad. Además, en ciertas ocasiones sólo se manifestaba como un in-

cremento en el tamaño de la camada y su intensidad presentaba grandes variaciones entre animales y razas. En muchos casos esta técnica se combina con la separación de la camada, siendo, en la mayoría de los casos, más efectiva que el cambio de jaula.

Estos tratamientos consisten en cambiar las conejas de jaula desde 48h hasta poco antes de la inseminación, o bien juntar en una jaula a varias conejas antes de inseminarlas (Theau-Clement, 2000 y 2008).

Teniendo en cuenta las dificultades prácticas para aplicar esta técnica (mano de obra, identificación de animales, cuestiones sanitarias, etc.) y que los resultados son muy variables, y mejorables con otras técnicas más sencillas, se trata de un método que no se suele llevar a la práctica (Theau-Clement, 2000 y 2008; De Lara, 2001).

Efecto macho

Hace tiempo que se conoce el efecto positivo del macho sobre la reproducción de la hembra en diferentes especies domésticas. (Ranford y Watson, 1957; Lishman, 1969; Brooks y Cole, 1970; Kirkwood *et al*., 1981; Roelofs *et al*., 2007). Estos efectos descritos en diferentes especies desde hace décadas están relacionados, en parte, con las feromonas, sustancias químicas que excretan los animales en la orina, heces o glándulas cutáneas y que causan una reacción específica en el individuo que las percibe. Esta reacción incluye cambios en el comportamiento y/o en el sistema endocrino y/o reproductivo (Izar, 1983; Rekwot *et al*., 2001).

En conejos, existen pocos estudios al respecto, pero se podría suponer que estos responderían de una forma similar a la descrita en otras especies animales. Sin embargo, repasando la escasa bibliografía que existe al respecto, encontramos un mayor número de estudios que cuestionan la existencia de un efecto macho sobre la fertilidad o sobre la prolificidad (Kustos *et al*., 2000; Eiben *et al*., 2001; Bonanno *et al*., 2003), que los que apoyan la existencia de un efecto positivo sobre la reproducción (Berepubo *et al*., 1993). Quizás la diferencia estriba en que los dos primeros utilizaron conejas multíparas y el segundo nulíparas.

A la vista de lo poco concluyentes que resultan las investigaciones sobre el tema y que, en los sistemas de explotación actuales no existen machos en las granjas (por el empleo extendido de la IA), este método de bioestimulación no se utiliza en la práctica.

Inseminación

La técnica de inseminación en la coneja es vaginal profunda, ya que la especial morfología del útero de esta especie (útero doble o didelfo) dificulta la deposición del semen a nivel del cérvix o del útero.

Para ello, habitualmente, se emplea un catéter semirrígido con la punta ligeramente doblada conectado a una jeringuilla o a una pistola de inseminación (en este caso el catéter suele ser más corto y recto).

Uno de los problemas que presenta la técnica de IA en la coneja es la sujeción e inmovilización de las hembras. Boussit (1989) y Alvariño (1993) describieron dos técnicas para sujetar a las conejas en el momento de la inseminación:

1) Método con dos personas: Consiste en inmovilizar a la coneja en decúbito supino sobre el brazo de un ayudante, quien la sujeta por las orejas y la piel de la región cervical con una mano, empleando la otra para agarrar la cola y la piel de la región lumbar.
2) Método vertical: En este caso un único técnico sujeta con la mano izquierda la cola y la piel de la grupa, mientras que con la derecha insemina a la coneja. El ter-

cio posterior se eleva ligeramente y mediante una rotación de la mano izquierda se obtiene una posición de lordosis acentuada, lo que facilita que el tracto genital esté lo más rectilíneo posible.

En ambos casos el inseminador abre los labios de la vulva e introduce el catéter en la vagina. Cuando el extremo del catéter esta próximo al cuello del útero, se presiona el émbolo de la jeringuilla y se deposita el semen.

Inducción de la ovulación

Las conejas presentan ciertas características reproductivas que contrastan con otras especies animales. Parte de estas diferencias están relacionadas con la ausencia de un ciclo estral definido y regular (Arias-Álvarez *et al*., 2007). Además, al contrario que en las especies de ovulación espontánea las de ovulación inducida como la coneja, no tienen picos preovulatorios de LH en respuesta a elevados niveles de esteroides (Bakker y Baum, 2000, Brecchia *et al*., 2006), no existiendo el típico feed-back positivo sobre la LH hipofisaria (Rebollar *et al*., 2008). Por tanto, la ovulación se produciría como consecuencia de un estímulo inducido por el coito. Este estímulo parece ser más fisiológico que mecánico, como indicaron Fee y Parkes (1930), quienes comprobaron que al anestesiar el cérvix de las conejas no impedían que se produjese la ovulación tras la cópula o, el hecho de que la simulación de un coito con dos conejas, inducía la ovulación en la coneja dominada (Salveti, 2008). En definitiva, el coito induce una cascada neuroendocrina compleja (Spies *et al*., 1997; Ramirez y Soufi, 1994; Bakker y Baum, 2000) que determina una descarga preovulatoria de LH, entre 60 y 120 minutos después (Rodríguez, 2004; Brecchia *et al*., 2006), produciéndose la ovulación en 10-12 horas tras el acoplamiento (Foote y Carney, 2000; Brewer, 2006).

Por este motivo, es necesario emplear algún sistema para inducir la ovulación de la coneja y obtener un pico preovulatorio de LH, cuando recurrimos a la IA. Así, la ovulación puede ser provocada interviniendo a diferentes niveles del eje hipotálamo-hipófisis-ovario, utilizando distintos métodos.

Dado que el sistema más simple para provocar la ovulación en esta especie es el coito, se han empleado machos vasectomizados (Khalifa *et al*., 2000) en programas de IA. Sin embargo, los resultados han sido aleatorios y generalmente poco eficaces (Hulot y Poujardieu, 1976) y, además, requieren de mano de obra y mantener los machos en la granja, con lo que el sistema se ha desechado.

Otro intento de inducir la ovulación por métodos no hormonales fue el propuesto por Kishk *et al*., (2000), consistente en la inyección de sales de cobre. Se basaban en estudios en los que se mencionaba el sinergismo existente entre el cobre y las gonadotropinas (Fevold *et al*., 1936; Cheng *et al*., 1999). Los resultados obtenidos, aunque mostraban una elevación de la LH tras la administración de las sales de cobre, contrastaban con la necesidad de inyectarlo vía endovenosa y con consecuencias negativas en la integridad de estas vías que necesitarían de mayor estudio.

Debemos comentar que también se experimentó con el empleo de la hCG (human Chorionic Gonadotrophin) para inducir la ovulación (Bomsel-Helmreich *et al*., 1989; Romeu *et al*., 1995). La conclusión alcanzada en estas experiencias era que la hormona era efectiva como inductora de la ovulación en la coneja, pero las inyecciones repetidas en los sucesivos ciclos reproductivos inducían una inmunización y una pérdida de efectividad después de la 4ª-5ª administración, al contrario de lo que pasaba con los análogos de GnRH (Adams, 1981). Además, la supervivencia embrionaria también era inferior (Romeu *et al*., 1995; Mehaisen *et al*., 2006). Todo esto condujo a que su uso haya sido muy restringido.

El método más frecuentemente utilizado, en la actualidad, para inducir la ovulación en las conejas es la administración intramuscular de análogos de la GnRH en el momento de la inseminación (Quintela *et al*., 2004). Las primeras experiencias emplearon la gonadorelina de la que se debía administrar a cada coneja, al menos, 250 ng/Kg para provocar la ovulación (Kanematsu *et al*., 1974). Tomando como base estas experiencias, comenzaron a probarse diferentes análogos de esta molécula, como es el caso de la buserelina, que es eficaz a dosis de 0,8 µg/coneja (Theau-clement *et al*., 1990; Perrier *et al*., 2000). Más recientemente se ha probado la lecirelina, que demostró su eficacia, como inductora de la ovulación en esta especie, en dosis de 2 y 4 µg/coneja (Zapletal *et al*., 2003; Zapletal y Pavlik, 2008). Durante este tiempo la vía de administración empleada para la aplicación de la GnRH ha sido siempre la intramuscular.

En los últimos años se han realizado varios estudios probando la administración intravaginal de diferentes análogos de la GnRH (buserelina, triptorelina y alarelina) (Viudes de Castro *et al*., 2007; Quintela *et al*., 2004; Ondruska *et al*., 2008; Quintela *et al*., 2009). En estos estudios se demuestra que es posible administrar los análogos de GnRH por vía vaginal añadida a la dosis seminal sin disminución de la fertilidad y prolificidad, incluso, en algunos trabajos se indica una mejora respecto a los tratamientos intramusculares (Quintela *et al*., 2009). Las ventajas de esta nueva vía de administración sobre el sistema tradicional están relacionadas, principalmente, con un ahorro en tiempo de inseminación, una disminución de los riesgos sanitarios y una reducción de los errores en la aplicación de la hormona. El único inconveniente, desde un punto de vista económico, es que la dosis de GnRH debe incrementarse para conseguir el efecto deseado. Según estudios recientes es probable que este incremento de la dosis sea consecuencia de que en el plasma seminal existen enzimas proteolíticas que reducen la disponibilidad de la hormona añadida al semen (Vicente *et al*., 2011), junto con el estado de la mucosa vaginal (Okada *et al*., 1983). Actualmente en España se encuentra a la venta un diluyente de semen que incorpora un análogo de la GnRH y se empieza a generalizar su uso en explotaciones.

Conclusión

La conclusión que se puede extraer de esta revisión es que en muy pocos años el avance científico en esta técnica en cunicultura ha sido enorme. Es posible, hoy en día, obtener altas fertilidades y prolificidades en ciclos de 42 días, utilizando semen refrigerado con tiempos de conservación de 48h, lo que ha permitido el desarrollo de centros de inseminación dedicados a la producción de dosis seminales que se sirven a largas distancias.

En los últimos años se ha mejorado, además, un punto importante para la producción de carne de conejo, que es la posibilidad de sustituir las hormonas utilizadas en la sincronización del celo por métodos de bioestimulación, mejorando la percepción de carne saludable por parte del consumidor.

Los retos para el futuro próximo serán la introducción a gran escala de diluyentes que incorporen GnRH o sus análogos y la obtención de diluyentes que permitan la conservación del semen a largo plazo o incluso su congelación. En ambos casos la investigación está muy avanzada.

Bibliografía

Adams CE, 1981. Artificial insemination in the rabbit: The technique and application to practice. J Appl Rabbit Res., 4: 10-13.

Alvariño JMR, 1993. Control de la reproducción en el conejo. Editorial Mundiprensa. Edita Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación – IRYDA. Madrid. España. pp. 137.

Alvariño JMR, Del Arco JA, Bueno A, 1998. Effect of mother/litter separation on reproductive performance of lactating females inseminated on day 4 or 11 postpartum. World Rabbit Sci., 6: 191-194.

Alvariño JMR, López J, Del Arco JA, Delgado F, 1996. Artificial insemination of rabbits with diluted semen stored for 24 hours. 6º World Rabbit Congress. Tolouse. Francia. Vol. 2: 37-40.

Arencibia DF, 2009. Consideraciones prácticas acerca de la calidad del semen de Conejos aplicado en estudios de la toxicología de la fertilidad. REDVET 10(8).

Arias-Álvarez M, García-García RM, Rebollar PG, Lorenzo PL, 2007. Desarrollo folicular en la coneja. ITEA, 103 (4): 173-185.

Arias-Álvarez M, García-García RM, Rebollar PG, Nicodemus N, Revuelta L, Millán P, Lorenzo PL, 2009. Effects of a lignin-rich fibre diet on productive, reproductive and endocrine parameters in nulliparous rabbit does. Livestock Science 123: 107–115.

Arriola J, Foote RH, 2001. Accesory sperm as an indication of fertilizing ability of rabbit spermatozoa frozen in egg yolk-acetamide with detergent. J. Androl., 22: 458-463.

Bakker J, Baum MJ, 2000. Neuroendocrine regulation of GnRH release in induced ovulators. Front Neuroendocrinol., 21: 220-262.

Battaglini M, Costantini F, Castellini C, 1988. Fecondazione artificiale del coniglio con sperma refrigerato e congelato. Zoot. Nut. Anim., 14: 267-271.

Becerra J, Peña AI, Quintela LA, Herradón PG, (2008). Effect of artificial photoperiod and light wavelength on rabbit sexual behaviour and semen characteristics. Reprod. Dom. Anim., 43 (suppl. 4): 73.

Berepubo NA, Nodu MB, Monsi A, Amadi EN, 1993. Reproductive response of prepubertal female rabbit to photoperiod and/or male presence. World. Rabbit Sci., 1 (2): 83-87.

Blash S, Chen L, Harvey M, Gavin WG, 2005. Reestablishment of a transgenic rabbit line by artificial insemination using cryopreserved semen. Lab. Anim., 34: 61-63.

Bomsel-Helmreich O, Huyen LVN, Durand-Gasselin I, 1989. Effects of varying doses of HCG on the evolution of preovulatory rabbit follicles and oocytes. Hum. Reprod., 4(6): 636-642.

Bonadonna T, 1937. Le basi scientifiche e le possibilite applicative della fecondazione artificiale negli animale domestica. Casa Ed. Vannini. Brescia. Italia.

Bonanno A, Alabiso M, Alicata ML, Leto G, Todaro M, 1996. Effetti del trattamento "differenziato" con PMSG sull'efficienza produttiva di coniglie sottoposte ad inseminazione artificiale. Rivista di coniglicultura, 1/2: 41-45.

Bonanno A, Albiso M, Di Grigol, A, Alicata ML, Leto G, 1999a. Effect of 48h delayed insemination with or without a 48h doe-litter separation on performance of non-receptive rabbit does. World Rabbit Sci., 7(3): 171-175.

Bonanno A, Albiso M, Di Grigoli A, Alicata ML, 1999b. Effect of change of cage and/or 44h mother-litter separation on productivity of non-receptive lactating rabbit does. Preliminary investigation. World. Rabbit Sci., 7 (2): 107-111.

Bonnano A, Albiso M, Di Grigoli A, Alicata ML, Montalbano L, 2000. Effect of 48-hour doe-litter separation on performance of free or controlled nursing rabbit does. 7th World Rabbit Congress. Valencia. España. Vol. A: 97-103.

Bonnano A, Mazza F, Alabiso M, Grigoli A, Alicata ML, 2003. Effects of bio-stimulation induced by contact with buck on reproductive performance of rabbit does. 15th Congr. It. J. Anim. Sci. 2 (1): 133-135.

Boussit D, 1989. Reproduction et insemination artificielle en cuniculture. Editado por l'Association Française de Cuniculture. Lempdes. Francia. 234 pp.

Boyd IL, 1986. Effect of day length on the breeding season in male rabbit. Mammalian Review, 16: 125-130.

Brecchia G, Bonanno A, Galeati G, Federici C, Maranesi M, Gobbetti A, Zerani M, Boiti C, 2006.

Hormonal and metabolic adaptation to fasting: Effects on the hypothalamic-pituitary-ovarian axis and reproductive performance of rabbit does. Domest. Anim. Endocrinol. 31: 105-122.

Bredderman PJ, Foote RH, Yassen AM, 1964. An improved artificial vagina for collecting rabbit semen. J. Reprod. Fertil., 7: 401-403.

Brewer NR, 2006. Biology of the rabbit. J. Am. Assoc. Lab. Anim. Sci., 45 (1): 8-2.

Brooks PH, Cole DJ, 1970. The effect of the presence of boa ron the attainment of puberty in gilts. J. Reprod. Fertil., 23: 435-440.

Brun JM, Theau-Clement M, Bolet G, 2002. The relationship between rabbit semen characteristics and reproductive performance after artificial insemination. Anim. Reprod. Sci., 70: 139-149.

Cano P, Jiménez V, Álvarez MP, Alvariño M, Cardinali P, Esquifino AI, 2005. Effect of litter separation on 24-hour rhythmicity of plasma prolactin, follicle-stimulating hormone and luteinizing hormone levels in lactating rabbit does. J. Circad. Rhythms, 3: 9-13.

Castellini C, Canali C, Boiti C, 1998. Effect of mother-litter separation for 24 hours, by closing the nestbox or change of cage, on rabbit doe reproduction performance. World Rabbit Sci., 6 (1): 199-203.

Cheng H, Dooley MP, Hopkins SM, Anderson LL, Yibchok-anun S, Hsu WH, 1999. Development of rabbit embryos during a 96-h period of in vitro culture after superovulatory treatment under conditions of elevated ambient temperature. Anim. Reprod. Sci., 56 (3-4): 279-290.

Colin M, 1992. Cycle syncronisation in rabbit production. J. Appl. Rabbit Res., 15: 398-406.

Cortell LC, Viudes de Castro MP, 2008. Effect of gelatin addition to freezing extender on rabbit semen parameters and reproductive performance. 9th World Rabbit Congress, Verona. Italia. pp: 327-332.

Curry MR, Redding BJ, Watson PF, 1995. Determination of water permeability coefficient and its activation energy for rabbit spermatozoa. Cryobiology, 32: 175-181.

De Lara R, 2001. Manejo reproductivo de una empresa cunícola. Lagomorpha, 118: 24-34.

De Lara R, Fallas LM, 1998. Sincronización de estros en conejas nulíparas mediante cambios de lugar y jaula y su efecto sobre el comportamiento reproductivo en inseminación artificial. Lagomorfha, 97: 32-36.

Du Mesnil du Buissson F, Signoret JP, 1962. Influence de facteurs externes sur le déclechement de la puberté chez la truie. Ann. Zootech., 11: 53-59.

Eiben C, Kustos K, Sendrö Zs, Theau-Clement M, Gódor-Surmann K, 2001. Effect of male presence before artificial insemination on receptivity and prolificacy in lactating rabbit does. 12th Symposium on housing and diseases of rabbits, furbearing animals and pet animals. Celle. Alemania. Pp. 1-6.

Facchin E, 1992. Artificial insemination in rabbit. J. Appl. Rabbit Res., 15: 95-103.

Facchin E, Cancellotti FM, Gallazi D, 1987. Rabbit breeding systems and performances: weekly cycled production. Report EUR 10983 EN. Pp. 69-82.

Facchin E, Zanirato MG, Gualterio L, Valentini A, 1988. Artificial insemination in rabbit breeding: Note nº1: A.I. service/program for meat rabbit breedings. 4º World Rabbit Congress. Budapest. Hungría. Vol 1: 121-129

Fee AR, Parkes AS, 1930. Studies on ovulation: III. Effect of vaginal anaesthesia on ovulation in the rabbit. J. Physiol., 70: 385-388.

Fevold HL, Hisaw FL, Greep R, 1936. Augmentation of the gonad stimulating action of pituitary extracts by inorganic substances, particularly cooper salts. Am. J. Physiol., 117: 68-74.

Foote RH, Carney EW, 2000. The rabbit as a model for reproductive and developmental toxicity studies. Reproductive Toxicology., 14: 477-493.

Fortun L, Bolet G, 1995. Les effects de la lactation sur les performances de reproduction chez la lapine. INRA Prod. Anim., 8: 49-56.

Fortun-Lamothe L, 2006. Energy balance and reproductive performance in rabbit does. Anim. Reprod. Sci., 93: 1-15.

Freychat JL, Coudert P, Ponceau JP, 1989. Rôle du temps de conservation du serme et d autres facteurs sur les resultats obtenus en insemination artificielle. Cuniculture, 16: 25-32.

Gerencsér Zs, Matics Zs, Nagy I, Princz Z, Orova Z, Biró-Németh E, Radnai I, Szendrö Zs, 2008a. Effect of a light stimulation on the reproductive performance of rabbit does. 9th World Rabbit Congress. Verona. Italia. Pp. 371-374.

Gerencsér Zs, Matics Zs, Nagy I, Princz Z, Orova Z, Biró-Németh E, Radnai I, Szendrö Zs, 2008b. Effect of lighting program on the nursing behaviour of rabbit does. 9th World Rabbit Congress. Verona, Italia. Pp. 1177-1182.

Gómez-Ramos B, Becerril-Pérez CM, Torres-Hernández G, Pro-Martínez A, Rodríguez de Lara R, 2005. Relación del nivel de alimentación, cambio de jaula y ayuno con el comportamiento reproductivo de conejas nulíparas Nueva Zelanda blanco y californiana. Agrociencia, 39: 491-499.

González R, 2005. Bioestimulación en la coneja reproductora. ¿Alternativa a los tratamientos hormonales?. Cunicultura, Febrero. Pp. 7-16.

González-Mariscal G, 2001. Neuroendocrinology of maternal behavior in the rabbit. Hormones and Behavior, 40: 125-132.

Hafez ESE, 1993. Reproducción e Inseminación Artificial en Animales. 6th edn. Hafez E.S.E. (Ed), Mexico, DF: Interamericana-McGraw-Hill.

Hammond J, Marxhall FHA, 1925. Reproduction in the rabbit. Ed: Oliver and Boyd. Edinburg. Escocia. Pp 210.

Hanada A, Nagase H, 1980. Cryoprotective effects of some amides on rabbit spermatozoa. J. Reprod. Fertil., 60: 247–252.

Hill M, White WE, 1933. The growth and regression of follicles in the oestrous rabbit. J. Physiol., 80: 174-178.

Hoagland H, Pincus G, 1942. Revival of mammalian sperm after immersion in liquid nitrogen. J. Gen. Physiol., 25: 337-344.

Hulot F, Mariana JC, Cattiau G, 1988. HCG induced ovulation in two rabbits breeds: effects of dose, season and sexual behavior. Livest. Prod. Sci., 20: 635-643.

Hulot F, Poujardieu B, 1976. Induction of ovulation and fertility in the lactating and non-lactating rabbit (Oryctolagus cuniculus). Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys,. 16: 635-643.

Izar MK, 1983. Pheromones and reproduction in domestic animals. In: VandenverghJ.G. (Ed.). Pheromones and reproduction in mammals. Academic Press. New York. USA. pp. 253-285.

Kanematsu S, Scaramuzzi RJ, Hilliard J, Sawyer CH, 1974. Patterns of ovulation-inducing LH release following coitus, electrical stimulation and exogenous LH-RH in the rabbit. Endocrin., 95(1): 247-252.

KashiwazakI N, Okuda Y, Seita Y, Hisamatsu S, Sonoki S, Shino M, Masaoka T, Inomata T, 2006. Comparison of glicerol, lactamide, acetamide and dimethylsulfoxide as cryoprotectants of japanese White rabbit spermatozoa. J. Reprod. Dev., 52: 511-516.

Khalifa RM, El-Alamy MA, Beshir MA, 2000. Vasectomized buck gave better reproductive results in artificial insemination techniques in rabbits than GnRH or HCG. 7th World Rabbit Congress. Valencia. España. Pp. 147-153.

Kirkwood RN, Forbes JM, Hughes PE, 1981. Influence of boar contact on attainment of puberty in gilts after removal of the olfactory bulbs. J. Reprod. Fertil., 61: 193-198.

Kishk W, Awad M, Ayoub M, 2000. Non-hormonal substances for the induction of ovulation in rabbit does. 7th World Rabbit Congress. Valencia. España.

Kustos K, Eiben Cs, Sendrö Zs, Theau-Clement M, Gódor-Surmann K, Jovánczai Zs, 2000. Effect on reproductive traits of male presencie among rabbit does before artificial insemination (preliminary results). 7th World Rabbit Congress. Valencia. España.

Kuzminsky G, Fausto A.M, Morera P, 1996. Morphological abnormalities of rabbit spermatozoa studied by scanning electron microscope and quantified by light microscope. Reprod. Nutr. Dev., 36: 565-575.

Lefebre B, Moret B, 1978. Influence d'une modification brutale de l'environnement sur l'appari-

tion de l'oestrus chez la lapine nullipare. Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys., 18 (3): 695-698.

Lishman AW, 1969. The seasonal pattern of oestrus amongst ewes affected by isolation from and joining with rams. Agroanimalia., 1: 95-101.

Liu E, Kitajima S, Wiese E, Reifenberg K, Morimoto M, Watanabe T, Fan J, 2007. Re-establishment of complement C6-deficient rabbit colony by cryopreserved sperm transported from abroad. Exp. Anim., 56:167-171.

López FJ, Alvariño JMR, 1998. Artificial insemination of rabbits with diluted semen stored up to 96 hours. World. Rab. Sci., 6: 251-253.

López J, Alvariño JMR, Del Arco JA, Delgado F, Ramiro JL, 1996. Effect of cooling temperature on 24 hours stored semen for artificial inseminations of rabbits. 6º World Rabbit Congress. Tolouse. Francia. Vol. 2: 79-81.

López-Gatius F, Sances G, Sancho M, Yáñiz J, Santolaria P, Gutiérrez R, Núñez M, Núñez J, Soler C, 2005. Effect of solid storage at 15ºC on the subsequent motility and fertility of rabbit semen. Theriogenology., 64: 252-260.

Luzi F, Barbieri, S.; Lazzaroni, C.; Cavani, C.; Zecchini, M.; Crimella, C. (2001). Effects de l'addition de propylene glycol dans l'eau de boisson sur les performances de reproduction des lapines. World Rabbit Sci. 9: 15-18.

Luzi F, Crimella C, 1998. Effect of change of cage 2 days before artificial insemination on reproductive performance of rabbit does. World. Rab. Sci., 6 (1): 195-198.

Macirone C, Walton A, 1938. Fecundity of male rabbits as determined by "dummy matings". J. Agric. Sci., 28: 122-134.

Maertens L, 1998. Effect of flushing, mother-litter separation and PMSG on the fertility of lactating does and the performance of the litter. Word Rabit Sci., 6: 185-190.

Maertens L, Luzi F, Grilli G, 1995. Effects of PMSG induced oestrus on the performances of rabbit does: A review. World. Rab. Sci., 3(4): 191-199.

Mehaisen GM, Viudes-de-Castro M.P, Vicente JS, Lavara R, 2006. In vitro and in vivo viability of vitrified and non-vitrified embryos derived from eCG and FSH treatment in rabbit does. Theriogenology, 65: 1279-1291.

Mercier P, Rideaud P, 1992. Bacteriological study of rabbit sperm and the effects of antibiotic supplements in the conservation medium. J. Appl. Rabbit Res., 15: 520-529.

Milanés A, Pereda N, Burgos L, Lorenzo PL, Rebollar PG, 2004. Parámetros reproductivos de conejas sometidas a diferentes métodos de sincronización de celo. XXIX Symposium de Cunicultura de ASESCU. Lugo. España. Pp. 101-105.

Mirabito L, Galliot P, Souchet C, 1994. Effect de l'utilisation de la PMSG et de la modification de la photoperiode sur les performances de reproduction de la lapine. 6èmes Journees de la Recherche Cunicole. La Rochelle. Francia. Vol. 1: 169-178.

Mocé E, Vicente JS, 2002. Effect of cooling and freezing, the two first steps of a freezing protocol, on the fertilizing ability of the rabbit sperm. Reprod. Nutr. Dev., 42: 189-196.

Mocé E, Vicente JS, 2009. Rabbit sperm cryopreservation: a review. Anim. Reprod. Sci., 110: 1-24.

Mocé E, Vicente JS, Lavara R, 2003. Effect of freezing-thawing protocols on the performance of semen from three rabbit lines after artificial insemination. Theriogenology, 60: 115-123.

Moret B, 1980. Comportement d'oestrus chez la lapine. Cuniculture, 33: 159-161.

Nagy Sz, Sinkovics Gy, Kovács A, 2002. Viability and acrosome integrity of rabbit spermatozoa processed in a gelatin-supplemented extender. Anim. Reprod. Sci., 70: 283-286.

Nizza A, Di Meo C, Taranto S, 2003. Effect of collection rhythms and season on rabbit semen production. Reprod. Dom. Anim., 38: 436-439.

Nordio-Baldissera C, 1980. Recent advances on rabbit physiology. 2th World Rabbit Congress. Barcelona. España. Vol. 1: 1-60.

Okada H, Yamazaki I, Yashiki T, Mima H, 1983. Vaginal absorption of a potent luteinizing hormone releasing hormone analog (leuprolide) in rats. II. Mechanism of absorption enhancement with organic acids. J. Pharm. Sci., 72: 75-8.

Olivares M, Viudes de Castro MP, Lavara F, Lavara R, Vicente JS, 2005. Effect of gelatine or acetamide in post-thawing rabbit sperm parameters. Reprod. Domest. Anim., 40. vol. 382. Abstract, p. 164.

Ondruska L, Parkanyi V, Rafay J, Chlebec I, 2008. Effect of LHRH analogue included in seminal dose on kindling rate and prolificacy of rabbits artificially inseminated. 9th World Rabbit Congress. Verona. Italia. Pp. 423-426.

Parigi-Bini R, Xicato G, 1993. Recherches sur l'interaction entre alimentation, reproduction et lactation chez la lapine, une revue. World. Rab. Sci., 1: 155-161.

Parigi-Bini R, Xicato G, Cinetto M, 1990. Energy and protein retention and partition in rabbit does during first pregnancy. Cuni. Sci., 6: 19-29.

Pavois V, LeNaour J, Ducep O, Perrin G, Duperray J, 1994. Une méthode naturelle pour améliorer la réceptivité des lapines allaitantes en insémination artificielle. 6émes Journées Rech. Cunicole. La Rochelle. Francia. Vol II: 528-535.

Perrier G, Theau-Clement M, Jouanno M, Drouet JP, 2000. Reduction of the GnRH dose and inseminated rabbit doe reproductive performance. 7th World Rabbit Congress. Valencia. España. Vol. A: 225-230.

Polge C, Smith AU, Parkes AS, 1949. Revival of spermatozoa after vitrification and dehydration at low temperatures. Nature, 164: 666.

Quintela LA, Peña AI, Vega MªD, Gullón J, Prieto MªC, Barrio M, Becerra JJ, Maseda F, y Herradón PG, 2004. Ovulation induction in rabbit does submitted to artificial insemination by adding buserelin to the seminal dose. Reprod. Nutr. Dev., 44: 79-88.

Quintela LA, Peña AI, Vega MD, Gullón J, Prieto C, Barrio M, Becerra JJ, Herradón PG, 2009. Reproductive Performance of Rabbit Does Artificially Inseminated via Intravaginal Administration of [des-Gly 10,D-Ala6]-LHRH Ethylamide as Ovulation Inductor. Reprod. Dom. Anim., 44: 829-833.

Quintero-Moreno A, Rigau T, Rodríguez-Gil JE, 2007. Multivariate cluster analysis regression procedures as tools to identify motile sperm subpopulations in rabbit semen and to predict semen fertility and litter size. Reprod. Dom. Anim., 42: 312-319.

Ramírez VD, Soufi WL, 1994. The neuroendocrine control of the rabbit ovarian cycle. In *The physiology of reproduction*. Edited by: Knobil E, Neill J. New York: Raven Press. Pp. 595-611.

Ranford HM, Watson R H, 1957. Influence of rams on ovarian activity and oestrus in Merino ewes in the spring and early summer. Aust. J. Agric. Sci., 8: 260.

Rebollar PG, Alvariño JMR, Del Arco JA, Bueno A, 1995. Control del celo en conejas nulíparas: manejo y tratamiento con PMSG. Inf. Tech. Eco. Agr., 16 (1): 455-457.

Rebollar PG, Alvariño MR, 2002. Evolución del manejo reproductivo en cunicultura. Boletín de cunicultura., 124: 6-15.

Rebollar PG, Bonanno A, Di Grigoli A, Tornambe G, Lorenzo PL, 2008 Endocrine and ovarian response after a 2-day controlled suckling and eCG treatment in lactating rabbit does. Animal Reproduction Science 104, 316–328

Rebollar PG, Milanés A, Pereda N, Millán P, Cano P, Esquifino AI, Villaroel M, Silvaán G, Lorenzo PL, 2006. Oestrus syncronisation of rabbit does at early post-partum by doe-litter separation or eCG injection: Reproductive parameters and endocrine profiles. Anim. Reprod. Sci., 93: 218-230.

Rebollar PG, Pereda N, Schwarz BF, Millán P, Lorenzo PL, Nicodemus N, 2011. Effect of feed restriction or feeding high-fibre diet during the rearing period on body composition, serum parameters and productive performance of rabbit does. Animal Feed Science and Technology, 163: 67-76.

Rebollar PG, Pérez-Cabal MA, Pereda N, Lorenzo PL, Arias-Álvarez M, García-Rebollar P, 2009. Effects of parity order and reproductive management on the efficiency of rabbit productive systems. Livestock Sci., 121 (2009) 227-233.

Rebollar PG, Ubilla E, Rodriguez JM, 1992a. Influence of the parturition-insemination interval in the conception rate in rabbits artificially inseminated with fresh semen. J. Appl. Rabbit Sci., 15, 407-411.

Rebollar PG, Ubilla E, Rodríguez JM, Illera JC, Silvan G, 1992b. Influencia del nivel de receptividad sexual sobre el estradiol plasmático y la respuesta ovulatoria durante el postparto en la coneja. Rev. Españ. de Fisiol., 48 (1): 13-18.

Rekwot PI, Ogwu D, Oyedipe EO, Sekoni VO, 2001. The role of feromones and biostimulation in animal reproduction. Anim. Reprod. Sci., 65: 157-170.

Rodríguez TM, 2004. Inducción de la ovulación. Boletin de Cunicultura, 134: 51-54.

Roelofs JB, Soede NM, Dieleman SJ, Voskamp-Harkema W, Kemp B, 2007. The acute effect of bull presence on the plasma profiles of luteinizing hormone in postpartum, anoestrous dairy cows. Theriogenology, 68: 902-907.

Romeu A, Molina I, Tresguerres JAF, Pla M, Peinado JA, 1995. Effect of recombinat human luteinizing hormone versus human chorionic gonadotrophin: effects on ovulation, embryo quality and transport, steroid balance and implantation in rabbits. Mol. Hum. Reprod., 1(3): 126-132.

Salvetti P, 2008. Production des embryons et cryoconservation des ovocytes chez la lapine: Application à la gestion des resources génétiques. Tesis Doctoral. Universidad de Lyon. Francia.

Samouilidis S, Saoulidis K, Foukos A, Ypsilantis P, Demertzis A, Sbiraki AP, 2001. Freezing of rabbit semen after the addition of glycerol and dimethylsulfoxide in the extender. J. Hellenic Vet. Med. Soc., 52: 299-302.

Santos JEP, Rutigliano HM, Sá Filho MF, 2009. Risk factors for resumption of postpartum estrous cycles and embryonic survival in lactating dairy cows. Anim. Reprod. Sci., 110: 207-221.

Schüddemage M, 2000. Untersuchungen zum einfluß von naturlicht im vergleich zu zwei verschiedenen kunstlichtregimen auf die reproduktions parameter weiblicher und männlicher kaninchen (*Orytolagus cuniculus*). Tesis Doctoral. Universidad de Gieben. Alemania.

Sinkovics G, Szerémy Zs, Kehoul I, 1980. Artificial insemination system in large rabbit farm. 2° World Rabbit Congress. Barcelona. España.

Spies HG, Pau KY, Yang SP, 1997. Coital and estrogen signals: a contrast in the preovulatory neuroendocrine networks of rabbits and rhesus monkeys. Biol Reprod., 56: 310-319.

Szendrö Zs, Jovánczai Zs, Theau-Clément M, Radnai I, Bíró-Németh E, Milisits G, 1999. The effect of doe-litter separation on production performance in rabbit does and their kits. World. Rab. Sci., 7(3): 165-169.

Theau-Clement M, 2000. Advances in biostimulation methods applied to rabbit reproduction. 7th World Rabbit Congress. Valencia. Pp. 61-79.

Theau-Clement M, 2008. Facteurs de réussite de l'insemination chez la lapine et méthodes d'induction de l'oestrus. INRA Prod. Anim., 21 (3): 221-230.

Theau-Clement M, Bolet G, Roustan A, Mercier P, 1990. Comparison de different modes d'induction de l'ovulation chez les lapines multipares en relation avec leur stade physiologique et la receptivite au moment de la mise a la reproduction. 5èmes Journees de la Recherche Cunicole. 12-13 diciembre. Paris. Francia. Tome 1, comm. 6.

Theau-Clément M, Castellini C, Maertens L, Boiti C, 1998. Biostimulations applied to rabbit reproduction: Theory and practice. World Rabbit Sci., 6: 179-184.

Theau-Clement M, Mercier P, 2004. Influence of lighting programmes on the productivity of rabbit does of two genetic types. 8th World Rabbit Congress. Puebla. Mexico. Pp: 358-363.

Theau-Clement M, Poujardieu B, 1999. Effect of 24h mother-litter separation on rabbit does reproductive performance and young growth. World Rabbit Sci., 7(3): 177-179.

Theau-Clément M, Poujardieu B, Bellereaud J, 1990. Influence des traitements lumineux, modes de reproduction et états physiologiques sur la productivité de lapines multipares. 5èmes Journees de la Recherche Cunicole. 12-13 diciembre. Paris. Francia. Tome 1, comm. 7.

Theau-Clement M, Roustan A, 1991. L'insemination artificielle chez la lapine. El & Ins., 245: 3-12.

Theau-Clément M, Roustan A, 1992. A study on relationships between receptivity and lactation in the doe, and their influence on reproductive performances. J. Appl. Rabbit Res., 15: 412-421.

Theriez M, 1984. Influence de l'alimentation sur les performances de reproduction des ovins. 9émes Journ. Rech. Ovine et Caprine, Paris, Francia. Pp. 294-326.

Ubilla E, Rebollar PG, 1995. Influence of the postpartum day on plasma estradiol-17beta levels, sexual behaviour and conception rate in artificially inseminated lactating rabbits. Anim. Reprod. Sci. 38, 337-344.

Ubilla E, Rebollar PG, Pazo D, Esquifino AI, Alvariño MR, 2000. Pituitary and ovarian response to transient doe-litter separation in nursing rabbits. J. Reprod. Fertil., 118: 361-366.

Uzcategui ME, Johnston NP, 1992. The effect of 10, 12 and 14 hour continuous and intermittent photoperiods on the reproductive performance of female rabbits. J. Appl. Rabbit. Res., 15: 553-559.

Vega MªD, Prieto MªC, Gullón J, Herradón PG y Quintela LA, 1999. Resultados de inseminación artificial en explotaciones cunícolas de Galicia. II Congreso Ibérico de Reproducción Animal. Lugo. España. Pp. 509-511.

Verità P, Finzi A, 1980. Cage changing as a stressor in rabbit. 2th World Rabbit Congress. Barcelona. España. Vol. 1: 417-423.

Vicente JS, Lavara R, Marco-Jiménez F, Viudes-de-Castro MP, 2011. Detrimental effect on availability of buserelin acetate administered in seminal doses in rabbits. Theriogenology, 76: 1120-1125.

Virág Gy, 1999. Doe-litter separation. Effects upon reproductive traits and discriminant functions on fertility. World Rabbit Sci., 7(3): 155-159.

Viudes-de-Castro MP, Lavara R, Marco-Jimenez F, Cortell C, Vicente JS, 2007. Ovulation induced by mucosa vaginal absorption of buserelin and triptorelin in rabbit. Theriogenology, 68: 1031-1036.

Zapletal D, Adamec V, Klecker D, 2003. Effect of GnRH hormones application on performance of artificial inseminated rabbits (*Oryctogalus cuniculus*) during year. Acta Univ. Agric. Silvic. Mendel. Brun., 5: 123-132.

Zapletal D, Pavlik A, 2008. The effect of lecirelin (GnRH) dosage on the reproductive performance of nulliparous and lactating rabbit does. Anim. Reprod. Sci., 104: 306-315.

(Aceptado para publicación el 16 de noviembre de 2011)

Inclusión de silo de maíz en las dietas de cebo de terneras: Rendimientos técnico-económicos y calidad de la canal y de la carne

I. Casasús[1], G. Ripoll y P. Albertí

Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria del Gobierno de Aragón.
Avda. Montañana 930, 50059 Zaragoza

Resumen

Con el objeto de valorar la viabilidad técnico-económica del cebo de ganado vacuno con ensilado de maíz frente al cebo convencional con pienso, se compararon los rendimientos productivos, económicos y la calidad de la canal y de la carne de terneras en una explotación comercial. Durante la fase de cebo, desde los 6 meses de edad hasta alcanzar un peso de 440 kg, 8 terneras se alimentaron con una mezcla de ensilado de maíz y núcleo proteico (lote UNIFEED), y 8 recibieron concentrado y paja (lote PIENSO). Los crecimientos fueron similares en ambos grupos, y aunque el consumo total de alimentos y el índice de conversión fueron superiores en el lote UNIFEED, el coste económico por kg de ganancia fue un 11% inferior en este tratamiento. Las canales fueron de similar peso y conformación, aunque algo menos engrasadas y con una grasa más pigmentada en el lote UNIFEED. La calidad instrumental de la carne (pH, color, terneza) y el contenido en grasa intramuscular fue similar en ambos tratamientos, pero hubo diferencias en el perfil de ácidos grasos, con mayor proporción de ácidos grasos poliinsaturados de tipo n-3 y menor relación n-6 / n-3 en el lote UNIFEED, que indicarían una mejor calidad nutricional de la grasa.

Palabras clave: Ensilado de maíz, dietas de cebo, rendimientos productivos, calidad del producto.

Summary
Use of maize silage in beef heifers fattening diets: effects on performance, carcass and meat quality

The technical and economic interest of fattening beef heifers with maize silage as an alternative to conventional feeding on concentrates was analyzed in a commercial farm. Heifers received *ad libitum* during the fattening phase (from 6 months of age till they reached 440 kg live weight) either a total mixed ration of maize silage and a high-protein concentrate (TMR, n=8) or concentrates and barley straw (CONC, n=8). Growth performance was similar for both treatments, and although total feed consumption and feed:gain ratio were higher in the TMR group, the economic cost per kg gain was 11% lower in this group. Carcass weight and conformation score were similar, but carcasses from the TMR had a slightly lower fat score and higher pigment content in subcutaneous fat. Meat instrumental quality (pH, colour, shear force) were similar in both treatments, but fatty acid profile differed between diets, with a higher proportion of n-3 polyunsaturated fatty acids and a lower n-6/n-3 ratio in meat from TMR heifers, which indicates a healthier nutritional quality.

Key words: Maize silage, fattening diets, animal performance, product quality.

1. Autor para correspondencia: icasasus@aragon.es

Introducción

Mientras en los países de la Europa atlántica los sistemas de cebo de ganado vacuno se basan en dietas con una alta proporción de forrajes, ya sea en pastoreo o conservados (Keane y Allen, 1998), en la cuenca mediterránea los sistemas son más dependientes del uso de concentrado durante el cebo. Así, en los cebaderos italianos es frecuente el cebo con dietas mixtas (unifeed) a base de silo de maíz, paja y concentrados (Mazzenga *et al*., 2009), mientras en España la mayor parte del cebo de terneros se realiza con dietas basadas exclusivamente en concentrados y paja a libertad. Sin embargo, este sistema ha experimentado recientemente una aguda crisis de rentabilidad a consecuencia de la volatilidad de los precios de las materias primas. Así, el aumento en el precio de los alimentos entre 2007 y 2008 se reflejó en una reducción tanto de los censos como de la producción total de carne de vacuno en nuestro país con respecto a las cifras del año 2000 (Bernués *et al*., 2011), tendencia que se ha mantenido posteriormente con un descenso del 10% en ambos índices entre 2008 y 2010 (MARM, 2011).

Estas circunstancias han llevado a los ganaderos de vacuno de carne a buscar alternativas de cebo más económicas, ya sea mediante cebo en pastoreo con una adecuada suplementación (Casasús *et al*., 2011) o en establo con la incorporación de distintos subproductos o forrajes en las dietas (Villalba *et al*., 2010). Entre estos últimos destaca el ensilado de maíz, un forraje con un alto contenido energético pero bajo valor proteico, por lo que debe complementarse para alcanzar la concentración de proteína recomendada en las dietas de cebo de terneros (13-17% según el sexo y tipo racial; Ferret *et al*., 2008). El interés por este producto no es nuevo, siendo un forraje ampliamente utilizado en las zonas naturalmente húmedas (Zea, 1995) o de regadío (Albertí *et al*., 1995), aunque en ciertos mercados se cuestiona su uso por su posible efecto sobre el color de la grasa de la canal y de la carne, e incluso su contenido en agua.

Actualmente se considera interesante incrementar en la carne la proporción de ácidos grasos poliinsaturados, particularmente de tipo n-3, de ácido linoleico conjugado, con la concomitante reducción de la proporción de ácidos grasos saturados y de la relación n-6/n-3 (Scollan *et al*., 2006). A pesar de que en los rumiantes la biohidrogenación de las grasas por los microorganismos ruminales reduce el impacto de la composición de la dieta sobre la composición de la grasa, la alimentación es una de las rutas principales para mejorar estos parámetros en la carne de vacuno. De hecho, se ha demostrado que los sistemas basados en el uso de forrajes pueden satisfacer este objetivo (Blanco *et al*., 2010), y por tanto la grasa más amarillenta puede dejar de ser un carácter negativo para convertirse, sobre todo en el caso de animales jóvenes, en un elemento de trazabilidad del sistema de producción (Dunne *et al*., 2009).

Por todo ello, el objetivo general de este trabajo es comparar, en condiciones comerciales, la viabilidad técnica y económica del cebo de terneros con ensilado de maíz suplementado con concentrado frente a dietas convencionales a base de pienso y paja, estudiando sus parámetros productivos y la calidad de la canal y de la carne.

Material y métodos

El ensayo se llevó a cabo en una explotación comercial en Epila (Zaragoza). Se utilizaron 16 terneras, 10 de ellas de raza Blonde d'Aquitaine y 6 cruzadas Pirenaico x Limousin (nacimiento 9-diciembre ± 33 días), que se distribuyeron en dos lotes experimentales equilibrados por raza al inicio del ensayo,

cuando contaban 6 meses de edad. Los lotes experimentales, con 8 terneras cada uno, se distinguieron en el tipo de alimentación recibida por los animales durante todo el periodo de cebo. El lote UNIFEED recibió una mezcla diaria de ensilado de maíz y núcleo proteico, a voluntad, en proporción teórica 80:20 en términos de materia fresca; el lote PIENSO se alimentó a base de concentrado y paja a voluntad.

En el lote PIENSO se utilizó un concentrado convencional para engorde de terneras de más de 150 kg de peso vivo (maíz 40%, cebada 19%, salvado de trigo 12%, harina de extracción de soja tostada 12%, cáscaras de soja 3%, pulpa de remolacha 3%, aceite de palma 3%, melaza de caña 2%, alfalfa 2%, carbonato cálcico, bicarbonato, cloruro sódico y corrector vitamínico mineral, con un coste de 0.279 €/kg), además de paja de cebada a voluntad. En el lote UNIFEED se incluyó en la mezcla ensilado de maíz y un núcleo proteico (maíz 31%, harina de extracción de soja tostada 20%, salvado de trigo 20%, cáscaras de soja tostada 12%, habas de soja tostada 8%, carbonato cálcico, cloruro sódico y corrector vitamínico mineral, con un coste de 0.296 €/kg). Tanto el concentrado convencional como el núcleo proteico fueron suministrados por Piensos A-90 (La Almunia de Doña Godina, Zaragoza). El ensilado de maíz se realizó en bolsa en la propia explotación, y se estimó un coste total de producción de 0.05 €/kg de ensilado en fresco. El unifeed se preparó diariamente en un carro mezclador horizontal equipado con un sistema de pesaje electrónico.

Las terneras se pesaron mensualmente desde el inicio del ensayo, y la ganancia media diaria se calculo por regresión del peso sobre la fecha. El consumo de alimentos se registró de forma diaria en el lote UNIFEED, y quincenal en el lote PIENSO. Periódicamente se tomaron muestras de los distintos alimentos y de la dieta mezclada, para determinar el contenido en humedad y su valor nutritivo (laboratorios NUTRAL, S.A., Colmenar Viejo, Madrid).

Los tratamientos se mantuvieron hasta que los animales alcanzaron el peso objetivo al sacrificio, fijado en torno a 440 kg. Para ello se realizaron dos tandas de sacrificio en las que se siguieron idénticos procedimientos, con una separación de dos meses y con igual número de animales de cada tratamiento por fecha de sacrificio. Los animales se pesaron el día previo al sacrificio y se trasladaron al matadero de Mercazaragoza para su sacrificio. Las canales se pesaron tras el faenado; el peso de la canal fría se estimó en un 98% de su peso en caliente y se obtuvo el rendimiento canal (peso canal fría/peso vivo sacrificio). Tras 24 horas de oreo a 4°C se procedió a la clasificación subjetiva de las canales para la conformación (escala SEUROP, expandida a 18 puntos) y el grado de engrasamiento (escala del 1 al 5; expandida a 15 puntos), siguiendo la normativa de la UE (Reglamento CEE N° 1026/91). Se determinó el color de grasa subcutánea, midiendo con un espectrofotocolorímetro Minolta CM-2600d la claridad (L*), el índice de rojo (a*) y el índice de amarillo (b*), y calculando posteriormente el Croma ($C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{0.5}$) y el tono (h = arctg (a*/b*) x 57.3). Adicionalmente, se calculó la integral del espectro trasladado de reflectancia de la grasa entre los 450 y 510 nm de longitud de onda (zona de absorción de los carotenoides) (SUM), según la metodología descrita por Prache and Thèriez (1999).

Se tomaron muestras del músculo *Longissimus thoracis* para evaluar la calidad instrumental de la carne. En ellas se evaluó el pH y el color mediante espectrofotometría registrando también las variables L*, a*, b*, C* y h, en filetes envasados en bandeja de poliestireno, cubiertos con film permeable al oxigeno y mantenidos en refrigeración y oscuridad, registrándose las medidas en el momento del corte y a 1, 2, 3, 6, 8, 10 y 13 días. La dureza se determinó con un Instron modelo 5543, analizándose la evolución del es-

fuerzo máximo (kg/cm^2) a 2, 7 y 14 días de maduración al vacío, tras cocción en baño maría a 75 ° C hasta que el centro del filete alcanzó 70ºC. Después de enfriar los filetes, se cortaron al menos 8 muestras con una longitud mínima de 3 cm y una sección de 10 x 10 mm. Dichas muestras se cortaron con una célula Warner-Bratzler perpendicularmente a la dirección de las fibras. Se realizó el análisis químico de la carne, determinando la humedad y el contenido en cenizas, proteína (AOAC) y grasa (método Ankom AOCS Am 5-04), así como el perfil de ácidos grasos mediante extracción en frío, metilación y cromatografía de gases (Agilent Technologies, EE.UU.).

La valoración económica se llevó a cabo considerando sólo los costes de alimentación (diferentes entre tratamientos) y los ingresos obtenidos por la venta de la canal, según precio de lonja por categoría, peso y conformación. Los datos de consumos y costes de alimentación no se analizan estadísticamente, al no estar registrados de manera individual.

Los datos referentes a pesos, ganancia media diaria (GMD), características de la canal y composición química de la carne e ingresos obtenidos por la venta de las canales se analizaron mediante un análisis de varianza (PROC GLM) con el tratamiento como efecto fijo. La evolución del color del músculo y su dureza a lo largo del periodo de maduración se analizaron mediante un análisis de varianza de medidas repetidas (PROC MIXED), con el tratamiento, el tiempo y su interacción como factores fijos y el animal como aleatorio. Se presentan las medias mínimo cuadráticas y el error estándar de la diferencia (e.e.d.).

Resultados y discusión

Alimentos utilizados

La mezcla unifeed presentó una proporción media de 20.7% de núcleo proteico y 79.3% de ensilado de maíz, en fresco; la relación fue de 42.6% y 57.4% respectivamente en términos de materia seca. La composición química de los alimentos utilizados se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición química de los alimentos utilizados en el ensayo
Table 1. Chemical composition of the feedstuffs used in the experiment

	Pienso convencional	Ensilado de maíz	Núcleo proteico	Mezcla unifeed
Materia seca, g/kg MF	879	307	907	413
Proteína bruta, g/kg MS	132	77	205	148
Fibra bruta, g/kg MS	43	221	94	174
Fibra Neutro Detergente, g/kg MS	—	470	—	394
Fibra Acido Detergente, g/kg MS	—	270	—	239
Almidón, g/kg MS	415	237	283	219
Grasa bruta, g/kg MS	65	—	38	26
Cenizas, g/kg MS	79	42	84	73

Rendimientos técnico-económicos de los animales durante el cebo

No se detectaron incidencias de tipo sanitario en ninguno de ambos lotes durante el periodo experimental que pudieran asociarse a la dieta recibida.

Los animales de ambos lotes tuvieron similar edad y peso medio al inicio del ensayo. La evolución del peso medio de las terneras de ambos tratamientos durante el cebo se presenta en la Figura 1. Ésta fue prácticamente lineal durante todo el periodo, si bien se observa un menor aumento de peso al final debido a la salida del primer lote de animales a sacrificio, al alcanzar el peso objetivo. Aunque se observó un peso ligeramente superior en las terneras del lote PIENSO en algunos controles, las diferencias no fueron significativas en ningún momento.

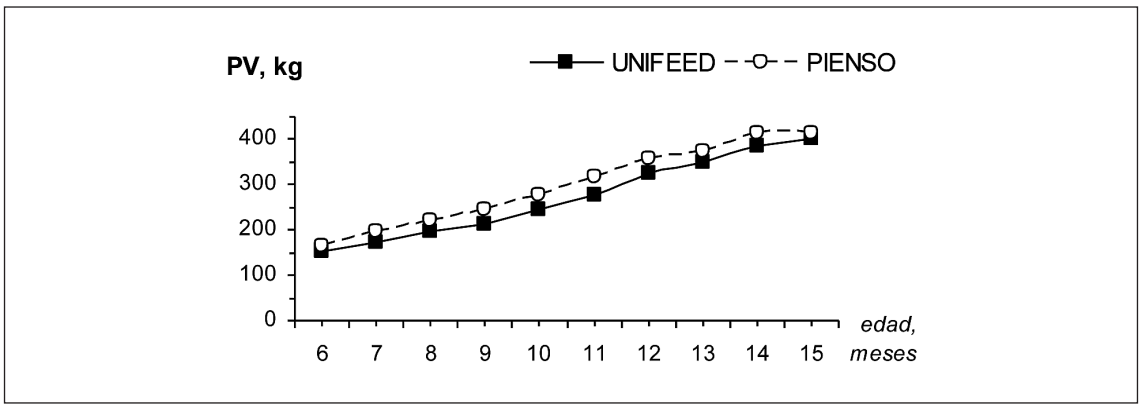


Figura 1. Evolución del peso de las terneras durante el periodo experimental en función de la dieta recibida.
Figure 1. Monthly live weights of the heifers through the experimental period according to feeding treatment.

La ganancia media diaria (GMD) no fue significativamente diferente entre tratamientos durante todo el periodo de cebo ni entre ninguna de las pesadas mensuales. Esto les permitió alcanzar el peso objetivo al sacrificio a la misma edad, sin observarse diferencias significativas en la duración del periodo de cebo asociadas al tratamiento (Tabla 2). Estos resultados contrastan con lo habitualmente observado en dietas con distinta proporción de forraje y concentrado utilizando hierba ensilada (Keane *et al*., 2006) o en pastoreo directo (Casasús *et al*., 2011), donde las ganancias dependen de la proporción de concentrado en la dieta. Esta discrepancia podría deberse al hecho de que el ensilado de maíz de planta entera es un forraje con un alto contenido energético frente al silo de pradera o el pasto aprovechado a diente, y por tanto la dieta mezclada resultante permitiría un crecimiento relativamente alto.

Las ganancias de las terneras del lote UNIFEED fueron del orden de las observadas por Zea *et al*. (2009) en terneras de raza Rubia Gallega y su cruce con Frisona alimentadas con ensilado de maíz a voluntad y 1.5 kg de concentrado/d (GMD 1.16 kg/d). Sin embargo, fueron claramente inferiores a las observadas por Albertí *et al*. (1995) en machos

de raza Pirenaica cebados con silo de maíz a voluntad y suplementación de 4 kg de pienso (GMD 1.55 kg/d), diferencia que podría deberse a un menor consumo de concentrado en el ensayo actual, al sexo y al menor control ambiental en granjas comerciales frente a las condiciones experimentales. Por otro lado, las ganancias de este lote fueron algo superiores a las observadas por Eguinoa y Huguet (2004) en terneros de raza Pirenaica cebados a base de silo de maíz (60%) y concentrado (40%), ambos ecológicos (GMD 0.95 kg/d), a pesar de la mayor proporción de pienso en dicho ensayo, que en otros trabajos con silo de maíz ha resultado determinante de un mayor crecimiento (Sami *et al*., 2004). La diferencia podría deberse, en parte, a la adecuación de suplementación proteica aportada por los piensos a las necesidades nutritivas de los animales (16% en el concentrado ecológico vs. 20.5% de proteína en el núcleo del presente ensayo).

Tabla 2. Peso, edad y crecimiento de los animales durante el cebo en función de la dieta recibida
Table 2. Weight, age and growth rates of the heifers through the experimental period according to feeding treatment

Lote	UNIFEED	PIENSO	e.e.d	Significación
Edad inicial, d	174	175	*17.4*	NS
Edad sacrificio, d	448	425	*20.2*	NS
Duración del cebo, d	274	250	*13.4*	NS
Peso inicial, kg	152	165	*14.3*	NS
Peso final, kg	434	442	*13.1*	NS
GMD global, kg/d	1.053	1.134	*0.06*	NS

En la Tabla 3 se presentan los consumos e índices de transformación medios de las terneras durante el cebo, sin análisis estadístico al tratarse de datos registrados por lote. En el caso del lote UNIFEED, el consumo de 15.80 kg/d en fresco de la dieta mezclada supuso un consumo 12.53 kg MF de ensilado de maíz y 3.25 kg MF de núcleo proteico, siendo el consumo de materia seca de 3.69 y 2.84 kg, respectivamente.

El consumo y el índice de transformación de materia seca fueron superiores en el lote UNIFEED que en las terneras del lote PIENSO. La diferente transformación no se debe al crecimiento, que fue similar entre lotes, sino a la menor concentración energética de la dieta única con respecto al pienso. El índice de conversión de las terneras del lote PIENSO fue mayor al observado por Blanco *et al*. (2009) en machos de raza Pirenaica alimentados con una dieta similar. Esta peor eficiencia de transformación de las hembras se debería tanto a su menor ritmo de ganancia de peso como a que, a igual edad, depositan una mayor proporción de grasa en dicha ganancia. El índice de conversión de las hembras del lote UNIFEED fue mayor al observado por Albertí *et al*. (2010b) en terneras irlandesas alimentadas con dietas unifeed formuladas con una mayor concentración energética (56% de silo de maíz sobre materia fresca, complementado con cebada y un núcleo proteico) para un objetivo de crecimiento superior (1.4 kg/d).

Tabla 3. Consumos e índices de transformación (IT) de alimento de las terneras en función de la dieta recibida
Table 3. Heifer feed intake and feed:gain according to feeding treatment

Lote	UNIFEED	PIENSO
Consumo, kg MF/d	15.80	6.83
Consumo, kg MS/d	6.53	6.00
IT kg alimento MS/kg ganancia	6.20	5.29
IT € alimento/kg ganancia	1.50	1.69

Cuando la ingestión se calculó de manera relativa al peso vivo, utilizando en ambos casos las medias mensuales, las diferencias se invirtieron al realizar los cálculos en materia fresca (34.4 g MF/kg PV de media en el lote UNIFEED vs. 24.9 en el lote PIENSO) o en materia seca (14.2 g MS/kg PV en el lote UNIFEED vs. 21.9 en el lote PIENSO) (Figura 2). En términos relativos al peso vivo, la ingestión de MS del lote UNIFEED fue inferior a la observada por Casasús *et al*. (2004) en novillas de raza Pirenaica de un peso similar consumiendo heno de pradera de buena calidad, diferencia que vendría en parte ligada al alto contenido en humedad de la dieta mezclada, por su efecto "saciante".

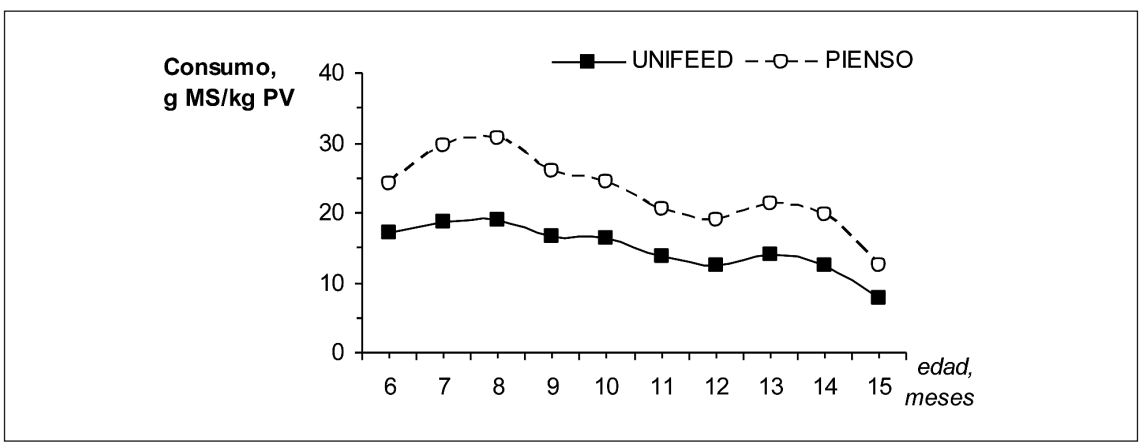


Figura 2. Consumo de alimento (MS) relativo al peso vivo mensual en función de la dieta recibida.
Figure 2. Monthly feed intake relative to live weight according to feeding treatment.

Los índices de transformación económicos se han calculado considerando los costes de los alimentos en fresco, sin contabilizar los costes de mezcla y distribución de alimentos en el lote UNIFEED, que supondrían un coste adicional en combustible de en torno a 2 € por día para dicho lote de animales. Por otro lado, tampoco se consideró el consumo de paja en el lote PIENSO, que fue el único que tuvo paja a libre disposición. Sólo se han te-

nido en cuenta los costes variables de alimentación, ya que no hubo diferencias en costes sanitarios o costes asociados a la duración de la estancia en el cebadero. Con estos datos, el índice de transformación económico (€ de alimento por kg de ganancia de peso) sería ligeramente favorable al lote UNIFEED, con una reducción del 11% del coste. En el mismo sentido, otros autores indican un mayor coste de producción por kg de ganancia en las dietas a base de concentrados (Berthiaume *et al*., 2006). En otros trabajos (Keane y Allen, 1998; Blanco *et al*., 2011) se describe un mayor margen bruto (ingresos por la canal – costes de alimentación) en sistemas de producción más extensivos basados en pastoreo que en los intensivos con acabados a pienso, a pesar del menor ritmo de ganancia observado en los primeros.

Calidad de la canal

Las características de las canales producidas se presentan en la Tabla 4. No se observaron diferencias significativas asociadas a la alimentación recibida en el peso de la canal oreada ni en el rendimiento canal (ya que el peso vivo al sacrificio y el de la canal fueron similares entre lotes), a pesar de que en algunos trabajos se apunta a que las dietas con una mayor proporción de forrajes pueden reducir este rendimiento por un mayor contenido digestivo (Keane y Moloney, 2009; Zea *et al*., 2009). Posiblemente, en el presente trabajo el uso de un forraje de alta calidad y picado, con un rápido tránsito intestinal, no llegó a originar estas diferencias.

La conformación de las canales fue algo inferior a la observada por Panea *et al*. (2008) en machos de raza Pirenaica de edad al sacrificio similar a la de este ensayo, pero del orden de la descrita por Albertí *et al*. (2010a) en hembras de la misma raza. La conformación no fue diferente entre tratamientos (U en ambos lotes), pero las canales del lote alimentado con PIENSO tuvieron un engrasamiento ligeramente superior a las cebadas con UNIFEED (2+ vs. 2, $P<0.01$), quizá ligado al mayor contenido en grasa de su dieta. En el mismo sentido, Zea *et al*. (2009) hallaron una mayor cantidad de grasa de riñonada en terneras finalizadas con pienso a voluntad frente a las que recibían silo de maíz suplementado con 1.5 kg/d de pienso; y otros autores (Berthiaume *et al*., 2006; Keane *et al*., 2006) observaron una relación entre la suplementación de pienso y la nota de engrasamiento de las canales. No hubo diferencias entre tratamientos en el precio percibido por kg de canal en función del peso y conformación de la misma, y tampoco por la canal entera, ya que el peso fue similar y ninguna canal sufrió depreciaciones debido al color de su grasa o clasificación.

En cuanto al color de la grasa subcutánea, no hubo diferencias en el tono, aunque se detectaron valores ligeramente superiores en los índices de rojo ($P<0.05$) y amarillo ($P<0.01$) y de Croma (C*) o saturación del color ($P<0.01$) en el lote UNIFEED, lo que indica que esa grasa fue algo más pigmentada. Sin embargo, no hubo depreciación comercial ya que no eran diferencias detectables por el ojo humano.

La integral del espectro de reflectancia trasladado en la zona de absorción de los carotenoides (SUM) presentó un valor también superior ($P<0.05$) en el lote UNIFEED, lo que indicaría una mayor concentración de estos pigmentos. Esta diferencia podría ser un elemento de trazabilidad del sistema de alimentación por medio de regresiones logísticas, como describen Ripoll *et al*. (2008) en ovino y Blanco *et al*. (2011) en vacuno, aunque las diferencias observadas entre lotes en el presente ensayo son menores a las observadas por éstos últimos entre terneros cebados a pienso o en praderas de alfalfa. Esta metodología permitiría discriminar entre animales alimentados con piensos y en pastoreo o con dietas forrajeras aún cuando las diferencias en el color de la grasa no fueran detectables a simple vista.

La escasa magnitud de las diferencias en la pigmentación de la grasa se debería a que la

Tabla 4. Características de las canales, precio y color de la grasa subcutánea en función de la dieta recibida
Table 4. Carcass characteristics, price and subcutaneous fat colour according to feeding treatment

	UNIFEED	PIENSO	e.e.d.	Significación
Peso canal oreada, kg	251	261	*9.7*	NS
Rendimiento canal, %	58.0	59.0	*1.06*	NS
Conformación (escala 1-18)	10.9 (U)	10.8 (U)	*0.43*	NS
Engrasamiento (escala 1-15)	4.8 (2)	5.9 (2+)	*0.49*	**
Precio percibido				
€ / kg canal	4.17	4.19	*0.07*	NS
€ / canal	1050	1096	*55.4*	NS
Color de la grasa subcutánea				
L*	67.1	66.7	*2.33*	NS
a*	4.2	2.6	*0.72*	*
b*	11.3	8.9	*0.70*	**
h*	69.6	74.2	*3.39*	NS
C*	12.1	9.3	*0.78*	**
SUM	207.8	172.4	*12.56*	*

proporción de maíz grano en el concentrado utilizado en el lote PIENSO también fue alta (40%), por lo que la proporción de pigmentos en las dietas sería menos diferente que cuando se comparan dietas más diferentes en cuanto a su concentración de pigmentos. En cualquier caso, Cooke *et al*. (2004) también hallaron diferencias en el mismo sentido entre terneras cebadas a base de concentrado o con dietas unifeed con una alta proporción de silo de maíz y hierba; aunque otros autores no detectan estas diferencias (Berthiaume *et al*., 2006). En comparación con canales de terneros de raza Parda de Montaña de similar peso cebados en praderas de alfalfa (Blanco *et al*., 2011), esta grasa presentó un índice de rojo similar pero mucho menor índice de amarillo y saturación del color. Estos valores también fueron inferiores a los observados en terneros cebados en praderas polifitas de montaña (Casasús *et al*., 2011), lo que apuntaría a que el depósito de pigmentos procedentes del forraje es inferior en dietas basadas en silo de maíz que en pastoreo de hierba en fresco, por la menor concentración en pigmentos como el beta-caroteno o la luteína (Dunne *et al*., 2009), como observaron Varela *et al*. (2004).

Calidad de la carne

El pH final de la carne tuvo un valor de 5.6 en ambos tratamientos (e.e.d. 0.02, NS), que se corresponde con animales que no han sufrido estrés previo al sacrificio que pueda afectar negativamente al color o la textura de la carne.

Con respecto a la evolución de la dureza instrumental de la carne, en ningún momento hubo diferencias entre tratamientos en el

esfuerzo necesario para el corte (Figura 3). El efecto de la alimentación sobre este parámetro es controvertido en la bibliografía (Sami *et al*., 2004), puesto que en algunos trabajos se aprecia una mayor terneza en la carne de animales cebados con dietas basadas en concentrado frente a otras con mayor proporción de forraje (Kerth *et al*., 2007), mientras en otros se indica que en animales de un mismo sexo y raza, sacrificados a igual peso y edad, las diferencias entre dietas a base de forraje o concentrado son inexistentes (Moloney *et al*., 2001; Faucitano *et al*., 2008; Blanco *et al*., 2010). Varela *et al*. (2004) observaron que la carne procedente de animales cebados en pastoreo era más tierna que la de los cebados con silo de maíz y concentrados, aunque las diferencias desaparecían a los 7 d de maduración. En el presente ensayo, los valores de ambos tratamientos fueron bajos en referencia a los observados habitualmente en terneros, y similares a los obtenidos por Albertí *et al*. (2011) en hembras de raza Pirenaica. A lo largo del periodo de maduración la dureza de la carne disminuyó a consecuencia de los procesos de "tenderización", como media, un 7% a los 7 días y un 23% a los 14 días.

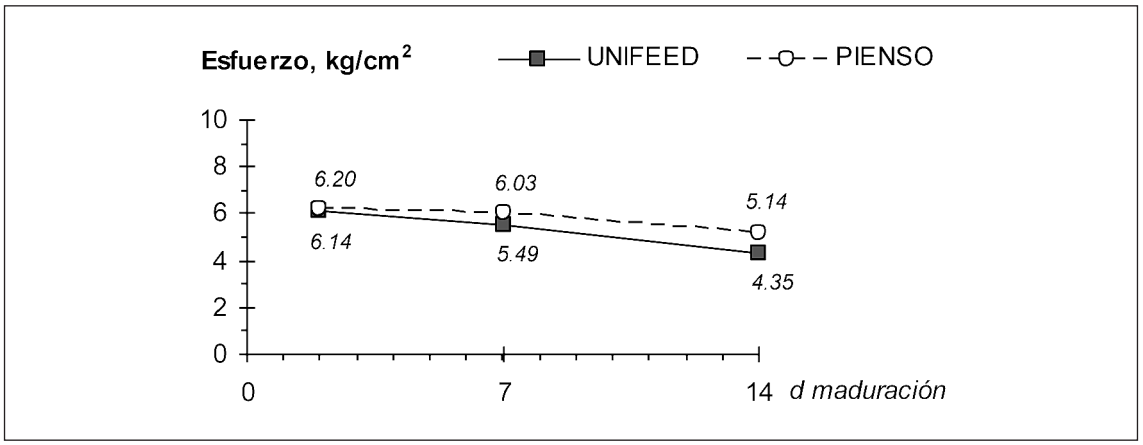


Figura 3. Evolución de la dureza instrumental de la carne durante el periodo de maduración en función de la dieta recibida.
Figure 3. Evolution of maximum stress of meat according to feeding treatment.

Las carnes procedentes de ambos tratamientos tuvieron similar evolución del color durante un periodo de exposición al oxígeno de 13 días. La luminosidad se mantuvo muy constante durante este periodo, con valores entre 37 y 43. El índice de rojo aumentó de 11 a 17 puntos a las 24 horas para luego disminuir casi linealmente hasta un valor final de 15, mientras que el índice de amarillo pasó de 4 a 10 en el primer día y posteriormente se mantuvo constante. En consecuencia, el tono aumentó su valor entre el momento del corte y las 24 horas, en que alcanzó su máximo apogeo (*blooming*) y posteriormente se mantuvo estable (Figura 4), lo que indicaría la ausencia de procesos de decoloración y oxidación de los pigmentos del músculo (Albertí *et al.*, 2005). Tras el incremento ocurrido el primer día, la saturación (C*) disminuyó de manera paulatina (Figura 4), sin rebasar el límite inferior de 18, bajo el cual la carne comienza a tener un rojo apagado (McDougall,

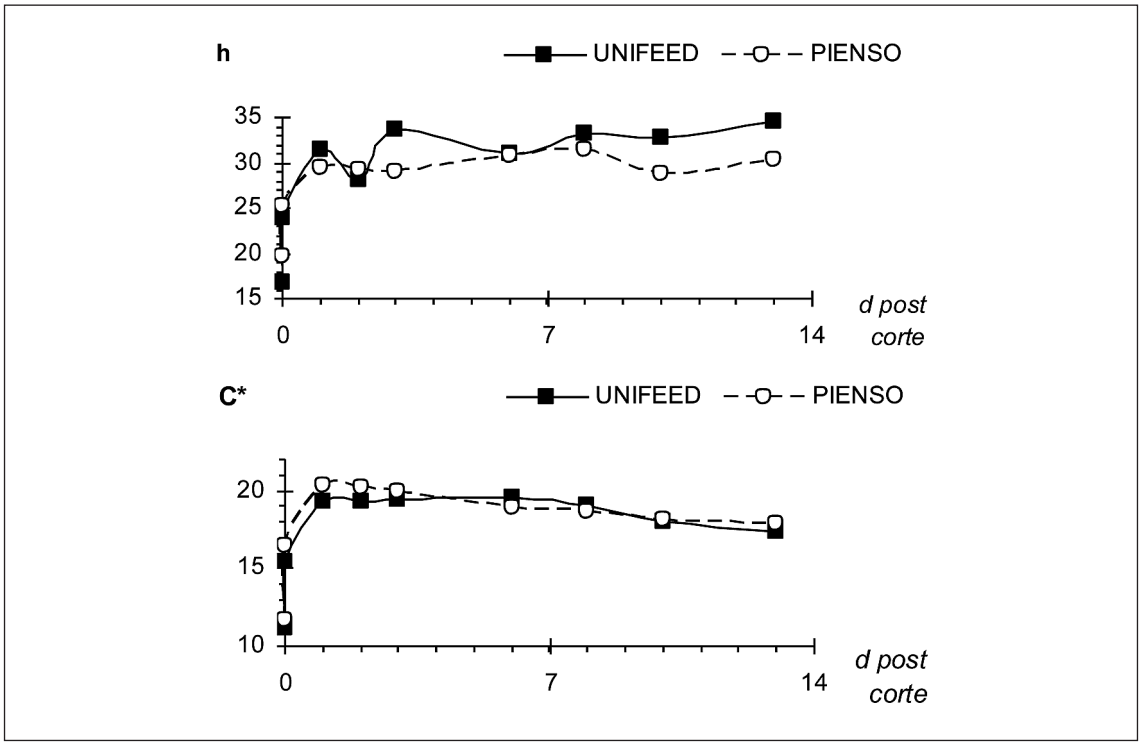


Figura 4. Evolución de la saturación del color (Croma, C*) y el tono (h) de la carne envasada en film permeable al oxígeno en función de la dieta recibida.
Figure 4. Evolution of Croma and Hue angle of meat according to feeding treatment.

1982). En función de los resultados obtenidos por Ripoll *et al*. (en prensa) en carne de añojos alimentados con pienso y silos, los valores de C* y L* observados en el presente experimento se relacionarían con notas altas de aceptabilidad por parte de los consumidores en la apreciación visual.

No hubo diferencias significativas entre tratamientos en ninguno de los parámetros analizados en ninguno de los momentos de medida (C* y h presentados en la Figura 4), mientras que el efecto del tiempo fue altamente significativo en todos ellos. La ausencia de diferencias entre tratamientos, en contra de lo observado en el color de la grasa subcutánea, se debería a que los pigmentos responsables de estas diferencias son lipófilos, es decir, se acumulan principalmente en la grasa, y por ello su concentración en la carne es menor. El color de la carne depende fundamentalmente del estado oxidativo de la mioglobina, que si bien puede estar afectado por la alimentación cuando se comparan dietas intensivas frente al cebo en pastoreo (por el mayor aporte de vitamina E procedente del pasto), si la base forrajera es silo de maíz este aporte es poco significativo (Nuernberg *et al*., 2005) y por tanto de escasa influencia. A diferencia del silo de maíz, en algunos ensayos de cebo realizados con silo de hierba frente a pienso sí se ha observado un diferente color del músculo y una mayor estabilidad en la carne de los animales cebados con ensilado (Warren *et al*., 2008b), mo-

tivado por una mayor concentración de vitamina E en el músculo. Sin embargo, otros ensayos con silo de hierba a voluntad frente a dietas con un 70% de concentrado no llegan a detectar estas diferencias (Faucitano *et al*., 2008). La carne de las terneras alimentadas con unifeed presentó menor índice de amarillo y mayor índice de rojo del observado por Blanco *et al*. (2010) en terneros cebados en praderas de alfalfa, lo que indicaría una menor acumulación de pigmentos carotenoides, por su menor concentración en el forraje consumido.

El análisis químico de la carne indicó que no hubo diferencias entre tratamientos en la humedad ni el contenido en grasa y proteína (Tabla 5). Los valores fueron superiores a los observados por Blanco *et al*. (2010) en machos cebados en praderas de alfalfa, lo que se explicaría tanto por el hecho de ser en este caso hembras como por el alto contenido energético de la dieta mezclada a base de silo de maíz de planta entera en el presente trabajo, que permitiría una mayor deposición de grasa en la ganancia.

Tabla 5. Composición química de la carne de las terneras en función de la dieta recibida
Table 5. Meat chemical composition according to feeding treatment

Lote	UNIFEED	PIENSO	e.e.d	Significación
Materia seca, g/kg	268.4	251.3	*20.2*	NS
Grasa, g/kg	36.8	31.7	*7.28*	NS
Proteína, g/kg	219.6	205.1	*15.8*	NS

Con respecto a la calidad nutricional de la grasa, no hubo diferencias entre tratamientos en los ácidos grasos mayoritarios en la grasa intramuscular de rumiantes, como el palmítico (C16:0), el esteárico (C18:0) o el oleico (C18:1); tampoco las hubo en la proporción total de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados. Se observó una tendencia a una mayor concentración de ácido linoleico (C18:2) en las terneras del lote PIENSO, como han descrito otros trabajos (French *et al*., 2000), ya que los concentrados tienen una alta proporción de C18:2. También hubo diferencias más relevantes en algunos aspectos de especial impacto en la salud humana (Scollan *et al*., 2006), como la concentración de ác. vaccénico y ác. linoleico conjugado, la proporción de ácidos grasos poliinsaturados de tipo n-3 y la relación n-6 / n-3, todos ellos más favorables en las terneras del lote UNIFEED con respecto al tratamiento PIENSO. Estas diferencias son similares a las encontradas por Cooke *et al*. (2004) entre terneras cebadas a base de concentrado o con dietas unifeed con alta proporción de forraje, y a los resultados de Faucitano *et al*. (2008) en animales cebados con silo de hierba frente a un 70% de concentrado (mayor proporción de ácidos grasos n-3 y de ác. linoleico conjugado en los primeros) y a los de Zea *et al*. (2008) en acabados con silo o concentrado, lo cual apunta a una mejor calidad nutricional de la grasa de los animales cebados con mayor proporción de forraje. Warren *et al*. (2008a) obtuvieron resultados más dispares al comparar animales de diversas razas cebados con concentrados o silo de hierba, asociado al mayor contenido en grasa de la carne de estos últimos que conllevaba una menor proporción de poliinsaturados. Sin embargo, en el mismo sentido que en el

Tabla 6. Perfil de ácidos grasos de la carne de las terneras en función de la dieta recibida
Table 6. Meat fatty acid profile according to feeding treatment

	UNIFEED	PIENSO	e.e.d.	Significación
Cáprico (C10:0)	0.08	0.07	*0.057*	0.08
Láurico (C12:0)	0.06	0.05	*0.004*	NS
Mirístico (C14:0)	2.47	2.34	*0.156*	NS
Miristoleico (C14:1)	0.35	0.31	*0.049*	NS
Pentanoico (C15:0)	0.29	0.31	*0.02*	NS
Palmítico (C16:0)	26.62	26.77	*0.592*	NS
Palmitoleico (C16:1 n7)	3.13	2.99	*0.181*	NS
Margárico (C17:0)	0.78	0.74	*0.051*	NS
Margaroleico (C17:1)	0.47	0.47	*0.036*	NS
Esteárico (C18:0)	17.48	18.24	*0.808*	NS
Oleico (C18:1 n9)	35.62	35.31	*1.117*	NS
Vaccénico (C18:1 n7)	4.45	3.09	*0.292*	***
Linoleico (C18:2 n6)	5.23	6.31	*0.587*	0.09
Linolénico (C18:3 n3)	0.36	0.21	*0.024*	***
Linoleico conjugado (CLA, C18:2 n7c9-t11)	0.54	0.30	*0.045*	***
Araquídico (C20:0)	0.11	0.12	*0.006*	NS
Gadoléico (C20:1)	0.15	0.16	*0.013*	NS
Araquidónico (C20:4)	1.24	1.59	*0.215*	NS
Eicosapentaenoico (C20:5) EPA	0.08	0.08	*0.009*	NS
Docosatetraenoico (C22:4 n-6)	0.25	0.29	*0.038*	NS
Docosapentaenoico (C22:5) DPA	0.25	0.25	*0.029*	NS
Ac. grasos saturados	47.89	48.65	*1.168*	NS
Ac. grasos monoinsaturados	44.16	42.32	*1.117*	NS
Ac. grasos poliinsaturados	7.71	8.74	*0.825*	NS
Poliinsaturados n-6	6.72	8.18	*0.789*	0.09
Poliinsaturados n-3	0.69	0.55	*0.056*	*
Relación n-6 / n-3	9.63	14.83	*0.311*	***
Relación Poliinsaturados / Saturados	0.16	0.18	*0.019*	NS

presente trabajo, observaron mayor proporción de ácidos tipo n-3 y una menor relación n-6 / n-3 en los terneros cebados con silo.

Los valores observados en el lote PIENSO respecto a la proporción de ácidos grasos poliinsaturados y la relación n-6/n-3 son similares a los observados por Albertí *et al*. (2011) en terneras de raza Pirenaica cebadas con concentrados. Los valores respectivos en el lote UNIFEED son menores a los referidos por Blanco *et al*. (2010) en terneros cebados en praderas de alfalfa con suplementación de 2 kg/d de cebada (25.7% y 2.5 respectivamente), pero la relación se encuentra en el rango de 4 a 10 observado por Albertí *et al*. (2010b) en animales cebados con ensilados. En el mismo sentido, Varela *et al*. (2004) también observaron que estos índices, aunque mejoran con respecto a dietas basadas en concentrados, son menos favorables en dietas de en silo de maíz frente al cebo en pastoreo, lo que indicaría que estos sistemas permiten obtener una calidad nutricional de la grasa intermedia entre el cebo convencional y el cebo más extensivo en pastos.

Conclusiones

El cebo de terneras con una dieta mixta a base de ensilado de maíz complementada con un núcleo proteico permitió crecimientos similares a los observados en dietas convencionales a base de pienso a libertad, con un menor coste de alimentación por kg de ganancia, produciendo canales de similar peso y conformación, ligeramente menos engrasadas y con una grasa algo más pigmentada, con una carne de similar calidad instrumental pero mejor calidad nutricional de la grasa. Todo ello indica que el cebo con ensilados puede ser una alternativa técnica y económicamente eficiente que permita satisfacer las demandas nutricionales de los consumidores. Si bien la mejora nutricional es menor a la observada en animales cebados en pastos, este sistema presenta la ventaja de ser menos dependiente de las condiciones meteorológicas que hacen que los rendimientos técnicos obtenidos en pastoreo sean más aleatorios.

Agradecimientos

Financiación procedente de INIA (RTA2010-57), Gobierno de Aragón (DER-2008-02-50-729002-553) y FEDER. Muy especialmente a Enrique Callejas, por las facilidades prestadas para la realización del ensayo en su explotación, y a Francisco Moro, de laboratorios NUTRAL, por su colaboración.

Bibliografía

Albertí P, Sañudo C, Santolaria P, 1995. El cebo de terneros con silo de maíz complementado con pienso. Bovis 63: 65-74.

Albertí P, Ripoll G, Casasús I, Blanco M, Chapullé J.L.G, Santamaría J, 2005. Efecto de la inclusión de antioxidantes en dietas de acabado sobre la calidad de carne de terneros. ITEA-Informaciones Tecnico-Económicas, 101(2): 91-100.

Albertí P, Casasús I, Ripoll G, Panea B, Blanco M, 2010a. Mejora del engrasamiento de canales de raza Pirenaica mediante la elección de la categoría comercial. II Congreso Nacional de Zootecnia, Lugo, 28-29 Octubre. 112-115.

Albertí P, Ripoll G, Panea B, Casasús I, Joy M, Congost S, Vallés M, 2010b. Utilización de sistemas de cebo basados en ensilados y forrajes unifeed como alternativa al sistema de cebo a pienso; efecto en los parámetros productivos y en la calidad de la carne. Informaciones Técnicas. Dirección General de Desarrollo Rural. Centro de Transferencia Agroalimentaria 215: 1-16.

Albertí P, Ripoll, G, Casasús, I, Panea, B, Blanco, M, 2011. Calidad de la carne de tres categorías comerciales de raza Pirenaica. XIV Jornadas sobre

Producción Animal A.I.D.A., Zaragoza, 17-18 Mayo. A. Sanz, I. Casasús, M. Joy, J. Alvarez-Rodriguez, J. H. Calvo, B. Panea, P. M. Muñoz, J. Balcells (Ed.). A.I.D.A. 2: 751-753.

Bernués A, Ruiz R, Olaizola A, Villalba D, Casasús I, 2011. Sustainability of pasture-based livestock farming systems in the European Mediterranean context: Synergies and trade-offs. Livestock Science 139: 44-57.

Berthiaume R, Mandell I, Faucitano L, Lafrenière C, 2006. Comparison of alternative beef production systems based on forage finishing or grain-forage diets with or without growth promotants: 1. Feedlot performance, carcass quality, and production costs. Journal of Animal Science 84: 2168-2177.

Blanco M, Villalba D, Ripoll G, Sauerwein H, Casasús I, 2009. Effects of early weaning and breed on calf performance and carcass and meat quality in fall-born bull calves. Livestock Science 120: 103-115.

Blanco M, Casasús I, Ripoll G, Panea B, Albertí P, Joy M, 2010. Lucerne grazing compared with concentrate-feeding slightly modifies carcase and meat quality of young bulls. Meat Science 84: 545-552.

Blanco M, Joy M, Ripoll G, Sauerwein H, Casasús I, 2011. Grazing lucerne as fattening management for young bulls: technical and economic performance and diet authentication. Animal 5: 113-122.

Casasús I, Sanz A, Villalba D, Ferrer R, Revilla R, 2004. Intake capacity of two breeds of suckler cattle of different milk yield potential and validation of prediction models. Livestock Production Science 89: 195-207.

Casasús I, Joy, M, Albertí, P, Ripoll, G, Blanco M, 2011. Influencia del nivel de suplementación sobre los rendimientos y características de la canal y la carne de terneros de raza Parda de Montaña cebados en pastoreo. XIV Jornadas sobre Producción Animal A.I.D.A., Zaragoza, 17-18 Mayo. A. Sanz, I. Casasús, M. Joy, J. Alvarez-Rodríguez, J.H. Calvo, B. Panea, P.M. Muñoz, J. Balcells (Ed.). A.I.D.A. 1: 61-63.

Cooke DWI, Monahan FJ, Brophy PO, Boland MP, 2004. Comparison of concentrates or concentrates plus forages in a total mixed ration or discrete ingredient format: Effects on beef production parameters and on beef composition, colour, texture and fatty acid profile. Irish Journal of Agricultural and Food Research 43: 201-216.

Dunne PG, Monahan FJ, O'Mara FP, Moloney AP, 2009. Colour of bovine subcutaneous adipose tissue: A review of contributory factors, associations with carcass and meat quality and its potential utility in authentication of dietary history. Meat Science 81: 28-45.

Eguinoa P, Huguet J, 2004. Producción de carne de vacuno ecológica: sistemas de alimentación en cebo. Navarra Agraria 143: 56-64.

Faucitano L, Chouinard PY, Fortin J, Mandell IB, Lafrenière C, Girard CL, Berthiaume R, 2008. Comparison of alternative beef production systems based on forage finishing or grain-forage diets with or without growth promotants: 2. Meat quality, fatty acid composition, and overall palatability. Journal of Animal Science 86: 1678-1689.

Ferret A, Calsamiglia, S, Bach, A, Devant, M, Fernández, C, García-Rebollar, P, 2008. Necesidades nutricionales para rumiantes de cebo (normas FEDNA). Ed. Fundación Española para el Desarrollo de la Alimentación Animal. 54 págs.

French P, Stanton C, Lawless F, O'Riordan EG, Monahan FJ, Caffrey PJ, Moloney AP, 2000. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. Journal of Animal Science 78: 2849-2855.

Keane MG, Allen P, 1998. Effects of production system intensity on performance, carcass composition and meat quality of beef cattle. Livestock Production Science 56: 203-214.

Keane MG, Drennan MJ, Moloney AP, 2006. Comparison of supplementary concentrate levels with grass silage, separate or total mixed ration feeding, and duration of finishing in beef steers. Livestock Science 103: 169-180.

Keane MG, Moloney AP, 2009. A comparison of finishing systems and duration for spring-born Aberdeen Angus × Holstein-Friesian and Bel-

gian Blue × Holstein-Friesian steers. Livestock Science 124: 223-232.

Kerth CR, Braden KW, Cox R, Kerth LK, Rankins DLJ, 2007. Carcass, sensory, fat color, and consumer acceptance characteristics of Angus-cross steers finished on ryegrass (Lolium multiflorum) forage or on a high-concentrate diet. Meat Science 75: 334-341.

Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino (MARM), 2011. El sector de la carne de vacuno en cifras. Principales indicadores económicos. Subdirección General de Productos Ganaderos, Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino. www.marm.es (consulta noviembre 2011).

McDougall DB, 1982. Changes in the colour and opacity of meat. Food Chemistry, 9: 74-88.

Mazzenga A, Gianesella M, Brscic M, Cozzi G, 2009. Feeding behaviour, diet digestibility, rumen fluid and metabolic parameters of beef cattle fed total mixed rations with a stepped substitution of wheat straw with maize silage. Livestock Science 122: 16-23.

Moloney AP, Mooney MT, Kerry JP, Troy DJ, 2001. Producing tender and flavoursome beef with enhanced nutritional characteristics. Proceedings of the Nutrition Society 60: 221-229.

Nuernberg K, Dannenberger D, Nuernberg G, Ender K, Voigt J, Scollan ND, Wood JD, Nute GR, Richardson RI, 2005. Effect of a grass-based and a concentrate feeding system on meat quality characteristics and fatty acid composition of longissimus muscle in different cattle breeds. Livestock Production Science 94: 137-147.

Panea B, Alberti P, Olleta JL, Campo MM, Ripoll G, Altarriba J, Sañudo C, 2008. Intrabreed variability and relationships for 41 carcass and meat traits in Pirenaica cattle. Spanish Journal of Agricultural Research 6: 546-558.

Prache S, Thèriez M, 1999. Traceability of lamb production systems: carotenoid pigments in plasma and adipose tissue. Animal Science 69, 29-36.

Ripoll G, Joy M, Muñoz F, Albertí, P, 2008. Meat and fat colour as a tool to trace grass-feeding systems in light lamb production. Meat Science, 80(2), 239-248.

Ripoll G, Panea B, Albertí P, 2012. Apreciación visual de la carne bovina y su relación con el espacio de color CIELab. ITEA-Informaciones Técnico-Económicas, Vol. 108(2): 218-228.

Sami AS, Augustin C, Schwarz FJ, 2004. Effects of feeding intensity and time on feed on performance, carcass characteristics and meat quality of Simmental bulls. Meat Science 67: 195-201.

Scollan N, Hocquette JF, Nuernberg K, Dannenberger D, Richardson I, Moloney A, 2006. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. Meat Science 74: 17-33.

Varela A, Oliete B, Moreno T, Portela C, Monserrrat L, Carballo JA, Sánchez L, 2004. Effect of pasture finishing on the meat characteristics and intramuscular fatty acid profile of steers of the Rubia Gallega breed. Meat Science 67: 515-522.

Villalba D, Molina, E, Cubiló, D, Blanco, M, Albertí, P, Joy, M, Casasús I, 2010. Alternativas técnicas para el engorde de terneros utilizando forrajes. Agroecología: 24-27.

Warren HE, Scollan ND, Enser M, Hughes SI, Richardson RI, Wood JD, 2008a. Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages. I: Animal performance, carcass quality and muscle fatty acid composition. Meat Science 78: 256-269.

Warren HE, Scollan ND, Nute GR, Hughes SI, Wood JD, Richardson RI, 2008b. Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages. II: Meat stability and flavour. Meat Science 78: 270-278.

Zea J, 1995. El ensilado de maíz para la producción de carne. Mundo Ganadero 2: 32-34.

Zea J, Díaz MD, Carballo JA, 2008. Efecto del acabado sobre la calidad de carne y grasa de terneros y terneras alimentados con ensilados. Archivos de Zootecnia 57: 465-476.

Zea J, Díaz MD, Carballo JA, 2009. Efecto del acabado sobre la calidad de la canal de terneros y terneras alimentados con ensilados. Archivos de Zootecnia 58: 11-22.

(Aceptado para publicación el 20 de enero de 2012)

Evolución del sector de la producción del toro de lidia en España. Censos y ganaderías

J.M. Lomillos[1], M.E. Alonso, C. Sánchez-García y V. Gaudioso

Departamento de Producción Animal, Facultad de Veterinaria de León, Universidad de León. Campus de Vegazana s\n 24071 León

Resumen

En este trabajo se describe la situación de la producción del Toro de Lidia en España, ahondando en los orígenes, evolución y distribución de las ganaderías, analizando sus características actuales y su repercusión en la economía española, ofreciendo datos del número de ganaderías y festejos celebrados en los últimos 10 años y comparando los censos de la raza de Lidia con los del resto de razas bovinas. Abordamos la estructura básica de una ganadería "tipo" y sus peculiaridades económicas, productivas y de gestión. Se observa una progresión positiva en el número de ganaderías y de animales, consecuencia de un aumento en el número de festejos taurinos durante la pasada década. Sin embargo, en los últimos años la crisis económica ha hecho que los festejos desciendan en un 38%, lo que ha repercutido en una bajada de los precios de las reses, añadido a otros problemas como el aumento del coste de la alimentación. Por todo ello, se constata la emergencia de un momento crítico para las explotaciones de Lidia, que deberán adaptarse a la nueva situación aumentando la presión de selección y mejorando la oferta con productos de mayor calidad.

Palabras clave: Ganado extensivo, ganadería, Lidia, vacuno.

Summary
Evolution of fighting bull production in Spain. Livestock census

In this study we describe the evolution of the fighting bull production sector in Spain, delving into the origins, evolution and distribution of herds, analyzing the present characteristics of the sector and its impact on the Spanish economy, providing data on the number of farms and celebrations held in the last 10 years and comparing the fighting bull breed census with other breeds. We address the internal organization of a standard farm and their economic, productive and organizational system. There is an increase in the number of herds and animals, result of an increase in the number of bullfight events during the last decade. However in the last three years the economic crisis has made these data fall by 38%, with the drop in cattle prices to added problems as the rising cost of food. Therefore, this is a turning point in Lidia cattle business management that must adapt to the new situation, increasing selection pressure and offering higher quality products.

Key words: Extensive cattle, fighting bull, livestock, bovine.

1. Autor para correspondencia: jmlomp@unileon.es

Introducción

Históricamente, la cría de ganado de Lidia ha sido, y sigue siendo, uno de los sectores de la producción animal más genuinos de nuestro país, debido a las particulares características etológicas de esta raza y las peculiaridades del sistema de producción y del producto obtenido, en nuestro caso animales aptos para la lidia (Sañudo, 2008).

España es el primer país productor de ganado vacuno de Lidia y posee el patrimonio genético más variado e importante de esta raza (Cañón, 2006) sostenida en gran medida por los ganaderos, que son a la vez los criadores y creadores de la misma. Son ellos los que están seleccionándola y conservándola desde hace siglos.

Este sector se encarga de la cría del protagonista principal de los espectáculos taurinos, constituyendo una importante realidad socio-económica que se prodiga a lo largo de toda la geografía española, Portugal, sur de Francia y buena parte de Latinoamérica (Rodríguez, 2002).

El ganado de Lidia es considerado el máximo exponente de la cría extensiva, por sus particularidades etológicas, la necesidad de amplios espacios y la dificultad en el manejo que presenta (Purroy, 2003). A su vez, se trata de una raza de gran rusticidad, capaz de adaptarse y aprovechar todo tipo de terrenos, incluso aquellos de climatología extrema (Sánchez *et al*., 1980). La mayoría de las ganaderías se enmarcan en territorios adehesados jugando un papel muy importante en el mantenimiento de la biodiversidad. Muchas de ellas están ubicadas en parques naturales y algunas en parques nacionales, donde contribuyen a la conservación del ecosistema (García, 2011).

Pese a la importancia del sector que nos ocupa, son pocos los estudios que han abordado su evolución, problemática y características propias como sub-sector de ganado vacuno claramente diferenciado del cárnico y lechero. Por todo ello, pretendemos realizar aquí una somera revisión sobre los orígenes y evolución de las ganaderías para, finalmente, analizar la situación actual de este sector, deteniéndonos en las características de las explotaciones y su perfil económico.

La raza de Lidia

El ganado de Lidia constituye una raza autóctona cuya producción tiene una gran trascendencia económica y social en nuestro país. Desde el punto de vista zootécnico, se trata de un animal único en el mundo que atesora un importante caudal genético (Cañón *et al*., 2008). Por otro lado, existe un arraigo ancestral dentro de las manifestaciones culturales de muchos de nuestros pueblos y ciudades, siendo parte esencial e irremplazable en sus tradiciones festivas (Cossío, 1951). De toros se ha escrito novela, ensayo, biografía, historia, poesía, épica, lírica..., sobre ellos han pintado realistas, impresionistas y cubistas y han esculpido imaginativos y clásicos. Se han compuesto coplas, zarzuelas, tangos, boleros, pasodobles y se han hecho múltiples películas (Díaz, 2010).

La raza se genera en España en la Edad Media. En esta época los señores feudales mantenían toros, como otros animales salvajes, en cautividad, sin una selección especial. En tiempos de los Reyes Católicos ya se dan los primeros indicios de selección del toro bravo, durante los siglos XV y XVI, en la provincia de Valladolid se cría, en amplios terrenos, una vacada que pudo sentar las bases de la bravura del toro de lidia actual (Cossío, 1951).

El animal se caracteriza por su agresividad y resistencia al manejo convencional (Rodríguez, 2002). Ha ido evolucionando a lo largo de los siglos mediante una selección orientada

hacia la potenciación de un carácter psicológico denominado bravura, de acuerdo con unos modos o modas y en medios de ecología diversa, conformándose animales de morfología variada y de dotaciones génicas ampliamente alejadas entre sí (Sotillo *et al*., 1996).

Las ganaderías dedicadas a la cría del toro bravo, tal como hoy las conocemos, se han ido formando en el tiempo a partir de ocho agrupaciones llamadas "Castas Fundacionales". Los toros actuales exhiben caracteres procedentes de las mencionadas castas en un mosaico de gran variabilidad, aunque algunas de ellas han desaparecido totalmente y otras han sufrido muchos cambios y refundaciones, hecho que hace difícil reconocer biotipológicamente su influencia en las ganaderías actuales (Fernández, 2008).

La selección continua, aplicada durante más de 250 años por los ganaderos de forma más o menos empírica, ha hecho de esta raza un gran experimento genético que ha dado lugar a una explosión de familias, líneas o encastes, muchos de ellos en serio peligro de extinción. Dentro de ella, la distancia genética entre encastes es, por término medio, casi tres veces mayor que la existente entre cualquier pareja de razas de ganado bovino europeo. La de Lidia podría ser considerada como una raza de razas, con una gran diversidad genética (Cañón, 2008).

La explotación del ganado de Lidia, en régimen prácticamente extensivo, permite un aprovechamiento racional y óptimo de los recursos naturales y es la base del mantenimiento del ecosistema adehesado y del equilibrio del territorio, constituyendo un elemento fundamental para el desarrollo de muchas comarcas rurales desfavorecidas (De Blas, 1998).

La cría ha estado vinculada, tradicionalmente, a las principales cuencas hidrográficas españolas (ríos Duero, Tajo y Guadalquivir) pero, con el paso de los años, el toro ha sido desplazado de las cuencas fluviales, vegas y valles fértiles hacia ecosistemas de baja productividad agraria. Actualmente, muchas ganaderías se ubican en buena parte de la dehesa de Salamanca, Extremadura y algunas zonas de Andalucía, y en territorios menos productivos de Jaén, Madrid, Aragón, Guadalajara y Comunidad Valenciana (UCTL, 2010).

Estos animales presentan un grado de rusticidad y de adaptación a la dehesa que permite el aprovechamiento óptimo de todos los recursos naturales, desde los pastizales pobres hasta el ramón y los frutos de los árboles (Cruz, 1991). Además, su menor tamaño, en comparación con otras razas de ganado vacuno, facilita su movilidad y la integración en el medio natural (Prieto, 2009). Las condiciones de cría en grandes fincas, en un ambiente de tranquilidad, junto con el aprovechamiento de las dehesas más pobres y, generalmente, más aisladas, favorece a otras muchas especies de la fauna española, algunas de ellas en serio peligro de extinción como el lince ibérico (Cruz, 1991). En su conjunto, el bioclima de este bóvido es duro y extremo y la vacada atraviesa etapas de escasez en el pasto que son paliadas por el ganadero con suplementos alimenticios (Poveda, 2008).

La aptitud fundamental del ganado bravo es la producción de comportamiento bajo unas condiciones determinadas. El valor del producto va a estar determinado por el sexo, la edad y la potencialidad de respuesta de comportamiento en la plaza que la ganadería, o línea de que se trate, haya ofrecido en las últimas temporadas (Gaudioso y Riol, 1996). Este comportamiento, denominado de modo genérico "bravura", es subjetivo y particular de cada ganadero (Almenara-Barrios y García, 2011), el cual elige los reproductores que integraran permanentemente su explotación condicionando el futuro comportamiento en el ruedo de sus descendientes (Domecq, 2009).

Origen y evolución de las ganaderías

El toro ocupó un lugar de privilegio en las civilizaciones antiguas situadas alrededor de la cuenca mediterránea, tal y como ha llegado hasta nosotros a través de la literatura, la arqueología o la mitología (Alameda, 2002). Durante la Edad Media este interés por el toro fue localizándose en algunas zonas concretas del mundo mediterráneo, desapareciendo del resto. Fue en la península Ibérica donde se desarrolló una nueva tradición cultural en la que el toro volvió a ocupar un lugar destacado.

En tiempos de la Reconquista (722-1492), la gran inseguridad en los campos, la debilidad demográfica y la falta de una cultura agrícola entre los cristianos favorecieron el desarrollo de la ganadería extensiva en las zonas recién conquistadas (Barga, 1995). La ganadería se convirtió en la principal actividad económica y en la base de la riqueza en aquellas regiones donde la tierra era muy abundante. De este modo, surgió una élite económica constituida por auténticos señores del ganado, conjuntamente con la Iglesia que también se había beneficiado de las donaciones de reyes y nobles hasta convertirse en un gran propietario de tierras y animales. Las ganaderías de Lidia se desarrollaron históricamente a partir de la existencia de abundante ganado vacuno y de una tradición de festejos con toros (López, 2002).

Es posible recoger datos de criadores que lidiaron toros en el siglo XVII e incluso antes, pero es en el siglo XVIII cuando, de forma fidedigna, se documenta una organización ganadera dedicada a la cría de toros bravos para su lidia en plazas, constituyendo la base de un espectáculo (Shubert, 2002).

Anteriormente, los toros destinados a las fiestas locales eran sacados de las reatas de ganado que pastaba en las cercanías de las localidades. Las exigencias de los caballeros jinetes que en esa época lidiaban las reses influyeron en la elección de las mismas y así fue como comenzó la demanda de un animal especializado (Barga, 1995).

Hay que destacar el importante papel de los toros criados en los monasterios en el desarrollo de la ganadería brava y principalmente en la formación de las castas originarias. De hecho, en Andalucía, las órdenes religiosas figuran entre los primeros de quienes se tiene noticia de la cría de toros bravos y su envío a las plazas, siendo los más famosos los frailes Cartujos de Jerez de la Frontera. Los animales originariamente provenían del pago de los diezmos a la Iglesia. Los ganaderos procuraban deshacerse de los individuos ariscos, más fieros y menos integrados en la manada y esto fue aprovechado por las comunidades religiosas, dando lugar a ganaderías de bravo muy renombradas en su tiempo. Más tarde, la desamortización de Mendizábal (1835) hizo que estas vacadas pasaran de las manos de las comunidades religiosas a las de particulares que conservaron y acrecentaron su bravura (Aguado, 2005).

En el siglo XVIII los nombres de los ganaderos más famosos son Jijón, Gallardo, Cabrera, Espinosa, Zapata, Guendulain, Zalduendo, Vistahermosa, Vázquez, etc., pilares en la formación de las castas, las cuales han llegado hasta nuestros días con gran relieve. Su escrupuloso trabajo consiguió transformar, paulatinamente, el formato y aptitudes del primitivo toro (Ruíz, 2005).

Diferentes acontecimientos históricos han influido en la crianza del Toro de Lidia, así durante la Guerra de la Independencia (1808-1814) desaparecieron numerosas ganaderías a consecuencia de las levas de ganado que hacían los ejércitos para su abastecimiento (Barga, 1995).

Por otro lado, el desarrollo del transporte de los toros en cajones por ferrocarril fue clave para configurar un mercado nacional del Toro

de Lidia. El primer animal fue llevado desde Madrid a Barcelona en 1963, posibilitando a partir de este momento la mayor especialización geográfica en la cría de estos animales, que tiende, a partir de este momento, a concentrarse en zonas determinadas (López, 2006), localizándose cerca de las dos terceras partes del censo nacional en tres provincias: Sevilla, Salamanca y Madrid. Además, la profesionalización de la cría de toros de Lidia coincide en el tiempo con la aparición de una nueva clase de ganaderos, vinculada a la burguesía rural, que comienza a entender esta actividad como un negocio para aumentar sus beneficios (Purroy, 2005).

De este modo, se inician los balbuceos de la explotación ganadera de bravo en las diferentes regiones, para ir, poco a poco, diferenciándose mediante una rigurosa selección que formará los diferentes encastes asiento de su importante patrimonio genético.

A finales del siglo XIX se produce una aceleración en la creación de ganaderías bravas. De una forma lenta, pero continua, el Toro de Lidia pasó de una vida libre a otra más vigilada, en virtud de su explotación para convertirse en figura principal de un espectáculo (Mora, 1979).

Una gran importancia en el desarrollo histórico del sistema han tenido, y siguen teniendo, las asociaciones de ganaderos. Ellas reflejan, en su evolución, las distintas vicisitudes por las que han atravesado tratando de conseguir la defensa de sus asociados. La mayor y más importante es la Unión de Criadores de Toros de Lidia, que se constituye el 15 de abril de 1905. Su objetivo inicial fue clarificar la problemática situación entre los profesionales del sector, debido a la intromisión de los tratantes de ganado, el debate sobre las puyas y la oposición de algunos toreros a lidiar toros de determinadas ganaderías (Fernández, 2005).

Simultáneamente a la primigenia selección de la bravura se comienza también a prestar atención al aspecto alimenticio de la explotación, dedicando al ganado de casta los mejores vaqueriles de invierno de las dehesas, las mejores hierbas de prados y cercados y las mejores rastrojeras del terreno de labor (García, 1958). Y, paralelamente, aparece por primera vez en nuestro país la exigencia de un peso mínimo para poder lidiarse los toros en un espectáculo taurino. Fue el reglamento de 1917, el primero elaborado con carácter nacional en nuestro país, el que fijó el peso mínimo exigido a las reses en 525 kilos, excepto en los meses de junio, julio, agosto y septiembre en que habrían de pesar 550, imponiendo sanciones al dueño de la ganadería en caso de que arrojasen menor peso al ser reconocidos después de muertos (Flores, 2009).

Esta próspera etapa para la cría del Toro de Lidia se vio frenada en seco por la Guerra Civil Española (1936-1939) destruyéndose muchas ganaderías (Fernández, 2005). Tras este paréntesis, del cual apenas existen datos, las vacadas de Lidia proliferan enormemente hasta el alto número actual (Gráfico 1). Por el contrario, la superficie de las fincas se reduce cada vez más, no solo en virtud del proceso de constante partición de la propiedad, sino porque la agricultura se va intensificando y reorientando hacia otras producciones ajenas al bravo.

Este crecimiento acelerado tras la guerra se detiene y se mantienen los censos a partir de la década de los 50, hasta que en la década de los noventa experimenta un nuevo crecimiento espectacular del número de ganaderos. Influenciados por la bonanza económica del país y el aumento del número de festejos, muchos empresarios invierten dinero obtenido en otros sectores en la compra de animales y fincas, bien por afición o con el objetivo de ganar prestigio o reconocimiento social. Ya en los últimos años, el número de ganaderías apenas ha variado, ajustándose a la celebración de festejos que tiende, en el último lustro, a reducirse considerablemente.

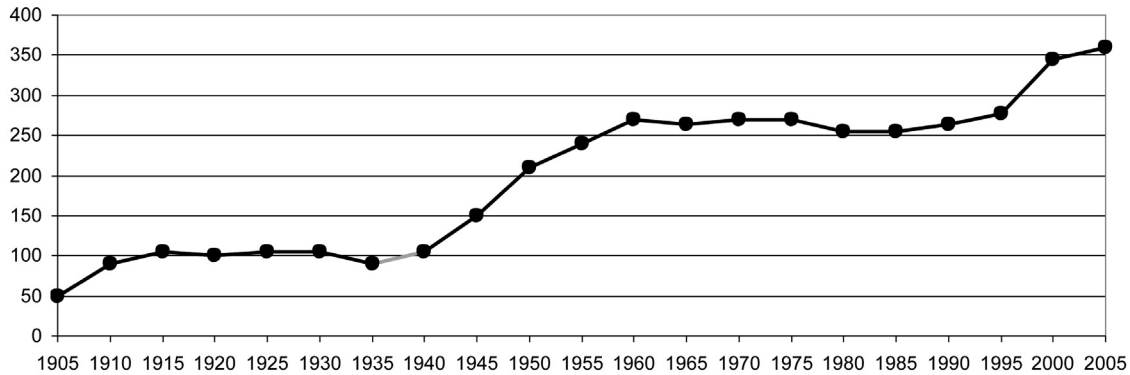


Gráfico 1. Evolución del número de ganaderías de la principal asociación de ganaderos, 1905 a 2005. Fuente: Unión de Criadores de Lidia.
Graphic 1. Evolution of the herds in the main breeders' association, 1905-2005. Source: Union of Breeders of Lidia Cattle.

El sector en cifras

Distribución y número de ganaderías

La raza de Lidia está distribuida en 1.142 ganaderías (Figura 1), ocupando más de 400.000 hectáreas de dehesa a lo largo de todo el territorio nacional. 251.000 cabezas de ganado bravo constituyen el núcleo activo de la raza bovina autóctona de fomento más numerosa de nuestro país y la segunda, en censos, después de la Frisona (Gráfico 2) (ARCA, 2010).

En la actualidad existen 5 asociaciones que agrupan la práctica totalidad de los ganaderos de la raza: UTCL (Unión de Criadores de Toros de Lidia) con 368 ganaderías, AGL (Asociación de Ganaderías de Lidia) con 408 ganaderías, AGRL (Asociación de Ganaderos de Reses de Lidia) con 49 ganaderías, GLU (Ganaderos de Lidia Unidos) con 147 ganaderías y AEGRB (Agrupación Española de Ganaderos de Reses Bravas) con 170 ganaderías, todas ellas dedicadas a la llevanza del libro genealógico de la raza bovina de Lidia y comprometidas en la aplicación de un esquema de selección y mejora genética (B.O.E. nº 129 31-5-2011).

Características socio-económicas de la explotación de toro de lidia

El sector de vacuno de Lidia en nuestro país representa una actividad socioeconómica de gran importancia:

1. Supone un volumen de negocio total de unos 1.500 millones de euros anuales, que no sólo afecta a empresarios, ganaderos y toreros, sino que más de 200.000 puestos de trabajo (toreros, subalternos, ganaderos, mayorales, vaqueros, veterinarios, transportistas,…) dependen directa o indirectamente del toro (Rodríguez, 2007).
2. Los festejos taurinos constituyen el segundo espectáculo de masas de nuestro país después del futbol y mueven un importante volumen monetario cada temporada. En 2009 se celebraron en España alrededor de 16.000 festejos taurinos (Gráfico 3), de los que 1.500 fueron festejos mayores (corridas de toros, novilladas picadas y corridas de rejones). Además existe un amplio abanico de festejos menores (festivales, capeas y becerradas) de los que en 2009 se celebraron alrededor de 4.500

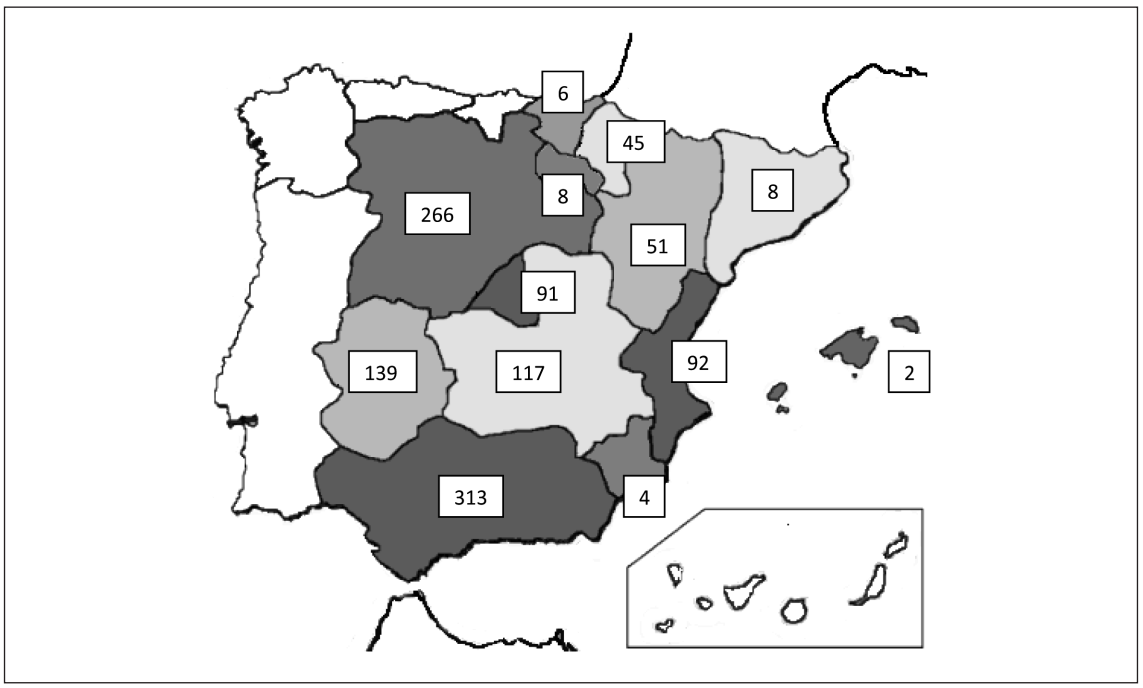


Figura 1. Número de ganaderías de Raza de Lidia por Comunidades.
Fuente: MARM (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino) (2010).
Figure 1. Number of Lidia herds for Communities.
Source: MARM (Ministry of Environment and Rural and Marine Affairs) (2010).

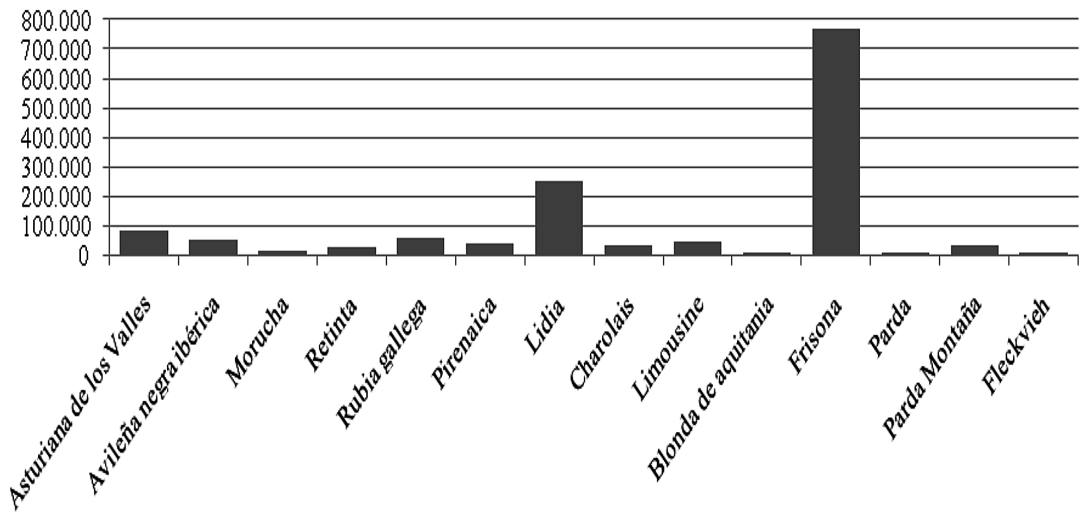


Gráfico 2. Número de animales por raza de la especie bovina en España. Fuente: MARM (2010).
Graphic 2. Number of bovine animals of each race in Spain. Source: MARM (2010).

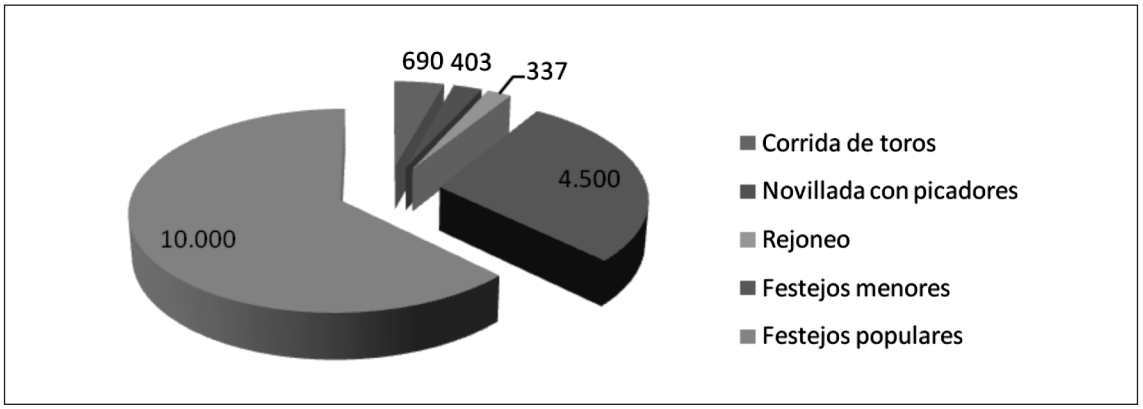


Gráfico 3. Espectáculos celebrados en España en 2009 (Fuente: UTCL).
Graphic 3. Bullfighting shows held in Spain in 2009 (Source: UTCL).

en España. La base de todos estos festejos profesionalizados son los festejos populares (encierros, suelta de reses, etcétera) de los que en 2009 se celebraron más de 10.000 en las diferentes Comunidades Autónomas (Ministerio del Interior, 2010).

3. La explotación del ganado de Lidia es la base del mantenimiento del ecosistema adehesado, en el que el toro se encuentra perfectamente integrado, realizando un aprovechamiento sostenible y equilibrado de sus recursos naturales y jugando un importante papel en el mantenimiento de la población rural (De Blas, 1998).

Sin embargo, la rentabilidad del ganado de Lidia se percibe problemática y deficitaria (Caballero de la Calle, 2005). Comparándola con la marcha general de la ganadería española, en nuestro caso se complica con la especialización de su producción y las características particulares de la comercialización, muy dependiente de la situación socio-económica general, como veremos posteriormente.

Hay que tener en cuenta que las explotaciones de Lidia necesitan grandes extensiones de terreno, un elevado coste de inversión, es una producción de ciclo muy largo (más de cuatro años de edad para colocar el producto "toro"), el manejo exige una metodología y unas instalaciones específicas, así como un personal altamente cualificado y especializado.

El ganadero

Las explotaciones de Lidia suelen ser empresas familiares que pasan de padres a hijos. Actualmente, pocos son los ganaderos cuya única fuente de ingresos es la ganadería brava. Es muy común la diversificación de la explotación hacia otro tipo de producciones como la cárnica, con otras razas de vacuno (Morucha, Avileña, Charolais, etc.). En Castilla y León, se observa que un 60% de los ganaderos comparte la explotación de ganado de Lidia con porcino ibérico y un 20% con ovino de carne (García *et al*., 2007). Además, se abre un amplio abanico de nuevos ingresos provenientes de la utilización cinegética de las fincas, de su oferta hacia el turismo rural o actividades agrícolas varias.

En general, la forma de adquisición de este tipo de explotaciones es por herencia familiar, sin embargo, en los últimos años nuevos empresarios han apostado por la ganadería

brava por afición o para ganar prestigio social, invirtiendo dinero adquirido en otros negocios. En cuanto a la mano de obra disponible la media es de 2 a 3,5 trabajadores por explotación (García *et al*., 2007).

Características de la ganadería "tipo"

Podemos hablar de una explotación media formada por 253 vacas madres y un número total de cabezas de 748 animales, incluidos los animales de otras razas o los pertenecientes a otras especies, pero necesarios para el manejo de la ganadería, con una tasa de reposición del orden del 12% anual (Purroy y Grijalba, 2006).

Para una ganadería de Lidia de 100 vacas madres, la distribución interna media, e ideal con respecto a los diferentes tipos de animales clasificados por sexo y edad, podría ser la presentada en la tabla 1 (Cruz, 1991). Con estos datos podemos calcular un resultado de unas 10,5 cabezas de ganado presentes en la explotación por toro para lidiar.

Tabla 1. Distribución interna de una ganadería con respecto a los diferentes tipos de animales clasificados por sexo y edad (CRUZ, 1991)
Table 1. Internal distribution of a standard Lidia farm considering the different types of animals classified by sex and age (CRUZ, 1991)

Sementales	3
Vacas madres	100
Becerros	40
Añojos	38
Erales	36
Utreros	35
Toros	34
Becerras	40
Añojas	36
Eralas	20
Bueyes y otros	12

La explotación "tipo" cuenta con un número de hectáreas que va de 586 a 721, de las cuales un 92% del terreno se dedica a pastos (García *et al*., 2007).

En el plano económico, las subvenciones de la PAC, como ganado vacuno de aptitud cárnica, suponen el 23% del total de los ingresos, mientras que la venta de animales representa el 75%. Respecto al destino de los mismos, según se aprecia en el Gráfico 4, el 27,76% son vendidos para festejos populares, el 22,44% para corridas de toros, seguido del 20,13% para novilladas sin picar, el 19,40% para novilladas picadas y el 8,21% para festejos de rejones (García *et al*., 2007).

En lo concerniente a los gastos, los costes de alimentación (compra de alimentos y coste de pastos) y la mano de obra suponen casi el 75% de los costes variables totales. Si se establece la diferencia entre los ingresos brutos y los costes totales de la producción, se puede decir que la rentabilidad económica de la ganadería de Lidia, en principio, sería negativa, o en el mejor de los casos nula, aún a pesar de las subvenciones comunitarias que recibe este tipo de producción (Purroy y Grijalba, 2006).

El precio del Toro de Lidia, en términos reales, se ha reducido notablemente en los últimos años. Una posible explicación de este fenómeno, ajeno a lo económico, podría ser que la condición de ganadero de Lidia ha gozado de un prestigio y de un estatus social que lo hacen atractivo para los nuevos criadores, al darles acceso a los círculos sociales de la aristocracia y de las mejores finanzas, lo que, a su vez, les permite invertir en otros sectores y diversificar. Esta puede ser la causa fundamental del aumento de las explotaciones de ganado de Lidia en España. A este respecto, en los últimos lustros se ha incrementado el número de personas que han invertido en este tipo de ganadería sin haber tenido vinculación previa con la misma, dando lugar a un fenómeno de capitaliza-

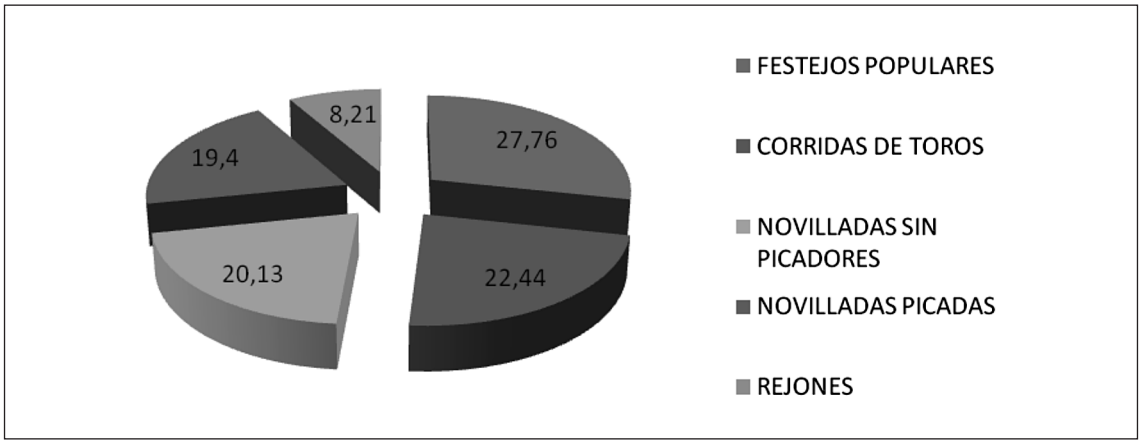


Gráfico 4. Porcentaje de animales destinados a cada tipo de festejo taurino (García *et al*., 2007).
Graphic 4. Percentage of animals for each type of bullfights (García et al., 2007).

ción del sector agrario por inversiones procedentes de otros sectores de la economía nacional (Ruiz, 2005).

Podríamos decir que en la actualidad, y desde la segunda mitad del siglo pasado, se ha producido una subversión en el orden económico de la producción de Lidia en la que muy pocos ganaderos han subsistido empresarial y económicamente, y los que lo han hecho han sido aquellos que han conseguido mantener el prestigio de sus hierros en los carteles de las principales ferias o que han sido capaces de soportar las pérdidas en las que este sector se ha acostumbrado, desgraciadamente, a operar (Gómez, 2005).

Evolución del sector

Como dijo Ortega y Gasset (1960): "La historia del toreo está ligada a la de España, tanto que sin conocer la primera, resultara imposible comprender la segunda." De este modo, podemos observar cómo la celebración de espectáculos ha tenido siempre una intima relación con el poder adquisitivo de la población (Gráfico 5), hasta el punto que estas dos variables muestran, en el último siglo, un elevado coeficiente de correlación de Pearson, de 0,92 (Medina, 2010).

A partir de 1900 existe una cierta estabilidad en la celebración de corridas de toros, aunque con muchas oscilaciones, en torno a las 200-300 corridas por temporada en las tres primeras décadas del siglo XX, coincidiendo con un período de débil crecimiento económico. Durante la II República (1931-1936), que son también los años de la Gran Depresión (Maluquer, 2009), decaen gradualmente los festejos hasta el desplome total durante la guerra civil. A partir de 1942 se recupera el nivel de espectáculos, ascendiendo rápidamente. Se observan dos puntos de inflexión: el primero en la década de los 60 y el segundo en la década de los 90, donde la oferta de espectáculos se dispara.

Si analizamos el número de festejos celebrados en los últimos 10 años (Gráfico 6), vemos un gran aumento hasta el año 2007, año en el que se alcanza la cota más alta de espectáculos taurinos registrada en la historia. A partir de ese año, España se ha visto envuelta en una grave crisis económica, que ha in-

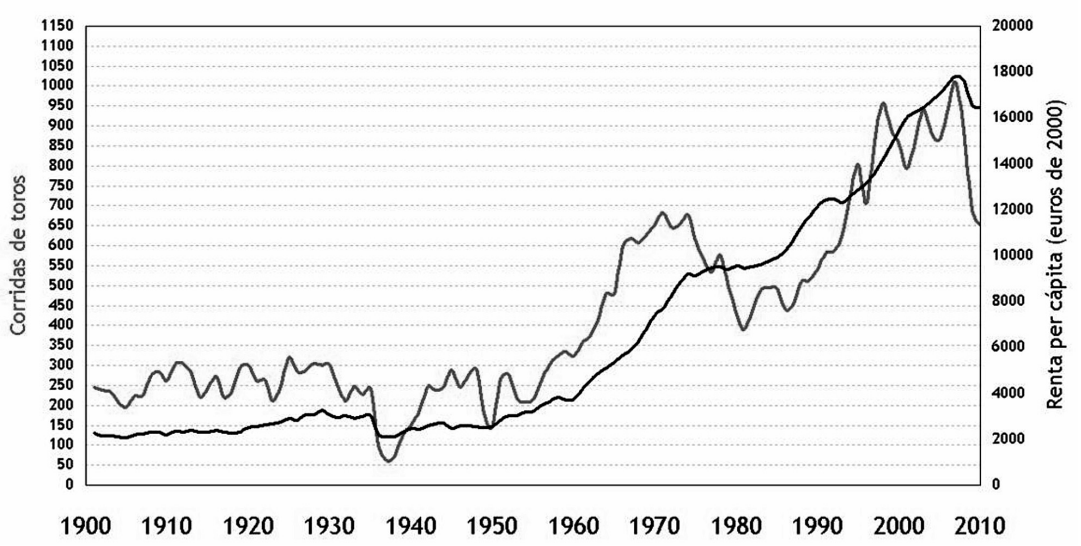


Gráfico 5. Corridas de toros celebradas entre 1900 y 2010 y renta per cápita de la población española. Fuentes: Ministerio del Interior (2010), Maluquer (2009), Medina (2010).
Graphic 5. Bullfights held between 1900 and 2010 and per capita income of the Spanish population. Sources: Ministry of Interior (2010), Maluquer (2009), Medina, (2010).

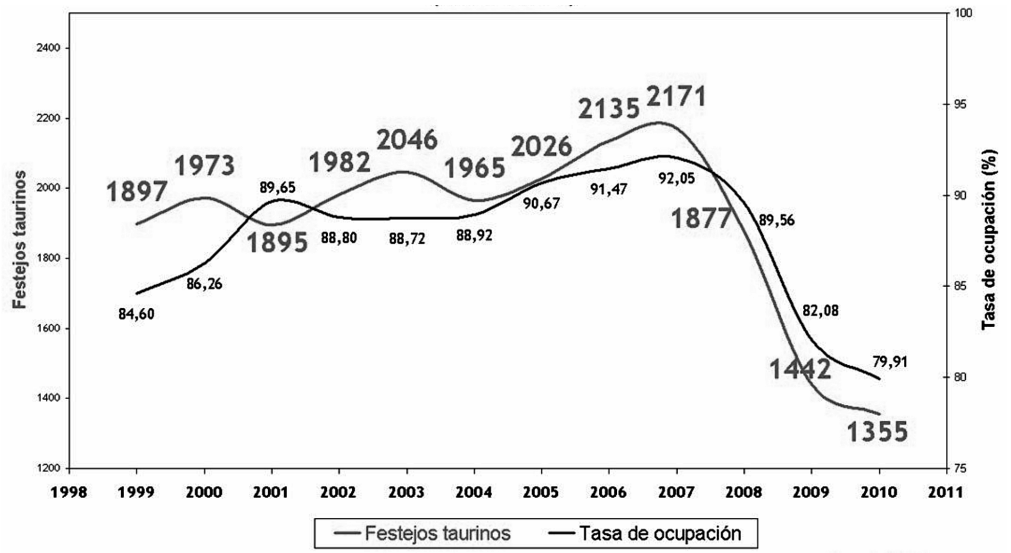


Gráfico 6. Número de festejos taurinos y tasa de ocupación de la economía española de 2001 a 2010. Fuente: Ministerio del interior, Contabilidad Nacional Trimestral de España y Padrón 2010. Medina (2010).
Graphic 6. Number of bullfights and occupancy rate of the Spanish economy from 2001 to 2010. Source: Home Office, Quarterly National Accounts of Spain and Census 2010. Medina (2010).

fluido de manera decisiva en este tipo de espectáculos, observando una disminución del 38% de los mismos en tan sólo tres años. Muchos ayuntamientos se han visto obligados a reducir o cancelar los festejos taurinos de sus fiestas municipales. Por ello, este saldo negativo se explica, esencialmente, por el desplome de espectáculos en plazas de tercera categoría, donde en la última temporada hubo 752 festejos menos (-45%), mientras en cosos de primera y segunda categoría la contracción fue más limitada, 19 y 45 espectáculos menos (-8% y -16%).

El brusco descenso de espectáculos taurinos que se aprecia desde 2007, está tan ligado a la crisis económica como su crecimiento durante los primeros años del siglo XXI lo estuvo a la expansión entonces de la economía española. Al margen del interés circunstancial que despiertan determinados toreros en cada época, el sector taurino se ve influido por la evolución del entorno económico, a lo que se une una corriente política antitaurina con altibajos, hoy en día cada vez más extendida, que ha hecho que los ayuntamientos dejen de financiar parcialmente los espectáculos taurinos en determinados municipios.

Comparando la tasa de ocupación española (indicador del ciclo económico) con el número de festejos celebrados entre 1999 y 2010 (índice del ciclo taurino) observamos un coeficiente de correlación de Pearson de 0,91 (Medina, 2010), lo que pone de manifiesto, una vez más, la estrecha vinculación entre el ciclo económico y el ciclo taurino (Gráfico 6).

Esta disminución en el número de festejos celebrados se ve a su vez reflejada en un menor número de reses lidiadas (Gráfico 7), lo que ha creado un problema de excedente de animales en el campo en los últimos años. Este aumento de la oferta de producto ha abaratado los precios y los ganaderos tienen más difícil alcanzar la rentabilidad en sus explotaciones.

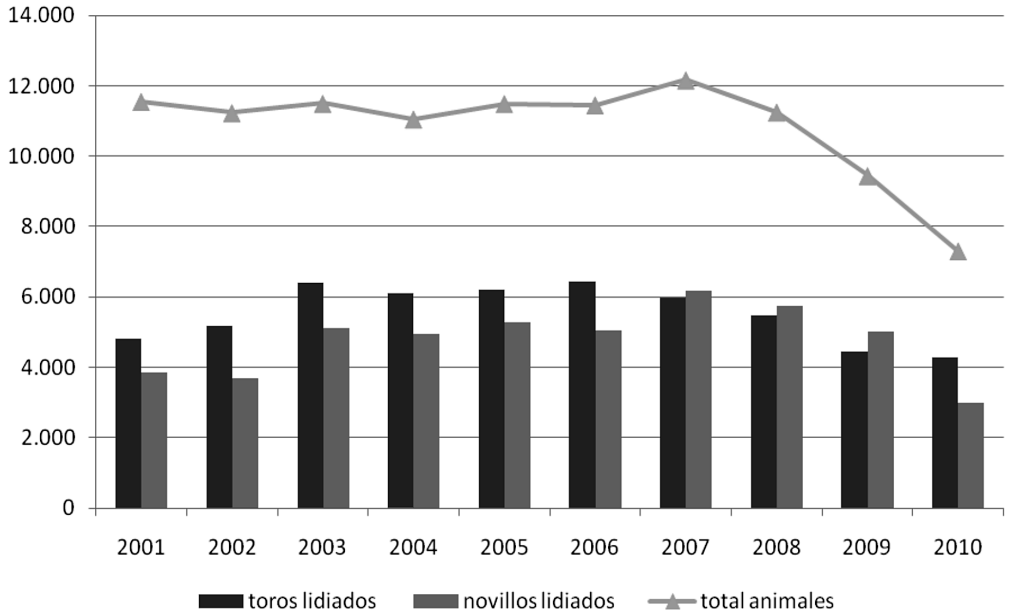


Gráfico 7. Reses lidiadas por años (2001-2010). Fuente: MARM.
Graphic 7. Number of bulls fought for years (2001-2010). Source: MARM.

Conclusiones

En la actualidad, el sector de producción de Toro de Lidia en España ocupa un lugar muy destacado dentro del panorama ganadero nacional. Nutre de materia prima a la inmensa mayoría de los espectáculos taurinos que se celebran en nuestro país y parte de Portugal y Francia, generando una gran cantidad de puestos de trabajo y considerables ingresos.

La importancia del sector taurino en la economía española es indiscutible, sin embargo cabe preguntarse, ¿es rentable este negocio para los ganaderos? La crianza del Toro de Lidia resulta una de las actividades más caras dentro de la ganadería, a lo que hay que sumar el descenso de precios en la venta de estas reses y la subida del coste de la alimentación. Las subvenciones europeas, otorgadas en función de las hembras reproductoras y de las hectáreas de pasto, salvan en parte el déficit económico. No obstante, los ganaderos se ven obligados a buscar otras soluciones alternativas, como la de diversificar su producción ganadera.

En los últimos años, debido a la crisis económica, los festejos se han reducido notablemente, hecho que pone en riesgo determinadas explotaciones pero, a largo plazo, puede ser beneficioso para ajustar el número de espectáculos a la verdadera demanda del público y ofrecer un espectáculo de más calidad. Con este reajuste los ganaderos deberán realizar una selección más exhaustiva de los reproductores y escoger mejor los animales que serán lidiados en las plazas.

Bibliografía

Aguado P, 2005. Unión de criadores: 100 años en 25.000 documentos. En: Un siglo de toros 1905-2005. Ed. Unión de Criadores de Toros de Lidia. Madrid.

Alameda J, 2002. El hilo del Toreo. En: Los heterodoxos del toreo. Ed. Espasa Calpe. Madrid.

Almenara-Barrios J, García R, 2011. Assessment scale for behaviour in bullfighting cattle (EBL 10). Reliability and validity. Archivos de Zootecnia, 60, 215-224.

Barga R, 1995. El Toro de Lidia. Alianza Editorial. Madrid.

B.O.E. nº 129 31-5-2011. Resolución por la que se aprueba el Programa de Mejora de la Raza Bovina de Lidia.

Caballero de la Calle JR, 2005. La economía en las explotaciones de ganado bravo. Mundo ganadero, 177, 48-50.

Cañón J, Fernández J, 2006. El origen del Toro de Lidia y su relación con el toro actual. V Jornadas sobre ganado de Lidia. Ed. Universidad Pública de Navarra. Pamplona.

Cañón J, Tupac-Yupanqui I, García-Atance MA, Cortés O, García D, Fernández J, Dunners S, 2008. Genetic variation within the Lidia bovine breed. Animal Genetics, 39, 439-445.

Cañón J, 2008. Mejora genética en el Ganado de Lidia: métodos de selección. Manual de reproducción y genética del Toro de Lidia. Tomo I. Ed. ITACYL. Valladolid.

Contabilidad Nacional Trimestral de España y Padrón, 2010.

Cossío JM, 1951. Los Toros: Tratado técnico e histórico. Ed. Espasa Calpe. Madrid.

Cruz J, 1991. El Toro de Lidia en la Biología, la Zootecnia y la Cultura. Junta de Castilla y León. Salamanca.

De Blas C, 1998. La evolución de la ganadería extensiva en el contexto de la producción animal. La dehesa, aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. Ed. Agrícola Española S.A.

Díaz I, 2010. Conferencia: "La evolución del Toro de Lidia" en la Real Academia de las Ciencias Veterinarias, día 26/10/2010.

Domecq JP, 2009. Del toreo a la bravura. Alianza Editorial. Madrid.

Fernández J, 2005. Evolución de las explotaciones ganaderas. En: Un siglo de toros 1905-2005. Unión de Criadores de Toros de Lidia. Madrid.

Fernández J, 2008. Origen y creación del Toro de Lidia. VI Jornadas sobre ganado de Lidia. Ed. Universidad Pública de Navarra. Pamplona.

Flores B, 2009. Historia de la presencia veterinaria en los festejos y espectáculos taurinos. Comunidad de Madrid y Colegio Oficial de Veterinarios de Madrid.

Garcia JJ, Posado R, Hernandez R, Vicente A, 2007. Estudio socioeconómico de los ganaderos de Lidia de Castilla y León. ITACYL. Ed. Junta de Castilla y León. Valladolid.

García J, 1958. La precocidad del ganado bravo. Ganadería, 183, 438-611.

García JL, 2011. La dehesa: entorno medioambiental del Toro de Lidia. VII Congreso Mundial Taurino de Veterinaria. Cáceres.

Gaudioso V, Riol A, 1996. Selección y reproducción en el Ganado de Lidia. En: Producciones equinas y de Ganado de Lidia, Cap. XVII. Zootecnia, bases de producción animal. Ed. Mundiprensa. Madrid.

Gómez J, 2005. Las ganaderías de Lidia y su papel en la tauromaquia actual: Un ensayo socioeconómico. La economía de la ganadería de Lidia, los puntos clave de su rentabilidad. Revista del Instituto de Estudios económicos, 3, 225-238.

López AL, 2002. Ganaderías de Lidia y Ganaderos. Historia y economía de los toros de Lidia en España. Universidad de Sevilla. Sevilla.

López AL, 2006. "De las vías pecuarias a los ferrocarriles. El transporte de toros de Lidia en España (siglos XVII-XX)". Revista de estudios taurinos, 22, 249-272.

Maluquer de Motes J, 2009. "Viajar a través del cosmos: La medida de la creación de riqueza y la serie histórica del Producto Interior Bruto de España (1850-2008)", Revista de Economía Aplicada, vol. XVII, 51, 25-54.

Medina J, 2010. escalafón.blogspot.com

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010. Sistema Nacional de Información de Razas (ARCA).

Ministerio del Interior, 2010. Datos de temporadas 2001-2010. Página Web del Ministerio del Interior.

Mora H, 1979. Influencia de la ecología sobre el toro de Lidia. Avances en Alimentación y Mejora Animal, 5, 201-204.

Ortega y Gasset J, 1960. La caza y los toros. Revista de Occidente. Madrid.

Poveda L, 2008. La nutrición en las vacadas de reses bravas. En: Manual de manejo y nutrición del Toro de Lidia. Tomo I. Ed. ITACYL. Valladolid.

Prieto JL, 2009. Valoración morfológica en el Toro de Lidia. En: Valoración morfológica de los animales domésticos. Ed. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid.

Purroy A, 2003. Comportamiento del Toro de Lidia. Ed. Universidad Pública de Navarra. Pamplona.

Purroy A, 2005. Introducción. Revista del Instituto de Estudios económicos, 3, 3-12.

Purroy A, Grijalba M, 2006. Estudio técnico-económico de las ganaderías de toros de Lidia. VI Jornadas sobre Ganado de Lidia. Universidad Pública de Navarra. Pamplona.

Rodríguez A, 2002. Prototipos Raciales del Vacuno de Lidia. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

Rodríguez L, 2007. Estudio socioeconómico de los ganaderos de Lidia de Castilla y León. ITACYL. Junta de Castilla y León. Valladolid.

Ruiz L, 2005. La economía de la ganadería de Lidia, los puntos clave de su rentabilidad. Revista del Instituto de Estudios económicos, 3, 13-32.

Ruiz C, 2005. La evolución: el toro disperso, el toro reunido, el toro bravo. En: Un siglo de toros 1905-2005. Unión de Criadores de Toros de Lidia. Madrid.

Sánchez A, Mora H, Frías J, Balbas JÁ, 1980. Geografía del Toro de Lidia. Ministerio de Agricultura. Madrid.

Sañudo C, 2008. Manual de diferenciación racial. Ed. Merial. Zaragoza.

Shubert A, 2002. A las cinco de la tarde. Una historia social del toreo. Ed. Real Maestranza de Caballería de Ronda. Madrid.

Sotillo F, Ramírez de la Fe AR, Sotillo JL, 1996. Biotipología del Toro de Lidia. En: Producciones equinas y de ganado de Lidia, Cap. XV. Zootecnia, bases de producción animal, tomo XI. Ed. Mundiprensa. Madrid.

UTCL, 2010. Unión de criadores de Toros de Lidia, temporada 2010. Madrid.

(Aceptado para publicación el 26 de enero de 2012)

Apreciación visual de la carne bovina y su relación con el espacio de color CIELab

G. Ripoll[1], B. Panea y P. Albertí

Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA).
Avda. Montañana, 930, 50059, Zaragoza

Resumen

El color es el factor de calidad más importante a la hora de la compra puesto que el consumidor lo utiliza como indicador de frescura. Numerosos estudios sobre la vida útil de la carne utilizan las coordenadas *triestimulus* del espacio de color CIELab, pero si bien estas variables son muy útiles para tipificar el color de la carne y sobre todo, son objetivas; el uso de las mismas plantea dudas de cómo ven o valoran esa carne los humanos. Además, es complicado definir el momento en que será rechazada por los consumidores. Se usaron 24 terneros de la categoría comercial Añojo. El *longissimus thoracis* de cada animal se extrajo, se muestreó y fue envasado con atmósfera modificada. Durante 8 días la carne se evaluó subjetivamente (1- Carne rojo oscuro o marrón a 5- Rojo extremadamente brillante) y se midió el color instrumental de la misma. Varias técnicas uni- y multi-variantes, lineales y no lineales y un algoritmo de aprendizaje automático se usaron para estudiar las relaciones entre la evaluación visual subjetiva y las variables de color instrumental. El uso de aprendizaje automatico y reglas no lineales nos ofrece una aproximación a la nota de los evaluadores más precisa que otros métodos y demuestra que no se puede interpretar el color de la carne durante el tiempo de exposición de una forma lineal o usando las variables de forma independiente, siendo más precisas la luminosidad y la saturación, en detrimento de los índices de rojo y amarillo.

Palabras clave: Subjetivo, inteligencia artificial, carne de ternera, tiempo de exposición.

Summary
Visual appraisal of beef: Relationship with CIELab colour space

The meat colour is the most important quality factor at the moment of the purchase since the consumer uses it as indicator of freshness. Numerous studies on the shelf life of the meat use the *triestimulus* coordinates of the CIELab space of colour. Although these variables are very useful to typify the meat colour and are objective; the use of these ones raise concern about how the human beings really see the meat. In addition, it is complicated to define the time in which it will be rejected by the consumers. There were used 24 calves of the commercial category yearling calf. There was extracted the *longissimus thoracis* of every animal, steaks were placed on modified atmosphere packages. For 8 days the meat was evaluated subjectively (1-dark red or brown to 5- extremely brilliant red) and the instrumental colour of the same one measured up. Several technologies (skills) uni - and multi- variate, linear and not linear and an algorithm of artificial intelligence were used to study the relationships among the visual subjective evaluation and the variables of instrumental colour. The use of machine learning and non linear rules give us a more accurate estimation to the note of the assessors than other methods and demonstrates that it is not advisable to interpret the colour display of the meat of a linear form or using one variable. Lightness and chroma are more precise than redness and yellowness indexes.

Key words: Subjective, artificial intelligence, beef, colour display.

1. Autor para correspondencia: gripoll@aragon.es

Introducción

La conservación de la carne fresca siempre es motivo de preocupación y de esfuerzo de mejora, tanto por los problemas sanitarios que conlleva una carne deteriorada como por las pérdidas económicas que supone el no llegar a realizar la venta porque el aspecto de la carne no es el que el consumidor espera o desea. Este problema es más patente en la venta de carne envasada puesto que al filetear la carne y exponerla al público, factores como el oxígeno o la luz comienzan a deteriorar la apariencia y el color de la carne, y el color es, sobre cualquier otro factor de calidad el más importante a la hora de la compra puesto que el consumidor lo utiliza como indicador de frescura. Para evitar el deterioro del color de la carne, el uso de atmósferas modificadas se ha convertido en una práctica cotidiana.

Numerosos estudios sobre la vida útil de la carne utilizan ratios o cálculos realizados con los valores de reflectancia a determinadas longitudes de onda (Allen *et al.*, 1969; Kropf *et al.*, 1970a; Kropf *et al.*, 1970b) y otros muchos autores usan las coordenadas *triestimulus* del espacio de color CIELab, el tono (Albertí *et al.*, 2005; Liu *et al.*, 1996; Ripoll *et al.*, 2008) o saturación (Jeremiah *et al.*, 1971; Mancini y Hunt, 2005; McDougall, 1982) como mejor variable para determinar cambios del color de la carne durante su vida útil. Estas dos últimas variables, junto a la luminosidad parecen ser más fáciles de interpretar para el ojo humano (Albertí *et al.*, 2005; Ripoll *et al.*, 2008) mientras que la coordenada b*(azul y amarillo) no se relaciona intuitivamente con la carne (Mancini y Hunt, 2005; McDougall, 1982) y su uso por los evaluadores es complicado (O'Sullivan *et al.*, 2003). (Wiszecky y Styles, 1982) recomiendan definir el color en términos de luminosidad, saturación y tono y otros autores (Albertí *et al.*, 2005; Ripoll *et al.*, 2008) advierten que el uso separado de los índices de rojo y amarillo por separado puede llevar a errores a la hora de definir el color. Si bien estas variables son muy útiles para tipificar el color de la carne y sobre todo, son objetivas; el uso de las mismas plantea dudas acerca de cómo ven o valoran esa carne los consumidores. Además, es complicado definir un umbral o umbrales para estas variables a partir del cual podamos decir que la carne ha llegado al final de su vida útil o el momento en que será rechazada por los consumidores. La percepción del color de la carne, y su valoración en términos de aceptabilidad, es un tema complejo. De hecho, Hood y Riordan en (1973) ya reconocían la importancia de establecer una relación clara entre las medidas instrumentales de color y lo que ve el ojo humano.

Los algoritmos de aprendizaje automático (AA) tratan de sintetizar conocimiento a partir de una fuente de información desorganizada. Su papel es el de transcribir un conocimiento no estructurado pero que resulta relativamente accesible, para convertirlo en un conjunto de instrucciones y, por tanto en conocimiento estructurado (Bahamonde *et al.*, 2001). Esta estructura del conocimiento no tiene que ser lineal, y por ello salva las limitaciones de ciertos modelos de predicción simples como pueden ser las regresiones lineales, uni- o multi- variantes. En los últimos años, distintos métodos no lineales se están usando para abordar problemas donde los métodos lineales no han dado los resultados esperados (Bahamonde *et al.*, 2001; Díez *et al.*, 2006; Goyache *et al.*, 2005; Jackman *et al.*, 2008; Peres *et al.*, 2010).

El objetivo de este trabajo es estudiar las relación entre la apreciación visual de la carne de ternera y las coordenadas de color L*, a*, b*, C* y H* por medio de aproximaciones uni- o multi-variantes, lineales o no, así como usando un algoritmo de aprendizaje automático.

Material y métodos

Se usaron 24 animales, machos y hembras, alimentados con pienso comercial y silo, y se sacrificaron dentro de la categoría comercial Añojo. Se extrajo el *longissimus thoracis* de cada animal y se midió el pH a las 24 horas del sacrificio para descartar problemas de estrés que afectaran a la evolución normal del color. El *longissimus* se dividió en 6 partes de 3 cm de espesor que se colocaron en bandejas con atmósfera modificada (70% 0_2; 20 % CO_2; 10 % N_2) y se guardaron en frigorífico a 4ºC iluminadas 24 horas al día (410 lx). Las bandejas se cerraron con un film de polietileno y poliamida con una permeabilidad al oxígeno de 40-50 $mL \bullet m^{-2} \bullet 24\ h^{-1}$ y una permeabilidad al vapor de agua de 5-7 g $mL \bullet m^{-2} \bullet 24\ h^{-1}$ at 23 ºC (Irma, Spain).

La carne fue evaluada cada día durante 6 días por dos evaluadores entrenados en una superficie blanca iluminada por fluorescentes comerciales (Philips, Eindhoven, Holland; 4100 K) suministrando 612 lx en la superficie de la muestra de carne. La escala de cinco puntos utilizada por los evaluadores fue la propuesta por AMSA (1991) para valorar la estabilidad del color de carne de bovino durante su exposición (1- Carne rojo oscuro o marrón, 2- carne moderadamente rojo oscuro o marrón, 3- carne roja, 4- carne rojo brillante, 5- Rojo extremadamente brillante). También se controló la decoloración de la carne con la escala propuesta por AMSA (1991) y las muestras con valores de decoloración mayores de 3 se clasificaron con un 1 en la escala de color (el séptimo día el 100 % de las muestras obtuvieron la nota más baja).

Además, se midió la luminosidad (L*), el índice de rojo (a*) y el de amarillo (b*) con un espectrofotocolorímetro Minolta CM-2600d (iluminante D65, ángulo del observador de 10º, diámetro de apertura 8 mm). El iluminante D65 fue elegido por ser el más usado en la bibliografía (Tapp III *et al.*, 2011). También se calculó el tono (H*) expresado en grados y la saturación (C*).

La relación entre las 5 variables de color CIELab y la nota de los evaluadores se estableció por medio de la rho (r) de Pearson. Con la variable que mayor correlación tuvo con la nota se realizó una regresión lineal univariante con la nota dada por los evaluadores como variable dependiente y la variable seleccionada como independiente. Para determinar si existen relaciones no lineales entre la nota y las variables de color se probaron las relaciones logarítmica [$y = a + b*Ln(x)$], cuadrática [$y = a + b*x + c*x^2$], cúbica [$y = a + b*x + c*x^2 + d*x^3$] y exponencial [$y = a*e^{b*x}$] donde "y" es la nota de evaluación visual y "x" es una variable de color CIELab. También se realizó una regresión lineal multivariante con el método de introducción por pasos hacia delante entre las variables de color y la nota, y un análisis de mínimos cuadrados parciales (PLS). Se realizaron dos análisis de componentes principales (ACP), el primero con las variables de color instrumental y la nota de evaluación y el segundo solo con las variables de color. Posteriormente, se realizó una regresión lineal multivariante con el método de introducción por pasos hacia delante con la nota dada por los evaluadores como variable dependiente y con los componentes principales del último ACP como variables independientes. Para hacer las regresiones y el análisis de componentes principales se utilizó el programa estadístico SPSS. Como algoritmo de aprendizaje artificial se utilizó el sistema comercial Cubist 2.07 (Cubist, 2010), que construye reglas de regresión cubriendo todas las posibilidades. El set de datos con que trabaja el algoritmo de AA asocia para cada muestra de carne evaluada, la nota dada por los evaluadores y las variables medidas con el espectrofotómetro. A partir de esta matriz de datos, el algoritmo genera un árbol de decisiones o set de reglas con funciones lineales en sus hojas. Este tipo de algoritmos de AA son más transparentes que otros basados en redes neuronales.

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se muestran los valores medios y la variación de los datos instrumentales de la carne usada.

El pH a las 24 horas tuvo un valor medio de 5.73 con una variación del 1.7%, descartando que hayan existido problemas de estrés que pudieran influir en el color de la carne.

Tabla 1. Media general y variación del color instrumental y el pH a 24 horas
Table 1. General average and variation of instrumental colour and pH at 24 hours

	L*	a*	b*	H*	C*	pH24h
Media	39.87	13.77	6.74	26.67	15.49	5.73
d.e.	1.831	5.742	0.813	7.481	5.537	0.098
c.v.	4.59	41.70	12.07	28.05	35.75	1.71

Tabla 2. Correlaciones entre la nota de evaluación visual y las variables de color
Table 2. Correlations among visual appraisal score and colour variables

	L*	a*	b*	H*	C*
Nota	NS	0,50***	0,48***	NS	0,63***
L*		-0,58***	0,62***	0,78***	-0,37***
a*			NS	-0,68***	0,94***
b*				0,74***	0,27*
H*					-0,40***

NS, P<0.05; *, P<0.05; **, P<0.01; ***, P<0.001.

Las variables a*, C* y H mostraron una gran variación en sus valores mientras que L* tuvo muy poca variación. Las variables de color estuvieron significativamente correlacionadas entre sí (Tabla 2), con la excepción de a* y b*. La nota dada por los evaluadores tuvo la mayor correlación con C* (r = 0.63) y no estuvo correlacionada significativamente (P>0.05) con L* ni con H*. Destefanis *et al.* (2000) encontraron una relación significativa entre L* y la apariencia en carne de bovino, aunque no la encontraron con H*. Denoyelle y Berny (1999) y Hulsegge *et al*. (2001) encontraron correlaciones altas entre la L* y la valoración visual pero en el músculo *rectus abdominis* de bovino. Algunos autores también encontraron correlaciones positivas entre a* y la apreciación visual (Chan *et al.*, 1996; Renerre y Mazuel, 1985). Channon *et al.* (2005), evaluando carne de cordero, tampoco encontraron correlación significativa entre la nota de color dada por evaluadores y L* y H*.

Tabla 3. Coeficientes de correlación (r) y significación de las relaciones no lineales entre la nota y las variables instrumentales de color
Table 3. Correlation coefficients (r) and signification of non linear relationships among visual appraisal and instrumental colour variables

	Logarítmica	Cuadrática	Cúbica	Exponencial
L*	NS	NS	NS	NS
a*	0.48***	0.50***	0.52***	0.49***
b*	0.46***	0.48***	0.48***	0.46***
H*	NS	NS	NS	NS
C*	0.62***	0.63***	0.63***	0.62***

NS, P<0.05; *, P<0.05; **, P<0.01; ***, P<0.001.

El coeficiente de determinación y la significación de las relaciones no lineales entre la nota y las variables de color se muestran en la Tabla 3. Al igual que con la correlación lineal, no hubo relación significativa de ningún tipo entre la nota y L* y H*. El coeficiente de correlación entre la nota y las demás variables fueron altamente significativas y muy similares independientemente del tipo de relación. Este tipo de relaciones no lineales no supuso un gran aumento del coeficiente de correlación con respecto a la correlación lineal. Hasta donde los autores conocen, no hay bibliografía que estudie en bovino este tipo de relaciones no lineales entre la percepción visual del color y las variables de color CIELab. Sin embargo, Morrissey *et al.* (2008) encontraron una relación cúbica significativa entre la valoración del color de carne ovina por parte de consumidores y el ratio de reflectancia de la luz 630 nm/580 nm que se usa para medir la conversión de oximioglobina en metamioglobina en la carne, y que está a su vez relacionada con la aceptabilidad de la carne por los consumidores. Las variables de color estuvieron significativamente correlacionadas entre ellas y con la nota de evaluación visual con unos coeficientes de correlación en general moderados, demostrando que cada variable aporta información distinta sobre el color.

En la Figura 1 se aprecia que la evolución de la nota dada por los evaluadores cae casi linealmente de 5 a 1 durante los 6 días de almacenamiento. Panea *et al.* (2005) encontraron también un descenso lineal de la valoración del color de carne de cordero durante 8 días. L* se mantuvo muy constante en ese tiempo, de acuerdo con Resconi (2007), con valores entre 37 y 43, lo que explicaría la falta de relación con la evaluación visual. Estos valores de L* son similares a los encontrados por Insausti *et al.*(1999) en carne de 5 razas bovinas españolas conservadas en atmósfera modificada durante 15 días. C* también disminuyó de manera paulatina, estando relacionado este descenso con la aparición del color marron en la carne (Renerre y Mazuel, 1985). Mientras, H* descendió bruscamente hasta el día 4 para luego aumentar bruscamente hasta el día 8. Esta evolución de H* hace que sea difícil fijar un umbral a partir del cual se pueda decir que la carne está deteriorada, aunque en trabajos en los que se usan dietas ricas en antioxidantes como vitamina E en la dieta de los animales, la evolución de H* tiene una ten-

dencia exponencial y creciente (Albertí *et al.*, 2005; Resconi, 2007; Ripoll *et al.*, 2011). Los valores de C* y a* fueron similares a los de los trabajos de Insausti *et al.* (1999) y Casasús *et al.* (2012) y los valores de L*, a y b* a 254 horas fueron similares a los encontrados por Panea *et al.* (2011) en añojos de raza Avileña.

Dado que la saturación (C*) fue la variable más correlacionada con la nota, se realizó una regresión lineal univariante con ella encontrando la relación [Nota =-2.963 + 0.356•C*] con un r = 0.63 y un error estándar de 1.08 (Tabla 4). Cuando se realizó una regresión lineal multivariante, el método de introduc-

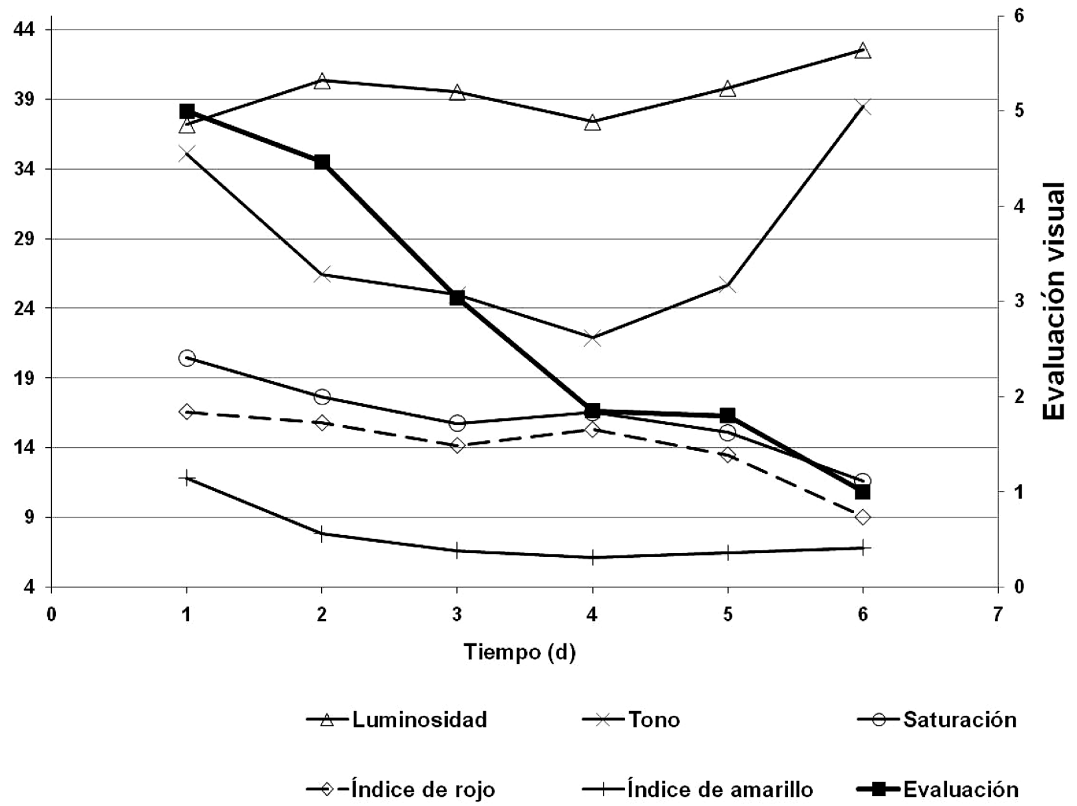


Figura 1. Evolución de la Luminosidad, Tono, Saturación y de la nota de la evaluación visual en el tiempo.
Figure 1. Evolution on time of lightness, hue angle, chroma and visual appraisal.

ción por pasos incluyó además de C* a L*, aunque no estaba correlacionada con la nota, en la expresión [Nota = -10.835 + 0.437C* + 0.166L*]. L* tiene en este caso una función de variable supresora, esto es que aunque no haya relación directa entre la nota y L*, para unos determinados valores de C*, cuanto mayor es L*, mayor es la nota. Esta regresión tuvo un r = 0.72 y un error estándar de 0.97, mejorando la regresión univariante. La regresión por mínimos cuadrados parciales (PLS) obtuvo idénticos coeficiente de

correlación y error estándar que la regresión multivariante. Aunque la regresión PLS es especialmente adecuada cuando las variables dependientes están muy correlacionadas (Blanco y Peguero, 2008), en este caso no supuso ninguna mejora en el ajuste.

El análisis de componentes principales (ACP) usando las 5 variables de color instrumental y la nota de la evaluación visual (Figura 2) explicó con los dos primeros componentes principales el 89,4 % de la variación. El primer componente principal estuvo formado por

Tabla 4. Resumen del ajuste de las distintas estimaciones de la evaluación visual
Table 4. Summary of the adjust of several estimations of visual appraisal

Método[a]	r	e.e.
Regresión lineal univariante	0.63	1.083
Regresión lineal multivariante	0.72	0.966
PLS	0.72	0.966
ACP+RLM	0.73	0.972
Aprendizaje automático	0.82	0.798

[a] Regresión lineal univariante con C* como variable independiente; PLS, regresión por mínimos cuadrados parciales; ACP+RLM, análisis de componentes principales y regresión lineal multivariante con los 3 primeros componentes principales.

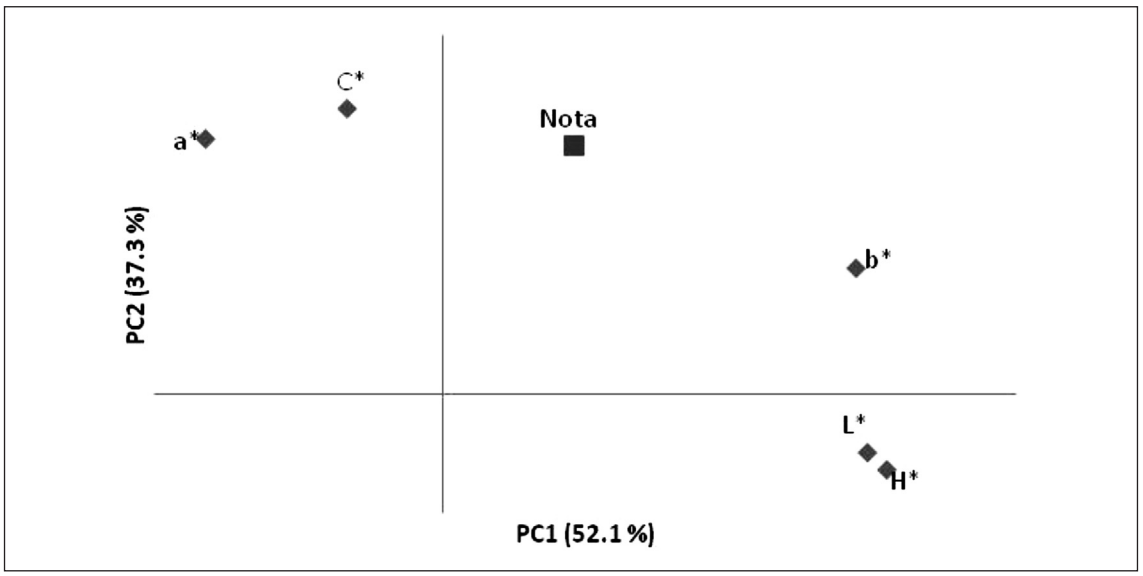
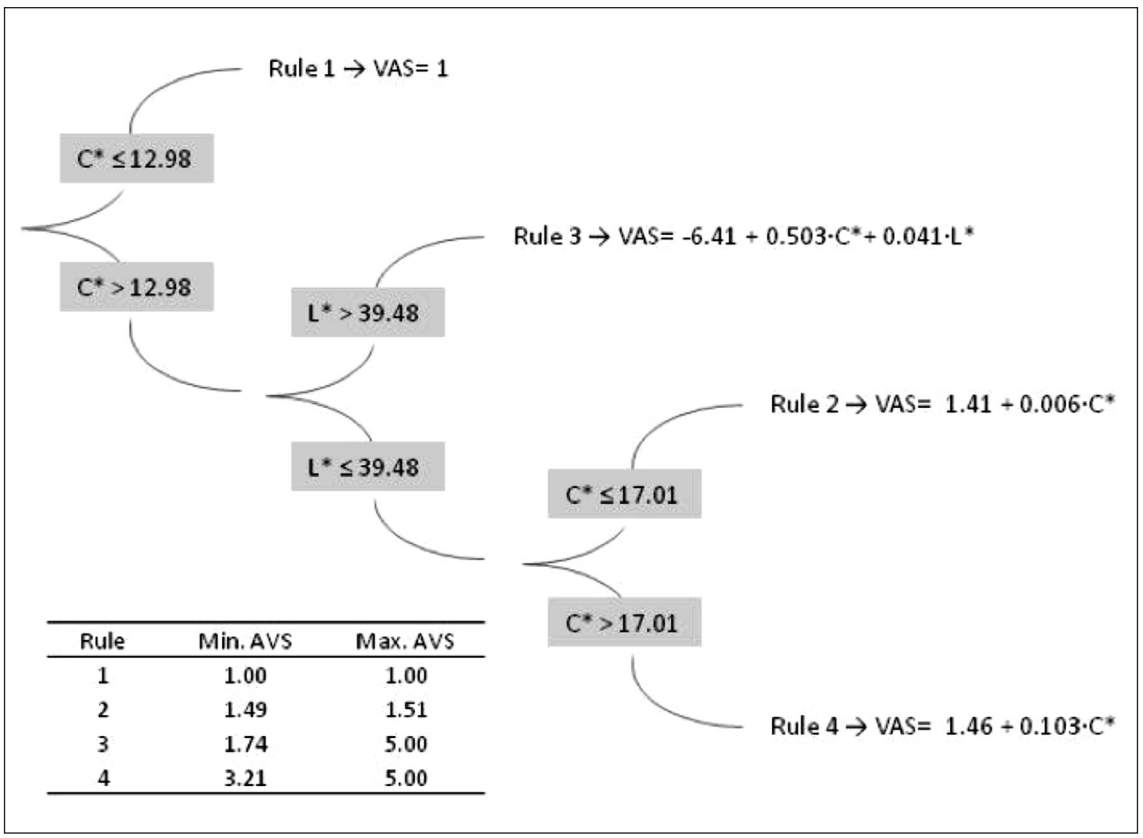


Figura 2. Gráfica del análisis de componentes principales de las variables instrumentales de color y la nota de evaluación visual.
Figure 2. Plot of principal component analysis of instrumental colour variables and visual appraisal.

L*, b* y H* mientras que el segundo englobó a C* y la nota, y en menor medida al índice de rojo. Como ya se había visto antes, la nota no está muy correlacionada con ninguna variable de color y queda situada entre los dos componentes principales.

Cuando se realizó otro ACP solo con las variables de color, este explicó con los dos primero componentes principales (PC) que tuvieron un autovalor mayor de 1 el 81.88 % de la variación. El PC1 reunió a* y C*, el PC2 estuvo formado por b* y H* y el PC3 por L*. Al hacer una regresión con los 3 PCs se obtuvo la siguiente expresión [Nota = 2.547 + 0.874•PC1 + 0.427•PC2 + 0.242•PC3] con un r = 0.73 y un error estándar de 0.97. La calidad fue muy similar a la regresión con las variables brutas y complica en exceso la interpretación, por lo que no se recomienda el uso de este método. El uso de aprendizaje automático (AA) ofreció un árbol de decisiones que se muestra en la Figura 3. El software de AA seleccionó como variables de decisión L* y C* mejorando el coeficiente de correlación y disminuyendo el error estándar de la estimación respecto de los anteriores métodos usados. La primera decisión depende del valor de C* y las muestras con C* ≤ 12,98 reciben la nota más baja. La siguiente regla depende de L* y la última regla depende otra vez de



Rule	Min. AVS	Max. AVS
1	1.00	1.00
2	1.49	1.51
3	1.74	5.00
4	3.21	5.00

Figura 3. Árbol de decisión de Cubist.
Figure 3. Decission tree of Cubist.

C*. Estos resultados concuerdan con que C* era la variable mas correlacionada con la evaluación visual, y con la introducción de L* como variable supresora en la regresión multivariante. McDougall (1982) encontró que la carne bovina con valores de C* por encima de 20 era rojo brillante, alrededor de 18 tiene un rojo apagado, con 14 es claramente marrón (40% de metamioglobina) y por debajo de 12 es marrón o marrón grisáceo. Esta serie de umbrales es aceptada por otros autores (Resconi, 2007) y son similares a los que usa el árbol de decisión, donde por debajo de 13 la carne obtiene la peor calificación, y si tiene valores muy altos de C* y L* (Reglas 3 y 4) obtendría las mayores notas.

Albertí *et al.* (2002) usaron un algoritmo de AA para encontrar una función de L*, a*, b*, C* y H* que devolviese una nota desde 1 (carne clara y rosada) a 5 (carne oscura y roja). La función encontrada seleccionó L* y H* como variables más explicativas. Esta función coincidió en un 70 % con las notas dadas por los evaluadores. De hecho, observando las medias de las variables colorimétricas para cada nota, se observa como L* y H* fueron diferentes significativamente para cada nota y existe una clara relación lineal pero para a* y C* no hubo diferencias significativas ni un gradiente claro para cada nota. La razón por la que este algoritmo seleccionó H* y no C* puede ser que en este experimento solo se evaluó carne con poco tiempo de exposición al oxígeno. Mancini y Hunt (2005) señalaron que C* es un buen indicador de la decoloración de la carne, y es un indicador de la estabilidad de la carne (McDougall, 1982), y como en la experiencia de Albertí *et al.* (2002) no hubo evolución en el tiempo, por eso no entró en el algoritmo. Sin embargo, Liu *et al.*, (1996) recomiendan el uso de H* por ser preciso y fácil de entender, pero King *et al.* (2011) encontraron poco fiable la evolución del tono porque animales del mismo lote aumentaban H* y otros lo disminuían. En cualquier caso, el uso de algoritmos de aprendizaje automático y reglas no lineales nos ofrece una aproximación a la nota de los evaluadores más precisa que los métodos anteriores y demuestra que no se puede interpretar el color de la carne de una forma lineal o usando las variables de forma independiente, siendo especialmente útiles la luminosidad y la saturación, en detrimento de los índices de rojo y amarillo.

A pesar de este comportamiento no lineal, se podrían definir como carnes de añojo claramente aceptables (carnes con notas igual o superiores a 3) las que tengan valores de L* y de C* inferiores a 39,5 y superiores a 17 respectivamente. Además, hay otro tipo de carne de añojo, con valores de L* y C* superiores a 39,5 y 13 que pueden tener notas aceptables o no. El que este tipo de carne tenga notas superiores a 3, dependerá de que sus valores de L* y C* sean muy superiores a 39,5 y 13, respectivamente. De hecho, en este tipo de carne es mas importante el valor de C* que el de L*.

Agradecimientos

Proyecto financiado el Departamento de Agricultura y Alimentación del Gobierno de Aragón (DER 2009-02-50-729002-53) y fondos FEDER.

Bibliografía

Albertí P, Ripoll G, Casasús I, Blanco M, Chapullé JLG, Santamaría J, 2005. Efecto de la inclusión de antioxidantes en dietas de acabado sobre la calidad de carne de terneros. ITEA, 101(2): 91-100.

Albertí P, Sañudo C, Bahamonde A, Olleta JL, Panea B, Goyache F, Alonso J, Díez J, Fernandez I, 2002. Spectrophotometric characterisation of colour classification system of beef meat. In

48th International Congress of Meat Science and Tecnology (pp. 454-455). Rome, Italy.

Allen CC, Kropf DH, Tuma HJ, Covingto.Rl, Grant DL, 1969. Bovine maturity and marbling effects on prepackaged longissimus dorsi color as measured by reflectance spectrophotometry. Journal of Animal Science, 29(1): 119-&.

AMSA, 1991. Guidelines for meat color evaluation. Reciprocal Meat Conference Proceedings, 44: 1-17.

Bahamonde A, Goyache F, Del Coz JJ, Quevedo JR, López S, Alonso J, 2001. La inteligencia artificial en la clasificación de canales. In I congreso nacional de la carne (pp. 95-109). Madrid, Spain.

Blanco M, Peguero A, 2008. An expeditious method for determining particle size distribution by near infrared spectroscopy: Comparison of PLS2 and ANN models. Talanta, 77(2): 647-651.

Casasús I, Ripoll G, Albertí P, 2012. Inclusión de silo de maíz en las dietas de cebo de terneras: Rendimientos técnicos-económicos y calidad de la canal y de la carne. ITEA-Informaciones Técnico-Económicas. Vol. 108(2): 187-202.

Cubist, 2010. www.rulequest.com/cubist-info.html

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 Science, 42(4): 387-399.

Channon HA, Baud SR, Walker PJ, 2005. Modified atmosphere packaging improves retail display life of lamb cuts with variation between loin and knuckle. Australian Journal of Experimental Agriculture, 45(5): 585-592.

Denoyelle C, Berny F, 1999. Objective measurement of veal color for classification purposes. Meat Science, 53(3): 203-209.

Destefanis G, Barge MT, Brugiapaglia A, Tassone S, 2000. The use of principal component analysis (PCA) to characterize beef. Meat Science, 56(3): 255-259.

Díez J, Albertí P, Ripoll G, Lahoz F, Fernández I, Olleta JL, Panea B, Sañudo C, Bahamonde A, Goyache F, 2006. Using machine learning procedures to ascertain the influence of beef carcass profiles on carcass conformation scores. Meat Science, 73(1): 109-115.

Goyache F, Albertí P, Fernández I, Ripoll G, Lahoz F, Olleta JL, Panea B, Sañudo C, Bahamonde A, Díez J, 2005. Análisis de la influencia de los perfiles en la clasificación SEUROP de las canales bovinas mediante técnicas de aprendizaje automático. ITEA, vol. Extra, 26(II): 768-770.

Hood DE, Riordan EB, 1973. Discolouration in prepackaged beef: measurement by reflectance spectrophotometry and shopper discrimination. Journal of Food Tecnology, 8: 333-343.

Hulsegge B, Engel B, Buist W, Merkus GSM, Klont RE, 2001. Instrumental colour classification of veal carcasses. Meat Science, 57(2): 191-195.

Insausti K, Beriain MJ, Purroy A, Alberti P, Lizaso L, Hernandez B, 1999. Colour stability of beef from different Spanish native cattle breeds stored under vacuum and modified atmosphere. Meat Science, 53(4): 241-249.

Jackman P, Sun D-W, Du C-J, Allen P, Downey G, 2008. Prediction of beef eating quality from colour, marbling and wavelenght texture features. Meat Science, 80(4): 1273-1281.

Jeremiah LE, Carpenter ZL, Smith GC, 1971. Development of color standars for beef muscle. Journal of Animal Science, 33: 219-219.

King DA, Shackelford SD, Rodriguez AB, Wheeler TL, 2011. Effect of time of measurement on the relationship between metmyoglobin reducing activity and oxygen consumption to instrumental measures of beef longissimus color stability. Meat Science, 87(1): 26-32.

Kropf DH, Allen CC, Dayton AD, 1970a. Reflectance spectrophotometry for following fresh beef color changes and cured meat fading. Journal of Animal Science, 31(1): 185-&.

Kropf DH, Hunt MC, Dayton AD, 1970b. Reflectance spectrophotometry for following frozen beef and lamb color changes. Journal of Animal Science, 31(1): 185-&.

Liu Q, Scheller KK, Arp SC, Schaefer DM, Frigg M, 1996. Color coordinates for assessment of dietary vitamin E effects on beef color stability. J. Anim Sci., 74(1): 106-116.

Mancini RA, Hunt MC, 2005. Current research in meat color. Meat Science, 71(1): 100-121.

McDougall DB, 1982. Changes in the colour and opacity of meat. Food Chemistry, 9: 74-88.

Morrissey ER, Jacob RH, Pluske JM, 2008. Perception of red brown colour by consumers. In 54th International Congress of Meat Science and Tecnology. Cape Town, South Africa.

O'Sullivan MG, Byrne DV, Martens H, Gidskehaug LH, Andersen HJ, Martens M, 2003. Evaluation of pork colour: prediction of visual sensory quality of meat from instrumental and computer vision methods of colour analysis. Meat Science, 65(2): 909-918.

Panea B, Ripoll G, Olleta JL, Sañudo C, 2011. Effect of sex and crossbreeding on instrumental and sensory quality and appraisal of meat from Avilena-Negra Iberica cattle breed. Itea-Informacion Tecnica Economica Agraria, 107(3): 239-250.

Panea B, Sañudo C, Juárez M, Casado P, Ramas E, 2005. Efecto de la adición de vitamina E en la dieta sobre la valoración visual de carne de corderos de la IGP Ternasco de Aragón. Eurocarne, 142: 103-106.

Peres AM, Dias LG, Joy M, Teixeira A, 2010. Assessment of goat fat depots using ultrasound technology and multiple multivariate prediction models. Journal of Animal Science, 88(2): 572-580.

Renerre M, Mazuel JP, 1985. Relationships between Instrumental and Sensory Measurement Methods of Meat Color. Sciences Des Aliments, 5(4): 541-557.

Resconi VC, 2007. The effect of diet on vitamin E concentration, colour shelf life and lipid oxidation during simulated retail display in beef steaks from different production systems Unpublished Tesis master, CIHEAM, Zaragoza, Spain.

Ripoll G, Joy M, Muñoz F, 2011. Use of dietary vitamin E and selenium (Se) to increase the shelf life of modified atmosphere packaged light lamb meat. Meat Science, 87(1): 88-93.

Ripoll G, Joy M, Muñoz F, Albertí P, 2008. Meat and fat colour as a tool to trace grass-feeding systems in light lamb production. Meat Science, 80(2): 239-248.

Tapp III WN, Yancey JWS, Apple JK, 2011. How is the instrumental color of meat measured? Meat Science, 89(1): 1-5.

Wyszecki G, Styles WG, 1982. Colour Science: Concepts and methods, quantitative data and formulae (2nd ed.): John Wiley and Sons, Inc.

(Aceptado para publicación el 27 de enero de 2012)

PREMIOS DE PRENSA AGRARIA 2012
DE LA
ASOCIACION INTERPROFESIONAL
PARA EL DESARROLLO AGRARIO

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

Los premios se regirán de acuerdo a las siguientes

BASES

1. Podran concursar todos los artículos que versen sobre cualquier tema técnico-económico-agrario.
2. Los artículos que podrán acceder al premio serán todos aquellos que se publiquen en ITEA en el año 2012. Consecuentemente, los originales deberán ser enviados de acuerdo con las normas de ITEA y aprobados por su Comité de Redacción.
3. El jurado estará constituido por las siguientes personas:
   a) Presidente de AIDA, que presidirá el jurado.
   b) Director de la revista ITEA, que actuará de Secretario.
   c) Director Gerente del CITA (Gobierno de Aragón).
   d) Director del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza.
   e) Director de la Estación Experimental de Aula Dei.
   f) Director del Instituto Pirenaico de Ecología.
4. El premio será anual y tendrá una dotación económica.
5. Las deliberaciones del jurado serán secretas, y su fallo inapelable.
6. El fallo del jurado se dará a conocer en la revista ITEA, y la entrega del premio se realizará con motivo de la celebración de las Jornadas de Estudio de AIDA.

CIHEAM

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

CIHEAM/IAMZ - Cursos 2011-12-13

	CURSOS	FECHAS	LUGAR	ORGANIZACIÓN
PRODUCCIÓN VEGETAL	* OLIVICULTURA Y ELAIOTECNIA	26 Sep. 11/31 Mayo 12	Córdoba	UCO/JA/CSIC/COI/ INIA/IAMZ
	USO DE LA TELEDETECCIÓN PARA LA GESTIÓN DEL RIEGO	21-26 Nov. 11	Zaragoza	IAMZ/UE-Proyecto Telerieg
	PRODUCCIÓN DE MEDICAMENTOS A PARTIR DE PLANTAS	16-21 Ene. 12	Zaragoza	IAMZ
	USO DE LOS MARCADORES MOLECULARES EN MEJORA VEGETAL	20 Feb./2 Mar. 12	Barcelona	IAMZ/IRTA/CRAG
	GESTIÓN DE MALAS HIERBAS EN LA AGRICULTURA ACTUAL	16-21 Abr. 12	Zaragoza	IAMZ/EWRS/SEMh/ IWSS
	* MEJORA GENÉTICA VEGETAL	1 Oct. 12/7 Jun. 13	Zaragoza	IAMZ/UdL
PRODUCCIÓN ANIMAL	* NUTRICIÓN ANIMAL	3 Oct. 11/8 Jun. 12	Zaragoza	IAMZ/UZ/FEDNA/ UPM
	* MEJORA GENÉTICA ANIMAL Y BIOTECNOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN	3 Oct. 11/29 Jun. 12	Valencia/ Barcelona	UPV/UAB/IAMZ/ IVIA/INIA/IRTA/ AGROALIMED
	CALIDAD DE LA CARNE Y DE PRODUCTOS CÁRNICOS EN RUMIANTES	17-21 Sep. 12	Zaragoza	IAMZ
	NUEVOS DESARROLLOS EN METODOLOGÍAS DE DIAGNÓSTICO EN SANIDAD ANIMAL	14-18 Ene. 13	Zaragoza	IAMZ/OIE/FAO
	EVALUACIÓN MEDIOAMBIENTAL DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN GANADERA	11-15 Mar. 13	Zaragoza	IAMZ/EAAP
	SEGURIDAD DE LOS PRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL (CARNE Y HUEVOS) DE LA REPRODUCCIÓN	6-10 Mayo 13 Barcelona	Zaragoza IVIA/INIA/IRTA/	IAMZ/ AGROALIMED

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

- MEJORA GENÉTICA VEGETAL: 12-13; 14-15; 16-17
- OLIVICULTURA Y ELAIOTECNIA: 11-12; 13-14; 15-16
- NUTRICIÓN ANIMAL: 11-12; 13-14; 15-16
- MEJORA GENÉTICA ANIMAL Y BIOTECNOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN: 11-12; 13-14; 15-16
- PLANIFICACIÓN INTEGRADA PARA EL DESARROLLO RURAL Y LA GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE: 12-13; 14-15; 16-17
- MARKETING AGROALIMENTARIO: 11-12; 13-14; 15-16
- ACUICULTURA: 12-13; 14-15; 16-17
- GESTIÓN PESQUERA SOSTENIBLE: 11-12; 13-14; 15-16

Se destinan primordialmente a titulados universitarios en vías de especialización de posgrado. No obstante se estructuran en unidades independientes para facilitar la asistencia de profesionales interesados en aspectos parciales del programa. Los participantes que cumplan los requisitos académicos pueden optar a la realización del 2º año para la obtención del Título Master of Science. El plazo de inscripción para los cursos de Mejora genética vegetal, Planificación integrada para el desarrollo rural y la gestión del medio ambiente y Acuicultura finaliza el 4 de Mayo 2012. El plazo de inscripción para el curso de Olivicultura y elaiotecnia finaliza el 15 de Abril 2013. El plazo de inscripción para los cursos de Nutrición animal, Mejora genética animal y biotecnología de la reproducción, Marketing agroalimentario y Gestión pesquera sostenible finaliza el 3 de Mayo 2013. El Estado Español reconoce el título Master of Science del CIHEAM otorgado a través del IAMZ como equivalente al título oficial de Máster del sistema universitario español.

Erasmus Mundus Master (** marcado con dos asteriscos en el listado). Se celebra todos los años. Para obtener mayor información y realizar la solicitud consulte la página web http://www.master-edamus.eu/

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.

	CURSOS	FECHAS	LUGAR	ORGANIZACIÓN
MEDIO AMBIENTE	RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE RÍOS MEDITERRÁNEOS	19-24 Sep. 11	Zaragoza	IAMZ
	LOS INCENDIOS FORESTALES EN LA PERSPECTIVA DEL CAMBIO GLOBAL	13-17 Feb. 12	Zaragoza	IAMZ/UE-Proyecto FUME
	SISTEMAS DE AYUDA A LA DECISIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL DE ZONAS RURALES	19-23 Mar. 12	Zaragoza	IAMZ
	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS GEOESPACIALES EN ESTUDIOS AMBIENTALES	11-22 Jun. 12	Zaragoza	IAMZ
	* PLANIFICACIÓN INTEGRADA PARA EL DESARROLLO RURAL Y LA GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	1 Oct. 12/7 Jun. 13	Zaragoza	IAMZ/UdL
	GESTIÓN DE LOS INCENDIOS FORESTALES PARA AFRONTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO Y SOCIOECONÓMICO	20-25 Mayo 13	Zaragoza	IAMZ/UE-Proyecto FUME
COMERCIALIZACIÓN	* MARKETING AGROALIMENTARIO	3 Oct. 11/8 Jun. 12	Zaragoza	IAMZ
	** MÁSTER ERASMUS MUNDUS EN GESTIÓN SOSTENIBLE DE LA CALIDAD DE LOS ALIMENTOS (EDAMUS)	Sept. 12-Jun. 14 / Sept. 13-Jun. 15	Montpellier y otros países del Consorcio	UM1/IAMM/ IAMZ/ UNIBAS/ IAMCh/ UMC
	NUEVAS OPORTUNIDADES PARA LA PROMOCIÓN Y EXPORTACIÓN DE LOS PRODUCTOS AGROALIMENTARIOS	12-16 Nov. 12	Zaragoza	IAMZ
	ESTRATEGIAS DE MARKETING DE ACEITE DE OLIVA	25 Feb./1 Mar. 13	Zaragoza	IAMZ/COI
	INNOVACIÓN EN ENVASES DE PRODUCTOS HORTOFRUTÍCOLAS	15-19 Abr. 13	Zaragoza	IAMZ
PESCA Y ACUICULTURA	* GESTIÓN PESQUERA SOSTENIBLE	17 Oct. 11/15 Jun. 12	Alicante	UA/MAGRAMA/ IAMZ
	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y LA SEGURIDAD DEL PESCADO Y DE LOS PRODUCTOS DE LA PESCA	17-21 Oct. 11	Derio	IAMZ/AZTI-Tecnalia/ FAO
	ANÁLISIS DEL RIESGO SANITARIO EN ACUICULTURA	12-16 Dic. 11	Zaragoza	IAMZ
	AVANCES EN REPRODUCCIÓN DE PECES Y SU APLICACIÓN AL MANEJO DE REPRODUCTORES	23-28 Ene. 12	Castellón	IAMZ/CSIC-IATS
	SISTEMAS DE RECIRCULACIÓN Y SU APLICACIÓN EN ACUICULTURA	14-18 Mayo 12	Zaragoza	IAMZ
	* ACUICULTURA	15 Oct. 12/28 Jun. 13	Las Palmas de Gran Canaria	ULPGC/ICCM/IAMZ
	NUTRICIÓN DE PECES: SOSTENIBILIDAD Y CALIDAD DE LOS PRODUCTOS	22-26 Oct. 12	Zaragoza	IAMZ FAO
	ESTUDIOS DE MERCADO DE PRODUCTOS DEL MAR	10-14 Dic. 12	Zaragoza	IAMZ/FAO
	PROCESADO DE PRODUCTOS DEL MAR: TECNOLOGÍAS MODERNAS Y DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS	4-8 Feb. 13	Vigo	IAMZ/FAO/ANFACO-CECOPESCA
	USO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN PESCA Y ACUICULTURA	10-21 Jun. 13	Zaragoza	IAMZ

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

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

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 solicitud de admisión pueden solicitarse a la dirección del IAMZ u obtenerse directamente de la página web:

Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza

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

CURSO 2012-2013

MÁSTER EN PRODUCCIÓN OVINA

Universidad Zaragoza
1542

➤ OBJETIVOS

El objetivo principal máster es enseñar a los alumnos a aplicar los conocimientos relacionados con la empresa ovina. Por lo tanto, la orientación del máster será práctica y permitirá complementar la formación previa que se ofrece en las titulaciones relacionadas (Grado en veterinaria, Ingeniería Agronómica, Ciencia y tecnología de alimentos, etc).

➤ DIRIGIDO A

El máster irá dirigido a técnicos vinculados con el sector o que pretendan orientar su futuro profesional hacia empresas relacionadas con el ovino en sus diferentes ámbitos. En la elección de los alumnos se primará la experiencia previa en el sector ovino y el currículum vitae.

➤ PROGRAMACIÓN

MÓDULO 1 (15 ECTS): Producción y sanidad ovina

- Introducción
- Instalaciones y equipamiento
- Medio ambiente y bienestar animal
- Mejora genética y reproducción
- Alimentación
- Ordeño
- Sanidad
- Planificación y manejo general de la explotación
- Gestión técnico-económica

MÓDULO 2 (15 ECTS): Industrialización y comercialización

- Introducción
- Mercado y estrategias de producto
- Calidad y homogeneidad de las materias primas

- Trazabilidad y seguridad alimentaria
- Transformación
- Comercialización y márketing
- Logística global

MÓDULO 3 (15 ECTS): Herramientas de gestión empresarial

- Importancia y desarrollo del plan estratégico
- Introducción a la contabilidad y fiscalidad
- Gestión de subvenciones. Introducción al Derecho
- Herramientas de comunicación, sociología aplicada y trabajo en equipo
- Gestión de compras
- Aptitud para la venta
- Innovación
- Recursos humanos

MÓDULO 4 (15 ECTS): Especialización práctica

- Estancia práctica en empresas del sector ovino
- Entrega del proyecto fin de máster
- Presentación del proyecto fin de máster

➤ INFORMACIÓN GENERAL

Créditos: 60 créditos ECTS.

Duración: octubre 2012 a mayo de 2013 (modalidad anual) o enero a marzo de 2013 (modalidad intensiva).

Coste de la matrícula: 3000 euros para el Máster completo o 750 euros por módulo.

Preinscripción

Jesús Yániz Pérez de Albéniz (Universidad de Zaragoza)
Tel. 974 23 93 12
E-mail: jyaniz@unizar.es

Secretaría administrativa

Secretaría General de la Facultad de Veterinaria de Zaragoza (Asuntos Académicos)
Facultad de Veterinaria de Zaragoza
Miguel Servet 177, 50013, Zaragoza
Tel. 976 76 16 18
E-mail: acavetez@unizar.es

INSCRIPCIÓN EN AIDA

* Si desea Ud. pertenecer a la Asociación, rellene la ficha de inscripción y envíela a **Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario**. Avda. Montañana 930. 50059 Zaragoza.

Si elige como forma de pago la domiciliación bancaria, adjunte a la hoja de inscripción el impreso de domiciliación sellado por su banco.

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

Dirección postal .....

Teléfono..... Fax..... E-mail .....

Empresa .....

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

Firma:

FORMA DE PAGO (COUTA ANUAL: 39 EUROS)

❑ Cargo a tarjeta VISA ó MASTERCARD

Número tarjeta: Válida hasta:

□□ □□□□□□□□□□□□□□

❑ Cargo a cuenta corriente o libreta (rellenar la domiciliación bancaria)

Sr. Director del Banco/Caja .....

Muy Sr. mío:

Ruego a Vd. se sirva adeudar en la siguiente cuenta corriente / Libreta (20 dígitos)

.....

que mantengo en esa oficina, el recibo anual que será presentado por la **"Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario".**

Atentamente,

Firmado: Sello de la Entidad: