

itea

información técnica económica agraria

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO

Volumen 113

Número 2

Junio 2017



www.aida-itea.org

2017- AÑO XLVIII Vol. 113 N.º 2 http://dx.doi.org/10.12706/itea	DIRECCIÓN Y REDACCIÓN Avda. Montañana, 930 50059 ZARAGOZA (ESPAÑA) Tel.: 34-976 716305 Fax.: 34-976 716335 E-mail: cmmarin@aragon.es	Depósito legal: Z-577-82 ISSN: 2386-3765 INO Reproducciones, S.A. Pol. Malpica, calle E, 32-39 (INBISA II, nave 35) 50016 Zaragoza
---	---	---

DIRECTOR: Clara Mª Marín, CITA de Aragón. España
SUBDIRECTOR: Pilar Andreu, EEAD Zaragoza. España
EDITORES CIENTÍFICOS: Alfonso Abecia, Universidad de Zaragoza. España
Alicia Cirujeda, CITA de Aragón. España
Ramón Isla, CITA de Aragón. España
Ana Isabel Sanjuán, CITA de Aragón. España
Albina Sanz, CITA de Aragón. España
EDITOR TÉCNICO: Mireia Blanco, CITA de Aragón. España

COMITÉ DE REDACCIÓN: Javier Álvarez, Universitat de Lleida. España
Jorge Álvaro, EEAD Zaragoza. España
Arancha Arbeloa, EEAD Zaragoza. España
Carlos Calvete, CITA de Aragón. España
Fernando Escriu, CITA de Aragón. España
Cristina Mallor, CITA de Aragón. España
Javier Rodrigo, CITA de Aragón. España

COMITÉ ASESOR: Ricardo Aké, Universidad Autónoma de Yucatán, México • Joaquim Balcells, Universidad de Lleida, España • Carlos Cantero, Universidad de Lleida, España
Mª Elena Daorden, INTA, Argentina • Mª José Díez, Universidad Politécnica de Valencia, España • Miguel Gómez, Cornell University EEUU • Margarita López, Centro de Investigación Agraria "Finca La Orden-Valdesequera", España • Ana Meikle, Universidad de la República, Uruguay • Mª Teresa Muiño, Universidad de Zaragoza, España • Julio Olivera, Universidad de la República, Uruguay • César Revoredo-Giha, SAC, Reino Unido • Ricardo Revilla, España • José Antonio Rubio, ITACYL, España
Pierre Sans, École Nationale Vétérinaire de Toulouse, Francia • Guillermo Studdert, Universidad del Mar del Plata, Argentina • Alfredo Teixeira, Escola Superior Agrária de Bragança, Portugal • Luis Varona, Universidad de Zaragoza, España

ITEA-Información Técnica Económica Agraria aparece indexada en SCI Expanded, Journal Citation Reports/Science Editions, ICYT, CABI, SCOPUS. Prohibida toda reproducción total o parcial sin autorización expresa de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario, Editor titular del copyright. ITEA no se responsabiliza necesariamente de las opiniones vertidas en los artículos firmados que publica, cuya responsabilidad corresponde a sus autores.

<http://www.aida-itea.org/index.php/revista/revista-intro>



Fotografía y texto de Alberto Bernués.

Las cabras se encuentran entre las especies más tempranas en cuanto a su domesticación por el hombre, aproximadamente hace 10.000 años. Aunque actualmente están distribuidas en zonas agroecológicas muy diversas de todo el mundo, sus ancestros tenían su hábitat en zonas de montaña del suroeste asiático. Caminando en los Pirineos es todavía frecuente encontrar pequeños rebaños de cabras, siempre sin pastor, vagando libres próximas a las cimas. Es quizás así, campando a sus anchas en las zonas más altas, donde su verdadera naturaleza se manifiesta. Y así lo refleja el dicho español: "la cabra siempre tira al monte". Puerto de Erata en Huesca (2.005 metros).

Sumario

Producción Vegetal

Nota técnica: Efectos de la inoculación con *Rhizobium* y de la fecha de siembra en la producción y valor nutritivo de la esparceta en Asturias (España).

Effects of Rhizobium inoculation and sowing date on yield and nutritive value of sainfoin in Asturias (Spain).

J.A. Oliveira, P. Palencia, E. Afif, I. Delgado y F. Temprano 117

Producción Animal

Efecto de la conversión a la producción ecológica sobre los parámetros cuantitativos y cualitativos de la leche de oveja.

The effect of the conversion to organic farming on quantitative and qualitative parameters of sheep milk.

C. Palacios, F. de la Fuente y J.A. Abecia 122

Sustitución de soja por guisante de invierno en dietas de cerdos pesados: impacto productivo del nivel de inhibidores de proteasas.

Replacing soybean for winter peas in heavy-pig diets: productive impact of the level of protease inhibitors.

E. Gómez-Izquierdo, E. de Mercado, J. Gómez-Fernández, C. Tomás, E. Guillamón, A. Varela, M. Muzquiz, M.M. Pedrosa, P. López-Nuez y M.A. Latorre 138

Evaluación genética de la facilidad de parto en la raza bovina Parda de Montaña usando los modelos lineal y umbral.

Genetic evaluation of calving ease in Parda de Montaña beef breed based on linear and threshold models.

X. Cortés-Lacruz, R. Revilla, I. Casasús, A. Sanz, J. Ferrer, P. Banzo y D. Villalba 158

Economía Agraria

Disposición a innovar y competitividad en la agroindustria extremeña.

Willingness to innovate and competitiveness in the Extremaduran agri-food industry.

B. Corchuelo y F.J. Mesías 176

Impacto de la experiencia sensorial y la información sobre las preferencias de los consumidores por la carne de vacuno enriquecida en omega-3 y ácido linoleico conjugado en tres ciudades españolas.

Impact of sensory experience and information on consumer preferences for enriched beef with omega-3 and conjugated linoleic acid in three Spanish cities.

Y. Baba, C.E. Realini, Z. Kallas, M. Pérez-Juan, C. Sañudo, P. Albertí y K. Insausti 192

Nota técnica

Efectos de la inoculación con *Rhizobium* y de la fecha de siembra en la producción y valor nutritivo de la esparceta en Asturias (España)

J.A. Oliveira^{1,*}, P. Palencia¹, E. Afif¹, I. Delgado² y F. Temprano³

¹ Departamento de Biología de Organismos y Sistemas. Universidad de Oviedo. C/ Gonzalo Gutiérrez Quirós s/n. 33600, Mieres, España

² Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón. Avda. Montañana 930, 50059 Zaragoza, España

³ IFAPA-Centro Las Torres. Ctra Sevilla-Alcalá del Río, km 12,2. 41200 Alcalá del Río, Sevilla, España

Resumen

La esparceta (*Onobrychis viciifolia* Scop.) es una leguminosa forrajera de creciente interés en distintos agroecosistemas debido principalmente a la buena palatabilidad, tolerancia a la sequía y presencia de polifenoles, entre ellos los taninos. Se estudió el efecto de la inoculación con dos cepas *Rhizobium* de la semilla de esparceta del ecotipo 'Reznos' y de la fecha de siembra (primavera y otoño) sobre la producción de forraje y valor nutritivo en Asturias, durante 2014 y 2015. Las mayores producciones de materia seca por corte se encontraron en los tratamientos con esparceta inoculados frente a los no inoculados. Igualmente los tratamientos de esparceta inoculados presentaron mayores contenidos en proteína bruta que los no inoculados. En ambos casos no hubo diferencias entre las dos cepas de *Rhizobium*. La siembra primaveral presentó valores más altos de producción por corte que la siembra otoñal. La nodulación de la esparceta resultó eficaz, tanto en su influencia en la producción de materia seca como por sus valores más altos de proteína bruta.

Palabras clave: *Onobrychis viciifolia* Scop., producción de materia seca, proteína bruta, fibra ácido detergente, fibra neutro detergente.

Abstract

Effects of *Rhizobium* inoculation and sowing date on yield and nutritive value of sainfoin in Asturias (Spain)

Sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) is a forage legume of growing interest in different agroecosystems due mainly to good palatability, drought tolerance and presence of polyphenols, including tannins. The effect of inoculation with two strains of *Rhizobium* on seed of a sainfoin ecotype 'Reznos' and the sowing date (spring and autumn) on forage yield and nutritive value was studied in Asturias during 2014-2015. The largest production of dry matter per harvest was found in treatments with sainfoin inoculated com-

* Autor para correspondencia: oliveira@uniovi.es

<https://doi.org/10.12706/itea.2017.007>

pared to un-inoculated sainfoin. Similarly, inoculated sainfoin treatments had higher crude protein content than un-inoculated treatments. In both cases, there were no differences between the two *Rhizobium* strains. Spring sowing showed higher values of dry matter yield per harvest than autumn sowing. Nodulation of sainfoin was effective both in its influence on dry matter production and its higher crude protein values.

Key words: *Onobrychis viciifolia* Scop., dry matter yield, crude protein, acid detergent fiber, neutral detergent fiber.

Introducción

El cultivo de leguminosas y gramíneas forrajeras constituye uno de los pilares fundamentales en el desarrollo de sistemas sostenibles de producción de rumiantes en Europa (Lüscher et al., 2014). La esparceta (*Onobrychis viciifolia* Scop.) es una leguminosa forrajera que está recibiendo mucha atención en los últimos años por parte de la Unión Europea (proyectos LegumePlus y HealthyHay) debido a sus efectos beneficiosos (legumeplus.eu) y al interés por diversificar cultivos.

En España, *O. viciifolia* presenta dos formas: la forma *communis* (de un corte o común) y la forma *bifera* (de dos cortes o gigante) (Michelena, 1983, citado en Demdoun (2012)) pudiendo sembrarse en otoño o al inicio de la primavera (Demdoun, 2012).

El *Rhizobium* que nodula la esparceta es muy específico y no suele estar presente en algunos suelos de la Península Ibérica sobre todo si no ha habido cultivos previos, de modo que en suelos con bajo contenido en N mineral y donde se pretenda introducir este cultivo puede ser necesario su inoculación, teniendo en cuenta el posible efecto del abono nitrogenado en la simbiosis (Delgado et al., 2013).

El objetivo de este trabajo es estudiar el comportamiento agronómico de la esparceta en Asturias (Norte de España), para lo cual se estudia el efecto de la inoculación con *Rhizobium* y de la fecha de siembra sobre la producción y el valor nutritivo.

Material y métodos

Diseño experimental y manejo del ensayo

El estudio se llevó a cabo en Candas, Asturias (43° 35' N, 5° 47' O y 80 m), en una parcela en la que nunca se había cultivado esparceta, habiendo comprobado la ausencia de rizobios capaces de nodular la esparceta (Oliveira-Prendes et al., 2016). La zona presenta un clima oceánico templado húmedo con precipitación y temperatura media de 1003 mm y 13,9 °C, respectivamente. El suelo presentó un pH de 6,4, materia orgánica de 5,2% y bajos niveles de P y K.

El diseño experimental fue un factorial con dos factores (inoculación y fecha de siembra) en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las parcelas fueron de 2 m x 5 m y se sembraron manualmente a voleo, el 11/04/2014 y el 31/10/2014, con semilla sin decorticar del ecotipo 'Reznos' (de dos cortes), a una dosis de 100 kg ha⁻¹. Las cepas de *Rhizobium* utilizadas son las denominadas ISO3 (procedente de un suelo de Teruel) e ISO12 (proveniente de un suelo de Zaragoza), ambos suministrados por IFAPA (Junta de Andalucía). La inoculación de las semillas se realizó antes de la siembra empleando una cantidad de inoculante (concentración mínima 10⁹ bacterias g⁻¹) equivalente al 1% del peso de aquellas y una solución adhesiva de goma arábica al 25%.

Los tratamientos de inoculación fueron: esparceta; esparceta + ISO3; esparceta + ISO12

y esparceta + 50 kg N ha⁻¹ año⁻¹. Un mes después de la siembra, se determinó la densidad de plantas por parcela en un área de 1 m².

En las parcelas de siembra primaveral se realizaron tres cortes en 2014 y cuatro en 2015 y en las de siembra otoñal se realizaron tres cortes en 2015 con motosegadora, en inicio de floración. Se tomó una muestra al azar de 100 g de biomasa por cada parcela experimental y se secó en estufa a 70 °C. Las muestras secas se molieron para realizar determinaciones de valor nutritivo (proteína bruta y fibras).

A finales de 2015 debido a la falta de persistencia, se determinó el grado de nodulación en las plantas presentes en dos muestreos (0,08 m²) por parcela.

Análisis estadísticos

Los datos fueron analizados utilizando un modelo mixto de análisis de varianza, considerando el tratamiento de inoculación y la fecha de siembra de efectos fijos y la fecha de corte y la repetición de efectos aleatorios con el paquete estadístico R (R Development Core Team, 2008).

Resultados y discusión

Las mayores producciones por corte se encontraron en los tratamientos con esparceta inoculada (Tabla 1), no habiendo diferencias estadísticamente significativas entre las dos

Tabla 1. Valores medios (y desviación estándar) de las variables: densidad de plantas (Dens), producción de forraje por corte (Prod), proteína bruta (PB), fibra ácido detergente (FAD) y fibra neutro detergente (FND)

Table 1. Mean values (and standard deviation) of the variables: plant density (Dens), yield per harvest (Prod), crude protein (PB), acid detergent fiber (FAD) and neutral detergent fiber (FND)

	Dens (plantas m ⁻²)	Prod (kg MS ha ⁻¹)	PB (% sobre materia seca)	FAD (% sobre materia seca)	FND (% sobre materia seca)
Inoculación (I)					
Esparceta	85 (11,4)	2208c (1816)	14,7c (2,6)	23,7 (2,4)	38,6 (0,6)
Esparceta + ISO3	86 (11,9)	3049a (1893)	17,7a (4,0)	23,7 (3,3)	38,6 (2,6)
Esparceta + ISO12	84 (10,6)	2651ab (1903)	17,1ab (3,2)	23,9 (3,1)	38,9 (2,3)
Esparceta + 50 kg N ha ⁻¹	84 (11,6)	2465bc (2189)	16,1b (2,5)	24,0 (1,7)	38,8 (1,1)
Significación	—	***	***	—	—
Siembra (S)					
Primavera	96a (2,1)	3200a (1924)	16,5 (3,7)	23,9 (2,9)	38,9 (2,0)
Otoño	74b (1,3)	1177b (1161)	16,2 (1,9)	23,6 (1,8)	38,3 (1,1)
Significación	***	***	—	—	—
I x S	—	—	—	—	—

Para cada columna, valores seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes (Test de Tukey, $P > 0,05$).

*** = $P \leq 0,001$.

cepas de *Rhizobium*. En Turquía, también Tufenkci et al. (2006) apreciaron un incremento de la producción de forraje de esparceta mediante la inoculación con *Rhizobium*. Las producciones obtenidas se asemejaron más a las obtenidas por Delgado et al. (2014) en regadío en Zaragoza, que a la de su cultivo tradicional en secano. Los tratamientos de esparceta inoculados presentaron mayor contenido en proteína bruta que los no inoculados, no habiendo diferencias entre las dos cepas usadas (Tabla 1). Los valores de proteína bruta y fibras son consistentes con otros resultados obtenidos en ensayos de esparceta (Kaplan, 2011).

Se obtuvieron mayores densidades de plantas y producciones en siembra primaveral res-

pecto a la otoñal (Tabla 1), de forma similar a otros trabajos realizados en Inglaterra (Liu et al., 2008), indicando que las siembras primaverales permiten una mejor implantación y mayor desarrollo de las plantas.

Se encontraron diferencias significativas (Tabla 2) en el número de nódulos y en el peso seco de los nódulos por planta entre los tratamientos inoculados y los no inoculados. No se observaron diferencias significativas en la capacidad de nodulación entre las dos cepas estudiadas. Se observó cierta aparición de nodulaciones en los tratamientos no inoculados debido probablemente a la escorrentía causada por las precipitaciones, desplazamiento por las parcelas, etc.

Tabla 2. Valores medios (y desviación estándar) de las variables:
nº de nódulos y peso seco de los nódulos por planta
Table 2. Mean values (and standard deviation) of the variables:
number of nodules and dry weight of nodules per plant

	Nº de nódulos por planta	Peso seco de nódulos por planta (g)
Inoculación (I)		
Esparceta	5,2b (2,5)	0,005b (0,002)
Esparceta + ISO3	52,2a (13,1)	0,049a (0,011)
Esparceta + ISO12	40,8a (11,9)	0,040a (0,011)
Esparceta + 50 kg N ha ⁻¹	5,0b (2,2)	0,005b (0,002)
Significación	***	***
Siembra (S)		
Primavera	26,2 (25,9)	0,025 (0,024)
Otoño	25,4 (20,7)	0,024 (0,019)
Significación	–	–
I x S	–	–

Para cada columna, valores seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes (Test de Tukey, $P > 0,05$).

*** = $P \leq 0,001$.

Conclusiones

Se obtuvieron mayores producciones y porcentajes de proteína bruta por corte en los tratamientos de esparceta inoculados con *Rhizobium*, sin que hubiese diferencias significativas entre cepas de *Rhizobium* estudiadas.

La siembra primaveral resultó mejor que la otoñal en cuanto a la producción media por corte y persistencia.

Agradecimientos

Se agradece la asistencia técnica de la Unidad de Consultoría Estadística de la Universidad de Oviedo y la realización de los análisis de valor nutritivo en el Laboratorio de Nutrición Animal del Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA) de Asturias.

Bibliografía

- Delgado I, Temprano F, Muñoz F, Rodríguez DN (2013). Cultivo de la esparceta (*Onobrychis viciifolia* Scop.) en el valle del Ebro: efecto de la inoculación con *Rhizobium*. En: Los pastos: nuevos retos, nuevas oportunidades. (Ed. Olea L et al.), pp. 163-170. SEEP.
- Delgado I, Muñoz F, Andueza D (2014). Evaluación comparativa de la alfalfa y la esparceta, en con-

diciones de secano y regadío de Aragón. En: Pastos y PAC 2014-2020. (Ed. Busqué J et al.), pp. 304-310. SEEP.

- Demdoum S (2012). Caracterización agronómica, genética y composición química de una colección de variedades de esparceta. Tesis doctoral. Universidad de Lérida. 204 pp.
- Kaplan M (2011). Determination of potential nutritive value of sainfoin (*Onobrychis sativa*) hays harvested at flowering stage. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 10(15): 2028-2031.
- Liu Z, Lane G, Davies W (2008). Establishment and production of common sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) in the UK. 1. Effect of sowing date and autumn management on establishment and yield. *Grass and Forage Science* 63: 234-241.
- Lüscher A, Mueller-Harvey I, Soussana JF, Rees RM, Peyraud JL (2014). Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe: a review. *Grass and Forage Science* 69: 206-228.
- Oliveira-Prendes JA, Palencia P, Afif-Khoury E, Delgado I, Temprano F (2016). Producción y valor nutritivo de esparceta inoculada con dos cepas de *Rhizobium* sp., en Asturias. En: Innovación sostenible en pastos: Hacia una agricultura en respuesta al cambio climático. (Ed. Báez MD et al.), pp. 201-206. SEEP.
- Tufenkci S, Erman M, Sonmez F (2006). Effects of phosphorous and nitrogen applications and *Rhizobium* inoculation on the yield and nutrient uptake of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* L.) under irrigated conditions of Turkey. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 49: 101-105.
- (Aceptado para publicación el 10 de enero de 2017)

Efecto de la conversión a la producción ecológica sobre los parámetros cuantitativos y cualitativos de la leche de oveja

C. Palacios¹, F. de la Fuente² y J.A. Abecia^{3,*}

¹ Departamento de Construcción y Agronomía. Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales. Filiberto Villalobos, 37007, Salamanca

² Departamento de Producción Animal. Facultad de Veterinaria. Campus de Vegazana s/n, 24071 León

³ Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Ambientales. Facultad de Veterinaria. Miguel Servet 177, 50013, Zaragoza

Resumen

Con el fin de estudiar las consecuencias de la conversión de ganadería convencional a los procedimientos productivos ecológicos, se han analizado la producción de leche y su calidad durante el periodo 2000-2011 de 11.543 muestras de leche de una explotación ovina de raza Castellana y dos de Churra, procedentes de 2.748 lactaciones (Castellana, $n = 1.257$; Churra, $n = 1.491$), cuando estas ganaderías se convirtieron de un sistema de producción convencional al ecológico. La producción total de leche por oveja y parto fue superior durante el periodo de producción convencional frente al periodo ecológico ($385,6 \pm 3,50$ vs. $360,3 \pm 2,80$ g, respectivamente; $P < 0,001$), con un mayor contenido en grasa ($7,2 \pm 0,01$ vs. $6,8 \pm 0,10\%$; $P < 0,001$), similar contenido en proteína ($5,8 \pm 0,10$ vs. $5,8 \pm 0,01\%$; $P < 0,10$) y mayor contenido en sólidos totales ($18,4 \pm 0,10$ vs. $18,3 \pm 0,01\%$; $P < 0,001$). La conversión al sistema de producción ecológico dio lugar en una reducción del recuento de células somáticas en comparación con los valores obtenidos durante el periodo convencional (1.039 ± 34 vs. 861 ± 23 células $\times 1000/\text{ml}$; $P < 0,001$). La prolificidad de los tres rebaños experimentó una reducción de sus valores al transformarse al sistema ecológico de producción ($1,33 \pm 0,01$ vs. $1,25 \pm 0,01$ corderos nacidos/parto; $P < 0,001$). En conclusión, aunque la conversión a ganadería ecológica dio lugar a una evidente reducción de la producción lechera de las ovejas por parto, se observó un descenso del recuento de células somáticas tras el periodo de conversión. Serían necesarios trabajos que identificaran las posibles causas de este descenso en la producción con una mejora en la calidad, ligadas a la propia idiosincrasia de la ganadería ecológica, la densidad de los animales en los apriscos o cambios sustanciales en el manejo del rebaño.

Palabras clave: Calidad, grasa, proteína, ecológico.

Abstract

The effect of the conversion to organic farming on quantitative and qualitative parameters of sheep milk

In order to study the consequences of the conversion from conventional to organic farming procedures from 2000 to 2011, 11,543 milk samples from a Castellana sheep farm and two Churra farms have been analysed, from 2,748 lactations (Castellana, $n = 1,257$; Churra, $n = 1,491$). Milk production was higher during the conventional period compared with the organic one (385.6 ± 3.50 vs. 360.3 ± 2.80 g, respectively; $P < 0.001$) with a higher fat content (7.2 ± 0.01 vs. $6.8 \pm 0.10\%$; $P < 0.001$), similar protein content

* Autor para correspondencia: alf@unizar.es

<https://doi.org/10.12706/itea.2017.008>

(5.8 ± 0.10 vs. $5.8 \pm 0.01\%$; $P < 0.10$) and higher total solid content (18.4 ± 0.10 vs. $18.3 \pm 0.01\%$; $P < 0.001$). The conversion to organic farming resulted in a reduction in somatic cell count (SCC) compared with the values obtained during the conventional period ($1,039 \pm 34$ vs. 861 ± 23 cells $\times 1000$ /ml; $P < 0.001$). Prolificacy of the three flocks experienced a reduction after being transformed into an organic system (1.33 ± 0.01 vs. 1.25 ± 0.01 lambs born/lambing; $P < 0.0001$). In conclusion, although the conversion to organic farming led to an evident reduction in milk production per lambing, a SCC decrease was observed after the conversion period. It is necessary to identify possible causes of this qualitative improvement and productive reduction, linked to the organic farming procedures as food origin, animal density, or flock management.

Key words: Quality, fat, protein, organic.

Introducción

Una de las principales consecuencias de la conversión de una ganadería convencional a las prácticas de la ganadería ecológica es la propia aplicación del reglamento sobre todo en lo referente al empleo de antibióticos en terapias preventivas contra las mastitis, ya que precisamente la percepción general de los ganaderos es que las mastitis son uno de los principales problemas a los que se deben enfrentar al incorporarse a la producción ecológica (Cabaret, 2003). Esta prohibición supone un problema para las explotaciones de producción de leche que incorporaron en sus rutinas de manejo la aplicación de terapias de secado con antibióticos (Palacios, 2010), siendo el abandono de las terapias de secado es uno de los mayores retos para controlar el Recuento de Células Somáticas (RCS) (Agabriel et al., 2002).

El RCS es una medida de la cantidad de leucocitos y células epiteliales en la leche y proporciona una idea del estatus sanitario de la ubre, mientras que el valor obtenido de la leche de tanque puede mostrar el estado general de salud de la ubre de todo el rebaño. El RCS se incrementa cuando un agente infeccioso penetra en la ubre o cuando la ubre ha sufrido una lesión. Este incremento disminuye la calidad de la leche cruda, provocando una disminución de la calidad de sus productos derivados (Jiménez-Granado et al.,

2014). Jaeggi et al. (2001) observaron que un RCS superior a 1.000.000 disminuía el rendimiento quesero de la leche y desarrollaba olores a rancio en el queso. Pirisi et al. (2000) demostraron una relación directa entre el RCS y la composición de la leche de oveja, particularmente con el pH y el contenido de proteínas del suero y la lactosa. Además, un RCS alto disminuye el ritmo de coagulación y pone en peligro la estructura del cuajo.

Bennedsgaard et al. (2003) evaluaron la salud general de las vacas y la calidad de su leche en granjas danesas convencionales, en ganaderías ecológicas con cierta antigüedad en estos procedimientos (antes de 1990), en ganaderías ecológicas convertidas más recientemente (antes de 1995), y en ganaderías recién convertidas a ecológico. El estudio concluyó que cuanto más tiempo lleve un rebaño explotado bajo las condiciones de la producción ecológica, mejor es su calidad de la leche. En Nueva Zelanda, Thatcher et al. (2014) presentaron resultados de rebaños ecológicos con RCS mayores que los de las homólogas convencionales, aunque en ambos casos se realizaban manejos para reducir las patologías mamarias, coincidiendo que con el paso del tiempo las vacas presentaban menores recuentos celulares en ambos sistemas de producción. En Holanda, Nauta et al. (2006) calificaron las explotaciones de una manera similar y evaluaron la salud y la calidad de la leche de las novillas primíparas. En

contraste con el estudio danés y neozelandés, las novillas de primer parto en granjas ecológicas establecidas desde hace tiempo tenían una calidad de la leche relativamente peor que las granjas recién convertidas o las convencionales.

En Estados Unidos, son escasos los trabajos sobre producción lechera ecológica que incluyan datos sobre la calidad de la leche. En un estudio sobre la susceptibilidad antimicrobiana de *Staphylococcus aureus*, Tikofsky et al. (2003) observaron un promedio de 273.000 células/ml en el RCS de la leche cruda de ganaderías ecológicas de Nueva York, mientras que la leche de rebaños convencionales de tamaño similar incluidas en el estudio promediaban 559.300 células /ml. En Suecia, el RCS de la leche de tanque de explotaciones de vacuno calificadas como "sostenibles" fue similar y bajo, en comparación con ganaderías ecológicas de tamaño similar, aunque las diferencias se evidenciaron cuanto más pequeño era el tamaño de la explotación, a favor de las ecológicas (Toledo et al., 2002).

Los efectos de la conversión frente a los problemas de mastitis no son concluyentes en todas las especies, ya que se ha detectado aumentos en las patologías mamarias (Haggard y Padel, 1996), aumento tan solo en el nivel de células somáticas (Agabriel et al., 2002), o sólo aumento de células durante la primera semana post parto, sin diferencias en el número de células ni en la presencia de mastitis clínicas (Seegers et al., 2003; Amezttoy e Intxaurrendieta, 2002) e incluso resultados donde existen mejores comportamientos de ubres y menores recuentos celulares en los animales ecológicos (Hamilton et al., 2006).

En la revisión de Lund y Algers (2003), los estudios sobre la conversión a producción ecológica de leche en ganado vacuno son numerosos, mientras que los estudios en la especie ovina se han centrado fundamentalmente en el control parasitario. En ovino lechero se hacen necesarios estudios sobre el

impacto de la conversión a la producción ecológica, no sólo en términos económicos (cantidad de leche producida, rentabilidad), sino también en términos de calidad de la leche y su posible efecto en la industria quesera. Además, las consecuencias de no poder utilizar tratamientos con antibióticos para paliar el incremento en el RCS de forma preventiva en el periodo de secado, como un indicador de la salud general de la ubre, también deben ser estudiadas. Por tanto, el objetivo de este trabajo fue estudiar las consecuencias de la conversión de ganadería ovina lechera convencional a los procedimientos ecológicos de producción de tres ganaderías de ovino lechero españolas, estudiando las consecuencias de su conversión en la cantidad, calidad y RCS de la leche ordeñada.

Material y métodos

Muestras de leche

Se han analizado un total de 11.543 muestras de leche recogidas en el Control Lechero Oficial de ovino (controles lecheros mensuales alternos). Las muestras pertenecen a tres explotaciones de ovino de leche de dos razas autóctonas españolas (Castellana, una ganadería; Churra, dos ganaderías), durante el período 2000-2011, cuando estas granjas fueron convertidas de un sistema de producción convencional al ecológico, incluyendo 2748 lactaciones (Castellana, n = 1.257; Churra, n = 1.491) (Tabla 1).

Características de la conversión a la producción ecológica

El proceso de conversión a ganadería ecológica de las explotaciones estudiadas siguió las pautas indicadas por el Reglamento (CE) N° 889/2008 de la Comisión Europea (2008), de modo que los animales deben estar en alo-

Tabla 1. Número de lactaciones estudiadas y muestras analizadas en el estudio de la conversión de ganadería convencional a ecológica en tres ganaderías ovinas de dos razas autóctonas españolas (Castellana y Churra)

Table 1. Number of lactational periods under study, and number of samples analysed, in the study of the conversion of conventional to organic farming of three dairy sheep farms of two autochthonous breeds (Castellana and Churra)

Ganadería	Raza	Lactaciones	Años en convencional (muestras)	Años en ecológico (muestras)
I	Castellana	1257	2000-2005 (2475)	2006-2011 (2735)
II	Churra	1057	2000-2004 (2223)	2005-2011 (2735)
III	Churra	434	2006-2007 (629)	2008-2011 (992)

jamientos con las condiciones suficientes para garantizar su bienestar y deben de tener acceso constante y libre a patios de recreo con densidades mínimas especificadas. Las características que deben de tener los apriscos que alberguen ganado ecológico están recogidas en la sección 2 del dicho reglamento (Comisión Europea, 2008). Las ovejas deben poder acceder siempre a pastos cuando las condiciones meteorológicas lo permitan. El resto de aportes nutricionales necesarios para la correcta nutrición del ganado debe de proceder de agricultura ecológica. El origen del alimento que consumen los animales debe ser al menos el 50% producido en la propia granja y al menos el 60% del mismo debe de ser a base de forrajes. En el caso de nuestras ganaderías, las diferencias entre sistemas para la densidad media de los apriscos (m^2/oveja y cordero) durante los años de estudio fue pasar de 1,2 a 1,8 m^2/oveja , contar con 3 m^2/oveja de patios de recreo, y la salida al exterior con los corderos durante el ecológico y no en convencional (estabulación permanente durante la lactación en el periodo convencional), cambiantes por la adecuación de las ganaderías al reglamento de producción ecológica (Comi-

sión Europea, 2008). La Tabla 2 presenta las medias de las características cuantitativas y cualitativas de las dietas ofertadas durante los periodos convencional y ecológico durante la lactación de las tres ganaderías en el periodo de estudio; la diferencia fundamental de las dietas es reducción del aporte en Proteína Bruta y la reducción del aporte de las grasas debido a la no utilización de tortas ni jabones cálcicos protegidos, lo que justifica la reducción del contenido de grasa. Por el contrario aumentan los contenidos en cereales, en fibra bruta y de consumo en verde de pastos.

Respecto a las características de las profilaxis y tratamientos veterinarios usados en producción ecológica, las limitaciones son importantes en el caso de los animales de aptitud lechera. Se prohíbe expresamente el uso de medicamentos veterinarios alopáticos de síntesis química o de antibióticos en los tratamientos preventivos en el Artículo 23 punto 1 (Comisión Europea, 2008). De esta forma queda prohibido el uso de jeringas intramamarias o tratamientos inyectables parenterales con antibióticos como terapias de secado en las ovejas al final del periodo de ordeño.

Tabla 2. Diferencias en alimentación (componentes de la ración y valores nutricionales) en su etapa de producción convencional y al convertirse a la producción ecológica (valores medios) de las ganaderías durante los años del trabajo correspondientes

Table 2. Differences in diet composition (raw materials and nutritional values), of three dairy sheep farms, in their transformation to organic farming procedures (mean values)

	Convencional		Ecológico	
	Churra	Castellana	Churra	Castellana
Componentes de la ración, %				
Alfalfa heno	35	70	22	68
Cebada grano	25	13	32	4
Maíz grano	15	5		
Avena grano			16	2
Veza grano			10	14
Forraje verde pastado			20	20
Torta de soja	19	6		
Torta de girasol	3	3		
Jabón cálcico	1	1		
Melaza	2	2		
Oferta, kg MS/animal	1,8	2,2	2,3	1,7
Composición química				
Unidad Forrajera Lastre	0,8	0,88	0,88	0,76
Proteína bruta%	18,55	14,63	16,2	12,44
Extracto etéreo%	3,29	5,45	2,82	1,12
Fibra bruta%	22,69	9,31	28,7	26,02

Cantidad y calidad de la leche

La producción de leche se calculó mediante el método utilizado por el control lechero oficial aprobado por el Comité Internacional para el Control del Rendimiento del Ganado (International Committee for Animal Recording; ICAR, 2016). Los datos individuales sobre la producción de leche de cada animal se obtuvieron realizando controles de rendimiento mensuales, alternados (ICAR, 2016) mediante el uso de medidores integrados en el sistema de ordeño. Se han estudiado los animales con cinco controles lecheros de las

razas del estudio (Churra y Castellana) por ser los animales con lactaciones más duraderas por parto. El análisis de la leche se realizó en el Laboratorio Interprofesional Lácteo de Castilla y León (Palencia), e incluyó grasa, proteína, contenido total de sólidos (%) y el RCS. Los métodos utilizados en el análisis de la composición química básica de leche fueron: sólidos totales por Norma FIL 021 (IDF, 2010); proteínas por las FDI Standard 020-5 (IDF, 2001) y grasa Norma FIL 105 (IDF, 2008).

Para la determinación del RCS, parte de las muestras de leche se conservaron en brono-

pol (0,1%) y se analizaron mediante un equipo Fossomatic 5000 (Foss Electric, Hillerød, Dinamarca), calibrado con estándares conocidos, en el Servicio de Análisis del Centro de Selección y Reproducción Animal (CENSYRA) de León. La leche se analizó en los primeros cinco días tras su obtención, manteniéndose las muestras mientras tanto a 4-6°C.

Tras los partos, se registró el número de corderos nacidos vivos o muertos, calculándose la prolificidad como número de corderos nacidos/número de partos.

Análisis estadístico

Para determinar el efecto del cambio de tipo de producción y de la ganadería sobre la calidad y cantidad de leche y la prolificidad, las variables estudiadas se han sometido a un análisis de varianza utilizando un modelo mixto, que incluye los dos sistemas de producción (convencional vs. ecológico), las tres ganaderías y el mes y el año como factores fijos. Ante un modelo significativo, se realizó un análisis de varianza particular para comparar el sistema de producción dentro de cada ganadería. Las muestras se han dividido en tres categorías sanitarias, de acuerdo con Gonzalo et al. (2000) según su RCS, de modo que pueden calificarse como "buenas" ($RCS < 500.000$), "medias" ($500.000-1.000.000$) y "malas" ($> 1.000.000$). La proporción relativa de las tres categorías por ganadería y sistema de producción ha sido comparada mediante la prueba de chi-cuadrado. Para el cálculo de la evolución de la cantidad y composición de la leche a lo largo de los controles lecheros, los valores de las tres ganaderías han sido agrupados, comparándose los valores de cada parámetro para cada control lechero en función del sistema de producción mediante análisis de varianza.

Resultados

De manera global, la producción de leche de las ovejas estudiadas fue superior en las muestras tomadas durante el periodo de producción convencional frente al ecológico ($385,6 \pm 3,50$ vs. $360,3 \pm 2,80$ g, respectivamente; $P < 0,001$), con un mayor contenido en grasa ($7,2 \pm 0,01$ vs. $6,8 \pm 0,10\%$; $P < 0,001$), similar contenido en proteína ($5,8 \pm 0,10$ vs. $5,8 \pm 0,01\%$; $P < 0,10$) y mayor contenido en sólidos totales ($18,4 \pm 0,10$ vs. $18,3 \pm 0,01\%$; $P < 0,001$). La conversión al sistema de producción ecológico resultó en una reducción del RCS en comparación con los valores obtenidos durante el periodo convencional (1039 ± 34 vs. 861 ± 23 células $\times 1000/ml$; $P < 0,001$). El análisis de varianza factorial mostró un efecto significativo de la ganadería sobre todos los parámetros estudiados, y del sistema de producción, a excepción del contenido en proteína (Tabla 3). El mes y el año también fueron factores que afectaron de manera significativa a los parámetros de calidad lechera, pudiéndose observar una variación a lo largo del año en ambos sistemas (Figura 1), aunque bajo el sistema de producción ecológica no hubo variaciones mensuales significativas. Las ganaderías II y III, de raza Churra, produjeron más leche que la ganadería I, de raza Castellana ($P < 0,001$), con diferencias entre las tres para el resto de los parámetros estudiados, tanto en el periodo convencional como en el ecológico. En las tres ganaderías se observó la misma reducción del RCS tras el paso a producción ecológica.

La prolificidad de los tres rebaños experimentó una reducción de sus valores (Tabla 3) al transformarse al sistema ecológico de producción ($1,33 \pm 0,01$ vs. $1,25 \pm 0,01$; $P < 0,001$).

El cambio a ganadería ecológica dio lugar a un mayor porcentaje de muestras con un RCS

Tabla 3. Producción media (± error estándar) de leche, grasa, proteínas, sólidos totales y recuento de células somáticas (RCS) y prolificidad en el estudio de la conversión de ganadería convencional a ecológica en dos razas ovinas autóctonas españolas

Table 3. Mean (± standard error) milk production, fat, protein, total solids, somatic cell count (RCS), and litter size in the study of the conversion of conventional to organic farming of three dairy sheep farms of two autochthonous breeds (Castellana and Churra)

	Ganadería I Castellana		Ganadería II Churra		Ganadería III Churra		Significación ¹			
	Convencional	Ecológico	Convencional	Ecológico	Convencional	Ecológico	G	S	M	A
Producción, g	275,4 ± 2,04 ^a	287,3 ± 3,11 ^b	482,2 ± 6,01 ^a	374,7 ± 3,91 ^b	522,7 ± 12,50	503,0 ± 10,0	***	***	***	***
Grasa, %	6,9 ± 0,09	6,8 ± 0,01	7,8 ± 0,11 ^a	7,0 ± 0,11 ^b	6,3 ± 0,12	6,1 ± 0,11	***	***	***	***
Proteína, %	6,0 ± 0,11	6,0 ± 0,01	5,5 ± 0,01	5,7 ± 0,12	5,7 ± 0,01	5,6 ± 0,01	***	ns	***	***
Sólidos totales, %	18,5 ± 0,01	18,5 ± 0,01	18,6 ± 0,11 ^a	18,4 ± 0,01 ^b	17,6 ± 0,11	17,4 ± 0,12	***	***	***	***
RCS, células x1000/ml	777,8 ± 46,80 ^a	634 ± 37,40 ^b	1223,9 ± 51,28 ^a	920 ± 52,20 ^b	1414,4 ± 127,01 ^a	1262 ± 112,70 ^b	***	***	ns	***
Prolificidad, corderos/parto	1,27 ± 0,01 ^a	1,18 ± 0,01 ^b	1,34 ± 0,01 ^a	1,27 ± 0,01 ^b	1,50 ± 0,02 ^a	1,34 ± 0,01 ^b	ns	***	***	***

¹ G: ganadería; S: Sistema; M: mes; A: año. Dentro de un parámetro, a,b indican diferencias P<0,001.

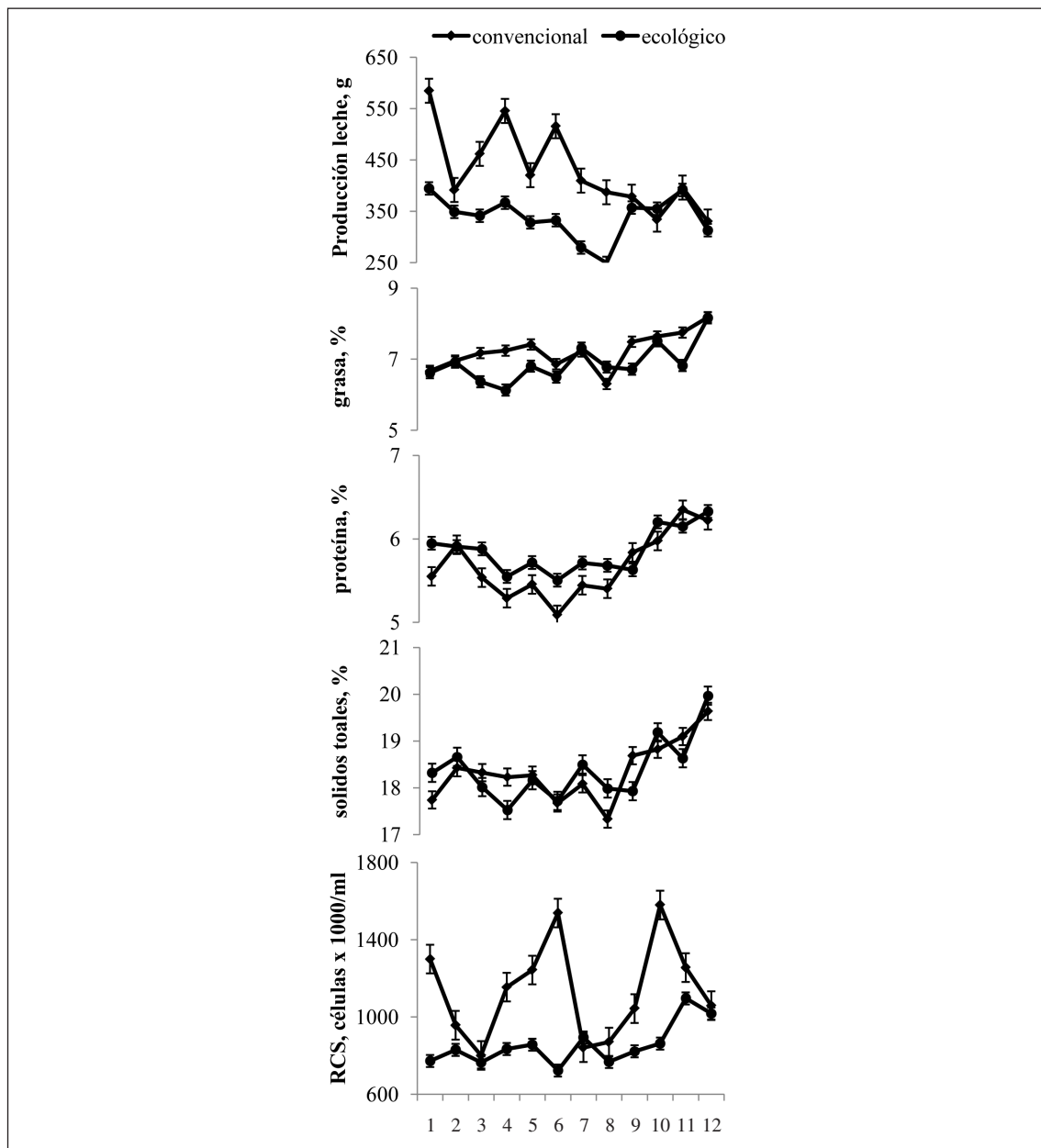


Figura 1. Variación mensual de la producción de leche, grasa, proteínas, sólidos totales, y recuento de células somáticas (RCS) de los controles mensuales en el estudio de la conversión de ganadería convencional a ecológica en dos razas ovinas autóctonas españolas (Castellana and Churra).

Las barras verticales indican el error estándar.

Figure 1. Monthly variation of milk production, fat, proteins, total solids, and somatic cell count (RCS) of the monthly milk controls in the study of the conversion of conventional to organic farming of three dairy sheep farms of two autochthonous breeds (Castellana and Churra).

inferior a 500.000 células/ml (Tabla 4) y menor de muestras con RCS > 1.000.000 células/ml ($P < 0,001$); este hecho fue especialmente evidente en las ganaderías de raza Churra.

La evolución de los parámetros de calidad de la leche a lo largo de la lactación (Figuras 2-4) demuestra que las diferencias entre ambos sistemas no son iguales a lo largo del tiempo. De este modo, las diferencias en la producción lechera son significativas durante los dos primeros meses de ordeño ($P < 0,001$) (Figura 2), llegando incluso las ovejas ya bajo el sistema ecológico a producir más leche al fi-

nal del ordeño, en el quinto control lechero ($P < 0,01$). Una evolución parecida en el tiempo sufrió el contenido en grasa, aunque el contenido en proteína fue similar a lo largo del tiempo en ambos sistemas (Figura 3). El contenido en sólidos totales fue inferior en la producción ecológica en el primer control ($P < 0,001$) y en el quinto ($P < 0,01$) (Figura 4). Por último, las diferencias entre ambos sistemas para el RCS fueron significativas en los dos primeros controles lecheros ($P < 0,01$), con unos menores valores para los controles realizados en producción ecológica (Figura 4).

Tabla 4. Porcentaje de muestras con un recuento de células somáticas (RCS) <500.000, entre 500.000 y 1.000.000 y > 1.000.000, recogidas de los controles mensuales lecheros, en el estudio de la conversión de ganadería convencional (CON) a ecológica (ECO) en dos razas ovinas autóctonas españolas
Table 4. Percentage of samples with a somatic cell count (RCS) <500.000, 500.000- 1.000.000 and > 1.000.000, from monthly milk controls, in the study of the conversion of conventional (CON) to organic (ECO) farming of three dairy sheep farms of two autochthonous breeds (Castellana and Churra)

	<500.000		500.000-1.000.000		>1.000.000		Significación
	CON	ECO	CON	ECO	CON	ECO	
Ganadería I	77%	78%	9%	10%	14%	12%	< 0,10
Ganadería II	64%	74%	10%	10%	26%	16%	< 0,05
Ganadería III	61%	68%	11%	10%	28%	22%	< 0,001
Total	69%	74%	10%	10%	21%	16%	< 0,001

Discusión

Los resultados del presente trabajo muestran que la conversión de un sistema convencional de producción al sistema ecológico en ovino lechero redujo la cantidad de leche producida por las ovejas y su contenido graso, acompañado de una reducción del RCS. Si bien la reducción en la producción es similar a trabajos anteriores en vacuno, tanto fuera (Haggar y Padel, 1996; Byström et al., 2002, Schwendel et al. (2015) como dentro

de España (Ameztoy e Intxaurrendieta, 2002; Pérez y Álvarez, 2008), y se relaciona con una reducción del consumo de alimentos concentrados, era de esperar que la conversión a la ganadería ecológica diera un aumento en los parámetros relacionados con la calidad (extracto quesero), tal y como se ha observado con anterioridad (Palacios, 2010). Sin embargo en este estudio se encontró una reducción significativa del contenido de grasa y un mantenimiento de los índices del contenido de proteína; esta controversia ha

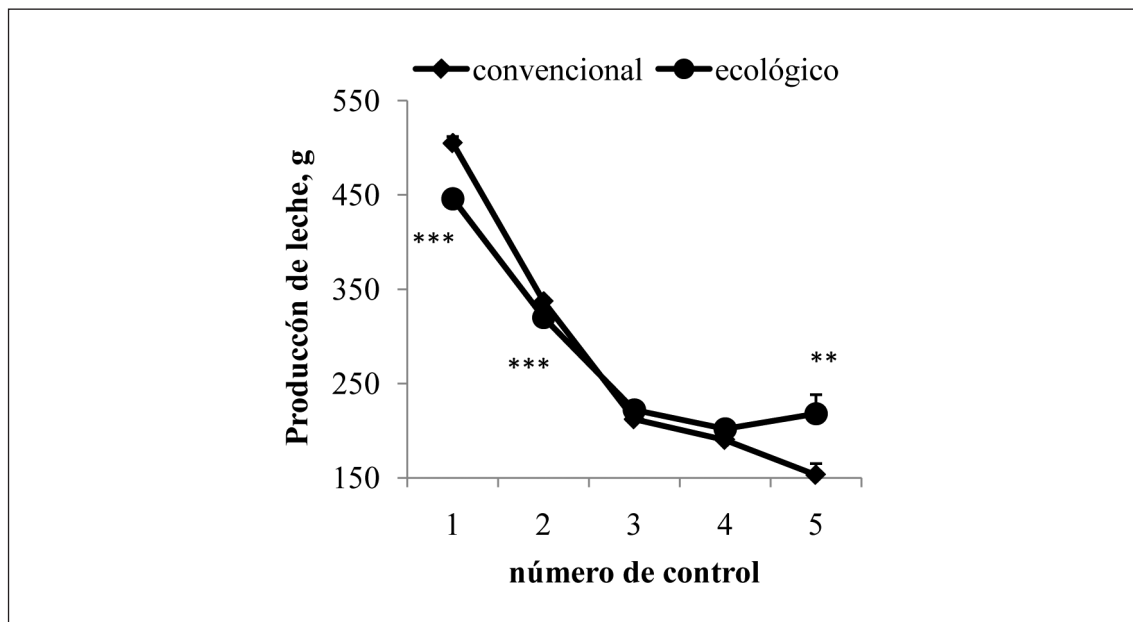


Figura 2. Producción media de leche de los controles mensuales lecheros en el estudio de la conversión de ganadería convencional a ecológica en dos razas ovinas autóctonas españolas (Castellana and Churra). ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$.

Figure 2. Mean milk production from monthly milk controls in the study of the conversion of conventional to organic farming of three dairy sheep farms of two autochthonous breeds (Castellana and Churra). ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$.

sido descrita en ganado vacuno por Schwen-del et al. (2015) y se relaciona con el uso de grasas bypass en las dietas convencionales, y con una reducción del uso de cereales en las dietas ecológicas. Por el contrario, la reducción en el RCS en las muestras de leche estudiadas podría condicionar el precio del litro de leche y el procesado posterior del producto, siendo esta reducción del RCS más relevante si tenemos en cuenta la prohibición del uso de tratamientos antibióticos de secado en las ganaderías ecológicas.

La evolución del RCS en los procesos de conversión es una variable que transmite el estado de salud de la mama, y que por lo tanto está relacionado con la aparición de mamitis subclínicas en el rebaño. En ganado vacuno de leche convertido a ganadería ecológica,

existen resultados dispares, ya que en algunos trabajos no se han encontrado repercusiones sanitarias respecto al estado de ubres y el RCS (Ameztoy e Intxaurrendieta, 2002; Seegers et al., 2003), pero en otros sí existió un riesgo adicional para controlar las mamitis (Haggar y Padel, 1996; Agabriel et al., 2002; Villar et al., 2014).

Hay que tener en cuenta que hay numerosos factores de origen no infeccioso que pueden explicar un 48% de la variación del valor del RCS en ovino (Gonzalo et al., 2002, 2005), tales como el número de parto, la raza, el momento de lactación, la prolificidad, la estación, la nutrición, etc. En caprino, Jiménez-Granado et al. (2014) describen como factores intrínsecos no infecciosos que afectan de manera significativa al RCS el número de lactación (mayor

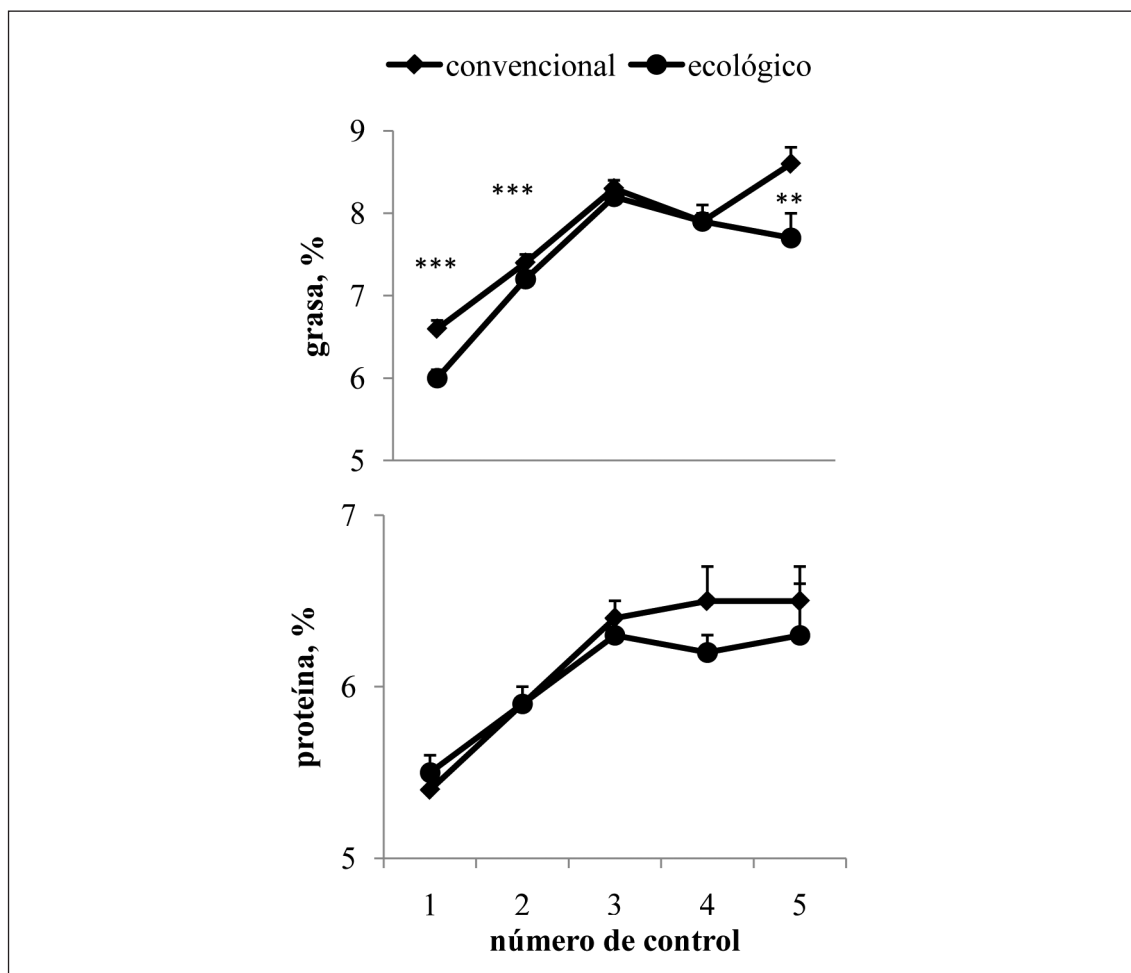


Figura 3. Contenido medio de grasa y proteína de los controles mensuales lecheros en el estudio de la conversión de ganadería convencional a ecológica en dos razas ovinas autóctonas españolas.

Las barras verticales indican el error estándar. ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$.

*Figure 3. Mean fat and protein content from monthly milk controls, in the study of the conversion of conventional to organic farming of three dairy sheep farms of two autochthonous breeds (Castellana and Churra). ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$.*

RCS a mayor número de lactación), la edad (mayor en animales mayores), la prolificidad mayor en partos múltiples) y el momento del ordeño (mayor en ordeños de tarde); como factores extrínsecos se citan la rutina de ordeño (menor en ordeño mecánico frente al manual), la estación y la alimentación.

Las posibles causas de la reducción observada en este trabajo pueden ser varias. El RCS está indirectamente influido por la alimentación, de modo que una subnutrición puede predisponer a los animales a sufrir trastornos metabólicos y a enfermedades, aumentando la susceptibilidad de la glándula mamaria a la

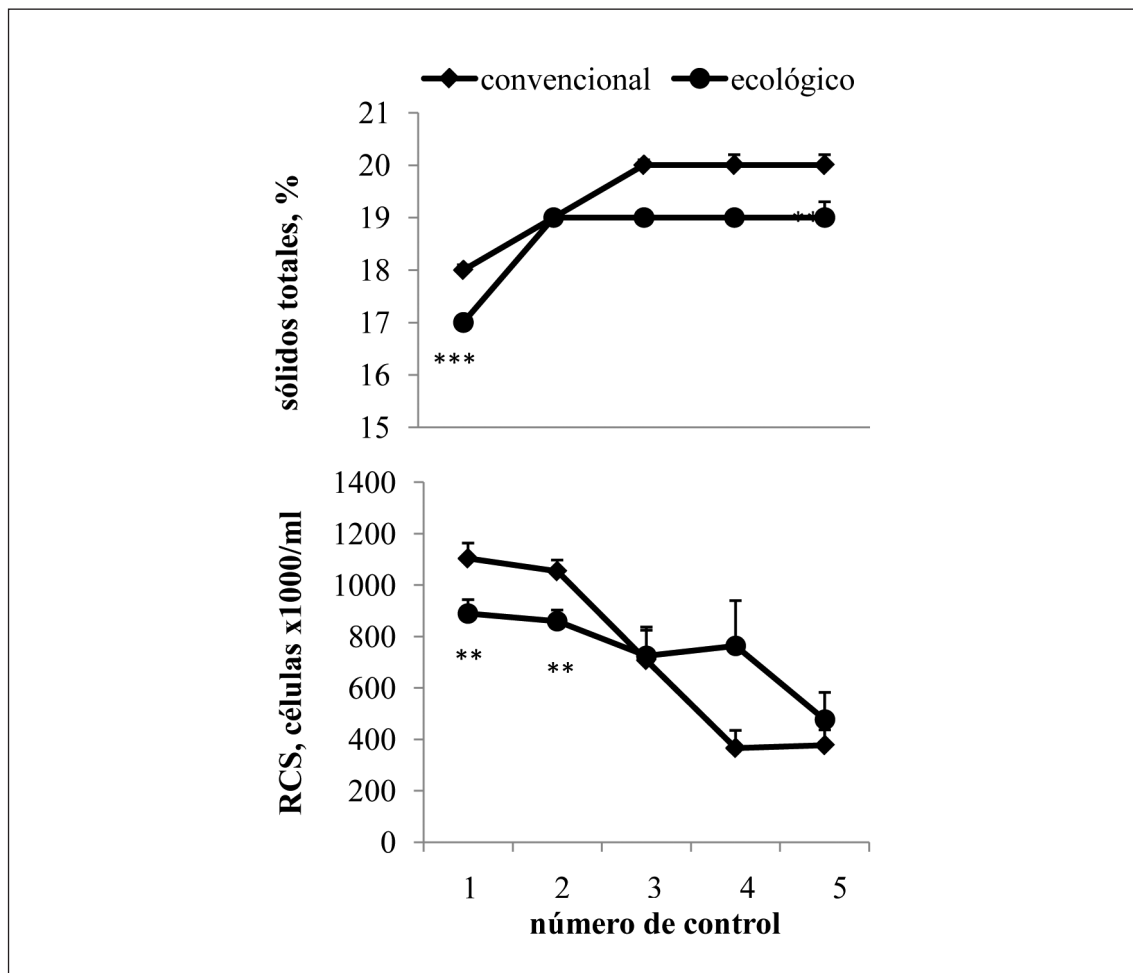


Figura 4. Contenido medio de sólidos totales y recuento de células somáticas (RCS) de los controles mensuales lecheros en el estudio de la conversión de ganadería convencional a ecológica en dos razas ovinas autóctonas españolas. Las barras verticales indican el error estándar. ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$.

Figure 4. Mean total solid content and somatic cell count from monthly milk controls, in the study of the conversion of conventional to organic farming of three dairy sheep farms of two autochthonous breeds (Castellana and Churra). ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$.

inflamación. Pulina et al. (2006) observaron que una restricción a corto plazo del nivel alimenticio redujo la producción lechera de ovejas de raza Sarda y aumentó su contenido en grasa; además este hecho modificó el perfil de ácidos grasos de la leche. Pero si bien estas consecuencias pueden derivarse de manera natural por la reducción del nivel ener-

gético de la ración, el mayor RCS observado en esas mismas ovejas puede ser consecuencia del estrés metabólico experimentado por el animal, que pudo afectar a su glándula mamaria. Por otro lado, Morgante et al. (1999) demostraron que una correcta integración en la dieta de vitamina A, beta-caroteno y vitamina E y selenio es capaz de mantener la

respuesta inmune de las células mamarias, reduciendo la incidencia de infecciones en ese tejido y disminuyendo el RCS. En el presente experimento la conversión de convencional a ecológico implica un cambio de origen de las materias primas (Tabla 2), con una reducción de la PB de un 2%, lo que podría explicar la reducción de la producción lechera y del porcentaje de grasa. Este descenso de la producción podría a su vez haber afectado a las dinámicas de estrés que sufre la mama durante el ordeño, al disminuir el tiempo de ordeño y la duración de la lactación, lo que pudo de manera indirecta afectar al RCS. En este trabajo, el efecto de la fase de lactación, medido a través del número de control lechero, proporciona unos menores valores de RCS a lo largo de los meses postparto. Esto entra en contradicción con el efecto de concentración de sólidos en las bajas producciones lecheras, que Fuentes *et al.* (1998) encontraron significativo y con el que explican el aumento de células a lo largo de la lactación observado por estos autores. Por otra parte, el incremento en la producción lechera observado por las ovejas al final del ordeño, en el quinto control lechero pudo deberse a que casi un 50% de las muestras de ese control lechero se obtuvieron en los meses de abril y mayo, momento de mayores producciones.

En relación a la prolificidad, son varios los trabajos que describen cómo las ovejas de parto múltiple producen más leche pero con un mayor RCS. Así, Gonzalo *et al.* (1994), con ovejas de raza Churra, observaron un aumento del 4,4% en la producción de leche de las ovejas que parieron mellizos, acompañado de un aumento del 8,6% del RCS. Resultados similares han sido descritos por Jiménez-Granado *et al.* (2014), hecho que incluso se ha constatado en cabras que no criaron sus cabritos (Luengo *et al.*, 2004), lo que indicaría una predisposición de las hembras que portan más de un feto a aumentar

el RCS. En el presente estudio la conversión a ganadería ecológica dio lugar a una disminución significativa de la prolificidad, relacionada obviamente con la eliminación de los tratamientos hormonales para la sincronización del ciclo sexual de las ovejas, lo que de manera indirecta pudo disminuir el RCS. Esta reducción en el número de partos múltiples coincide con lo presentado por Keatinge (2001), Benoit y Veysset (2003), Laignel y Benoit (2004, 2006) y Palacios (2010) en la transformación de ganadería convencional a ecológica, lo que, unido a la reducción del número de partos, hace disminuir consecuentemente la productividad numérica (corderos vendidos/oveja) de estas explotaciones.

El estrés es otro factor importante capaz de aumentar el RCS de los rebaños ovinos. Caroprese *et al.* (2010) observaron que ovejas con niveles bajos de cortisol producían más leche y con un menor RCS que las ovejas con niveles elevados de cortisol. La disponibilidad de espacio y la distribución de los alojamientos, así como un inadecuado manejo del ambiente microbiano, una inadecuada rutina de ordeño y las interacciones animal-hombre, son las principales fuentes de estrés descritas en ovino lechero (Sevi *et al.*, 2009). En relación al ambiente microbiano, Albenzio *et al.* (2004) encontraron un mayor RCS y cantidad de bacterias mesófitas en la leche de ovejas expuestas a ritmos de ventilación bajos (25 m³/h) o muy altos (75 m³/h), comparadas con ritmos moderados (45 m³/h). Tal y como indica el reglamento de ganadería ecológica (Comisión Europea, 2008), los alojamientos ganaderos deberán proporcionar al animal adecuada libertad de movimientos con espacio suficiente para garantizar su bienestar y comodidad, fácil acceso a la alimentación y al agua, y niveles de circulación de aire, temperatura, iluminación, humedad relativa, polvo y gas no perjudiciales. La densidad mínima en los años con certificación ecológica es de 1,8 m²/oveja, frente a 1,2 cuando las ga-

naderías estaban en producción convencional. De este modo, la conversión a ganadería ecológica de los rebaños del presente experimento pudo ver disminuido su RCS con la mejora sustancial de los espacios y densidades animales dispuestas con la conversión, así como una reducción de sus niveles de estrés.

Conclusiones

Aunque la conversión a los procedimientos de la ganadería ecológica de tres explotaciones de ovino lechero con razas autóctonas Churra y Castellana dio lugar a una reducción significativa de la producción lechera de sus ovejas, se observó una reducción del porcentaje de grasa en la leche de las granjas ya certificadas como ecológicas. Siguiendo las directrices del Reglamento Ecológico (Comisión Europea, 2008) la supresión de las rutinas de secado habituales en estas ganaderías no sólo no provocó un aumento del RCS, si no que éste se vio disminuido. Serían necesarios trabajos que identificaran las posibles causas de esta reducción, tales como el cambio en la alimentación, la densidad de los animales en el aprisco, la posibilidad de salir libremente a pastos próximos a la instalación y el nivel de estrés de una modalidad a la otra. La reducción de la calidad de la leche observada en este estudio podría hacer perder competitividad a las ganaderías que se certifiquen en producción ecológica, lo que justificaría mayores esfuerzos de investigación sobre este aspecto.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los ganaderos involucrados en este trabajo por su generosa colaboración.

Bibliografía

- Agabriel C, Journal C, Sibra C, Roque O, Gaubert B (2002). Qualité du lait issu de l'agriculture biologique: relations avec les pratiques d'élevage. *Rencontres, Recherches, Ruminants*. Paris, 219-222.
- Albenzio M, Marino R, Caroprese M, Santillo A, Annicchiarico G, Sevi A (2004). Quality of milk and of Canestrato Pugliese cheese from ewes exposed to different ventilation regimens. *Journal of Dairy Research* 71: 434-443.
- Ameztoy JM, Intxaurrendieta JM (2002). Estudio de la reconversión de una explotación de vacuno de leche en Navarra y su diagnóstico agroambiental. Disponible en: <http://fci.uib.es/Servicios/libros/conferencias/seae/Estudio-de-la-reconversion-de-una-explotacion-de.cid221672> (10 marzo 2016).
- Bennedsgaard TW, Thamsborg SM, Vaarst M, Enevoldsen C (2003). Eleven years of organic production in Denmark: herd health and production related to time of conversion and compared to conventional production. *Livestock Production Science* 80: 121-131.
- Benoit M, Veysset P (2003). Conversion of cattle and sheep suckler farming to organic farming, adaptation of the farming system and its economic consequences. *Livestock Production Science*, 80: 141-152.
- Byström S, Johnson S, Martinsson K (2002). Organic versus conventional farming—studies from the Öjebryn Project, Swedish University of Agricultural Science. *Proceedings of the COR Conference*, 26-28 marzo, Aberystwyth, pp. 179-184.
- Cabaret J (2003). Animal health problems in organic farming: subjective and objective assessments and farmers' actions. *Livestock Production Science* 80: 99-108.
- Caroprese M, Albenzio M, Marzano A, Schena L, Annicchiarico G, Sevi A (2010). Relationship between cortisol response to stress and behavior, immune profile, and production performance of dairy ewes. *Journal of Dairy Science* 93: 2395-2403.

- Comisión Europea (2008). Reglamento (CE) N° 889/2008 del Consejo de 5 de septiembre de 2008 por el que se establecen disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) no 834/2007 del Consejo sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos, con respecto a la producción ecológica, su etiquetado y su control.
- Fuentes JA, Gonzalo C, Carriedo JA, San Primitivo F (1998). Parameters of Test Day Milk Yield and Milk Components for Dairy Ewes. *Journal of Dairy Science* 81: 1300-1307.
- Gonzalo C, Carriedo JA, Baro JA, San Primitivo F (1994) Factors influencing variation of test day milk yield, somatic cell count, fat, and protein in dairy sheep. *Journal of Dairy Science* 77: 1537-1542.
- Gonzalo C, Tardáguila A, Ariznabarreta A, Romeo M, Montoro V, Pérez-Guzmán MD, Marco YJC (2000). Recuentos de células somáticas en el ganado ovino lechero y estrategias de control. Situación en España. *Ovis* 66: 21-27.
- Gonzalo C, Ariznabarreta A, Carriedo JA, San Primitivo F (2002). Mammary pathogens and their relationship to somatic cell count and milk yield losses in dairy ewes. *Journal of Dairy Science* 85: 1460-1467.
- Gonzalo C, Carriedo JA, Blanco MA, Beneitez E, Juárez MT, De La Fuente LF, San Primitivo F (2005). Factors of variation influencing bulk tank somatic cell count in dairy sheep. *Journal of Dairy Science* 88: 969-974.
- Hamilton C, Emanuelson U, Forslund K, Hansson I, Torkel E (2006). Mastitis and related management factors in certified organic dairy herds in Sweden. *Acta Veterinaria Scandinavica*: 48:1-7.
- Haggar R, Padel S (1996). Conversion to organic milk production. *Iger Technical Review* no. 4, 146 pp.
- ICAR (2016). International Agreement of Recording Practices. International Agreement of Recording Practices. Roma, Italia.
- IDF (2010). Milk, cream and evaporated milk. Determination of total solids content. Standard 021. International Dairy Federation. Bruselas, Bélgica.
- IDF (2001). Milk. Determination of nitrogen content. Part 5: Determination of protein-nitrogen content. Standard 020-5. International Dairy Federation. Bruselas, Bélgica.
- IDF (2008). Milk. Determination of fat content. Gerber butyrometers. Standard 105. International Dairy Federation. Bruselas, Bélgica.
- Jaeggi JJ, Berger YM, Johnson ME, Govindasamy-Lucey R, McKusik BC, Thomas DL, Wendorff WL (2001). Evaluation of sensory and chemical properties of Manchego cheese manufactured from ovine milk of different somatic cell levels. *Proceedings of the 7th Great Lakes Dairy Sheep Symposium*, Eau Claire, WI, EEUU, pp. 84-93.
- Jiménez-Granado R, Sanchez-Rodriguez M, Arce C, Rodriguez-Estevez V (2014). Factors affecting somatic cell count in dairy goats. *Spanish Journal of Agricultural Research* 12: 133-150.
- Keatinge R (2001). Organic sheep and beef production in the Uplands. Project of MAFF (OFO147) CSG 15 (rev 12/99).
- Laignel G, Benoit M (2004). Production de viande ovine en agriculture biologique comparée à l'élevage conventionnel: résultats technico-économiques d'exploitations de plaine et de montagne du nord du Massif central. *INRA Productions Animals* 17: 133-143.
- Laignel G, Benoit M (2006). Production économiquement rentable sous conditions: technique, économie de charges, aides. *Alter Agri* 75: 4-7.
- Luengo C, Sánchez A, Corrales JC, Fernández C, Contreras A (2004). Influence of intramammary infection and noninfection factors on somatic cell counts in dairy goats. *Journal of Dairy Research* 71: 169-174.
- Lund V, Algers B (2003). Research on animal health and welfare in organic farming—a literature review. *Livestock Production Science* 80: 55-68.
- Morgante M, Beghelli D, Pauselli M, Dall'Ara P, Capuccella M, Ranucci S (1999). Effect of administration of vitamin E and selenium during the dry period on mammary health and milk cell counts in dairy ewes. *Journal of Dairy Science* 82: 623-631.

- Nauta WJ, Baars T, Bovenhuis H (2006). Converting to organic dairy farming: Consequences for production, somatic cell scores and calving interval of first parity Holstein cows. *Livestock Production Science* 99: 185-195.
- Palacios C (2010). Tesis doctoral. Estudio técnico-económico de la conversión a la producción ecológica del ganado ovino de leche. Universidad de León.
- Pérez JA, Álvarez A (2008). Análisis económico de la producción de leche ecológica. *Tribuna de economía* 843: 227-240.
- Pirisi A, Piredda G, Corona M, Pes M, Pintus S, Ledda (2000). Influence of somatic cell count on ewe's milk composition, cheese yield and cheese quality. *Proceeding of the 6th Great Lakes Dairy Sheep Symposium*, Eau Claire, WI, EEUU, pp. 47-59.
- Pulina G, Nudda A, Battacone G, Cannas A. (2006). Effects of nutrition on the contents of fat, protein, somatic cells, aromatic compounds, and undesirable substances in sheep milk. *Animal Feed Science and Technology* 131: 255-291.
- Seegers J, Madeline Y, Charraïn T (2003). Résultats techniques et économiques de 94 exploitations laitières biologiques suivies dans le cadre des Réseaux d'élevage. *Réseaux d'élevage*, Institut de l'élevage et on Lait, Paris Cedex, Francia.
- Schwendel BH, Wester TJ, Morel PCH, Tavendale MH, Deadman C, Shadbolt NM, Otter DE (2015). Invited review: Organic and conventionally produced milk-An evaluation of factors influencing milk composition. *Journal of Dairy Science* 8: 721-746.
- Sevi A, Casamassima D, Pulina G, Pazzona A (2009). Factors of welfare reduction in dairy sheep and goats. *Italian Journal of Animal Science* 8 (Suppl. 1): 81-101.
- Thatcher A, Petrovski K, Martin N (2014). A study of subclinical mastitis in two herds, one managed organically, the other conventionally. *Proceedings of the 4th ISO FAR Scientific Conference. 'Building Organic Bridges'*, 13-15 de octubre, Estambul, Turquía, p. 22646.
- Tikofsky LL, Barlow JW, Santisteban C, Schukken YH (2003). A comparison of antimicrobial susceptibility patterns for *Staphylococcus aureus* in organic and conventional dairy herds. *Microbial Drug Resistance* 9 (Suppl 1): 39-45.
- Toledo P, Anders A, Björck L (2002). Composition of raw milk from sustainable production systems. *International Dairy Journal* 12: 75-80.
- Villar A, Orjales I, Miranda M, Rey-Crespo F, Rodríguez-Bermúdez F, López-Alonso M (2014). Estudio comparativo del recuento de células somáticas en ganaderías convencionales y ecológicas del norte de España. *Actas del XI Congreso de la SEAE*, 14 de septiembre, Vitoria, España, pp. 824-832.

(Aceptado para publicación el 26 de julio de 2016)

Sustitución de soja por guisante de invierno en dietas de cerdos pesados: impacto productivo del nivel de inhibidores de proteasas

E. Gómez-Izquierdo^{1,*}, E. de Mercado¹, J. Gómez-Fernández¹, C. Tomás¹,
E. Guillamón², A. Varela³, M. Muzquiz³, M.M. Pedrosa³,
P. López-Nuez⁴ y M.A. Latorre⁵

¹ Centro de Pruebas de Porcino del Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León. Consejería de Agricultura y Ganadería. Ctra. Riaza a Toro s/n, Hontalbilla, 40353, Segovia, España

² Centro para la Calidad de los Alimentos, INIA, Campus Universitario Duques de Soria, 42004, Soria, España

³ Departamento de Tecnología de los Alimentos, INIA, Ctra. A Coruña km 7,5, 28040, Madrid, España

⁴ Copiso Soria Sociedad Cooperativa, Av. de Valladolid, 105, 42005, Soria, España

⁵ Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, Facultad de Veterinaria, Instituto Agroalimentario de Aragón-Universidad de Zaragoza (IA2-UZ), Avda. Miguel Servet, 177, 50013, Zaragoza, España

Resumen

Se realizó un ensayo para valorar la sustitución en el pienso de soja por guisantes de invierno con distintos niveles de inhibidores de proteasas (tripsina y quimotripsina) sobre el rendimiento de cerdos grasos. Se emplearon 192 machos castrados, híbridos Duroc, de 61 días de edad (22,1 kg) sacrificados con 167 días de edad (121,0 kg). Los guisantes fueron: Cartouche (CAR), Iceberg (ICE) y Luna (LUN), con 9,87, 5,75 y 12,55 unidades de tripsina inhibida (UTI/mg) y 10,16, 8,62 y 15,75 unidades de quimotripsina inhibida (UQI/mg), respectivamente. El diseño, en bloques al azar, tuvo cuatro tratamientos según el guisante incluido en el pienso: control (con soja), dieta CAR, dieta ICE y dieta LUN, con 12 réplicas de 4 cerdos por tratamiento. Al final del experimento, los cerdos que consumieron la dieta control resultaron más pesados ($P < 0,01$) y presentaron mayores crecimientos ($P < 0,01$) e ingestiones de pienso ($P < 0,05$) que los que habían consumido las dietas CAR y LUN, con aquellos que habían recibido la dieta ICE en una posición intermedia. Resultados, debidos fundamentalmente, a la primera fase (61 a 83 días de edad); posteriormente los rendimientos productivos apenas se vieron afectaron. Tampoco hubo efecto del pienso sobre la calidad de canal y carne. Se concluye que guisantes de invierno con 5,75 UTI/mg y 8,62 UQI/mg sustituyen a la soja desde 84 a 167 días de edad sin alterar el rendimiento productivo, de canal, de piezas nobles y del contenido de grasa intramuscular del lomo y proporción de ácidos grasos principales (C16:0, C18:0, C18:1n-9) en la grasa subcutánea.

Palabras clave: Legumbres, inhibidores de proteasas, calidad de la carne, alimentación de cerdos grasos.

Abstract

Replacing soybean for winter peas in heavy-pig diets: productive impact of the level of protease inhibitors

An experiment was conducted to evaluate the replacement of soybean for winter peas with different levels of protease inhibitors, both trypsin and chymotrypsin, on the performance of fatty pigs. Were used a total of 192 Duroc hybrid barrows, with 61 days-old (22.1 kg), which were slaughtered with 167 days of age (121.0 kg). There were three varieties of peas in diets: Cartouche (CAR), Iceberg (ICE) and Luna

* Autor para correspondencia: gomizqem@itacyl.es

(LUN), with 9.87, 5.75 and 12.55 trypsin-inhibited units (UTI/mg) and 10.16, 8.62 and 15.75 chymotrypsin-inhibited units (CIU/mg), respectively. The design, in completely randomized blocks, had four treatments according the pea included in the diet: control (with soybean), CAR, ICE and LUN diets, with 12 replicates of four pigs per treatment. At the end of the experimental period, pigs fed the control diet were heavier ($P < 0.01$) and showed higher daily weight gains ($P < 0.01$) and daily feed intake ($P < 0.05$) than those fed CAR and LUN diets, with those that received the ICE diet in an intermediate position. These results are mainly due to the first periods (from 61 to 83 days of age), because growth performances were scarcely affected later. No influence of the diet was observed on carcass and meat quality ($P > 0.10$). It concludes that winter peas with 5.75 TIU/mg and 8.62 CIU/mg, can replace soybean from 84 to 167 days of age, without affecting yield, carcass quality, main lean cuts and intramuscular fat loin content and major fatty acids proportion (C16:0, C18:0, C18:1n-9) of subcutaneous fat.

Key words: Legume, protease inhibitors, meat quality, heavy-pig feeding.

Introducción

La insuficiente producción de materias primas proteicas de la Unión Europea ha hecho de ella el principal importador mundial de harina de soja (HS) con 20,1 millones t anuales. La situación es más preocupante en España, con una dependencia más elevada, ya que cada año se consumen 4,47 millones t teniendo que ser la mayor parte importadas (CESFAC, 2012). Una forma de minimizar el riesgo que supone el elevado coste y la disponibilidad de la soja es la utilización de fuentes proteicas alternativas.

En este sentido, el guisante presenta una composición nutricional interesante para el ganado porcino, con un porcentaje de almidón cercano al de los cereales, fibra de buena calidad y un contenido en proteína bruta (PB) que varía del 14% al 33% dependiendo de la variedad, la época de siembra y la técnica de cultivo (Castell y Guenter, 1996; González-García, 2001). Su proporción en lisina, treonina y triptófano es considerable pero es deficitario en aminoácidos azufrados, si consideramos el criterio de proteína ideal para porcino (FEDNA, 2013). Hoy en día, las llamadas variedades de primavera son las que se emplean mayoritariamente en la fabricación de piensos, al parecer porque presentan un contenido adecuado de PB y más favorable de factores antinutritivos (FEDNA, 2010).

La inclusión de elevados niveles de guisantes en piensos se ha limitado por la presencia de dichos factores antinutritivos, principalmente inhibidores de proteasas (IP), tanto de tripsina (IT) como de quimotripsina (IQ), que dificultan la actividad de las enzimas proteolíticas reduciendo la digestibilidad de la proteína (Guillamón *et al.*, 2012; Muzquiz, 2012). Estos efectos son más acusados en animales jóvenes ya que se ha observado que la tolerancia a los factores antinutritivos aumenta con la edad (Bengala-Freire *et al.*, 1989; Mateos *et al.*, 2008). Al tratarse de sustancias termolábiles, los IP se pueden inactivar mediante tratamientos físicos, como la extrusión húmeda, que puede reducirlos en un 94% (Marlier *et al.*, 1989; Adamidou *et al.*, 2011). Su resistencia depende de la naturaleza química, siendo más estables los IP de Bowman-Birk presentes en los guisantes, y menos los de Kunitz, que se encuentran, también y en mayor proporción, en la soja (Birk, 1985; Van Amerongen *et al.*, 1998). Sin embargo, estos tratamientos, que resultan más interesantes en lechones y con guisantes de elevada actividad inhibitoria, suponen un encarecimiento del pienso y, si son demasiado agresivos, pueden reducir la digestibilidad de los aminoácidos, principalmente de la lisina, que es sensible a las altas temperaturas (Crevieu-Gabriel, 1999).

El objetivo del ensayo fue la sustitución de la HS y el haba de soja extrusionada por tres variedades distintas de guisantes de invierno (Cartouche, Iceberg y Luna) en dietas de cerdos de engorde (22-125 kg de peso vivo, PV), lo que supuso un incremento de los niveles de IP en el pienso, y evaluar su efecto sobre los rendimientos productivos y la calidad de canal y la carne.

Material y métodos

Animales e instalaciones experimentales

Todos los procedimientos empleados en el ensayo cumplieron la normativa sobre protección de los animales utilizados para experimentación y otros fines científicos reflejada en el Boletín Oficial del Estado (2013). Se emplearon 192 cerdos de 61 días de edad y $22,10 \pm 2,74$ kg PV, de cruce híbrido Duroc x (Landrace x Large white), todos machos castrados a los 5 ± 3 días de edad, procedentes de una granja situada en San Pedro Manrique (Soria, España). Al comienzo del ensayo, todos los cerdos fueron identificados y pesados individualmente, asignándose a los diferentes tratamientos experimentales en función del PV inicial. El ensayo se llevó a cabo en las instalaciones del Centro de Pruebas de Porcino del Instituto Tecnológico Agrario (ITACyL, Consejería de Agricultura y Ganadería de la Junta de Castilla y León), localizado en Hontalbilla (Segovia, España). Los cerdos fueron alojados en cuatro salas, con 12 departamentos por sala y cuatro animales por departamento ($1,40 \text{ m}^2$ por cerdo), con cama de paja, tolva tipo holandés y un bebedero de chupete. Las condiciones ambientales se controlaron automáticamente durante todo el periodo experimental, siendo la temperatura de 20 ± 2 °C y la humedad relativa de $50 \pm 20\%$.

Diseño experimental y piensos

El diseño fue en bloques completos al azar, con cuatro tratamientos experimentales en función de la cantidad de IP (o variedad de guisante) incluida en el pienso: control con HS (CON), guisante Cartouche (dieta CAR), guisante Iceberg (dieta ICE) y guisante Luna (dieta LUN). Estas variedades de guisante tienen elevado interés agronómico, con un buen rendimiento por ha, que puede incluso superar a los cereales, y están muy adaptadas a las condiciones de Castilla-León y Castilla La Mancha (Ney y Duc, 1997; Caminero, 2002).

Hubo cuatro bloques, con 3 réplicas por tratamiento en cada uno y cuatro cerdos por réplica. Para los resultados productivos y características de la canal la unidad experimental fue la réplica, y para la grasa intramuscular y perfil de ácidos grasos fue la canal. De 12 canales por tratamiento, elegidas al azar (una por réplica), se obtuvieron una muestra de lomo y otra de grasa subcutánea, a nivel de la última costilla (*longissimus thoracis*) y final del sacro (*semimembranosus*), respectivamente, con el fin de estudiar el efecto del tratamiento alimenticio sobre el porcentaje de grasa intramuscular y el perfil de los ácidos grasos principales.

La Tabla 1 muestra la composición química analizada de las variedades de guisantes empleados en el experimento.

Los piensos fueron fabricados en COPISO Soria Sociedad Cooperativa (Soria), y se formularon de acuerdo con FEDNA (2010) para cumplir o exceder los requerimientos nutricionales en cerdos de esa edad (FEDNA, 2013). Se administraron *ad libitum* en forma de gránulo de 3 mm.

En la fase estárter (61-83 días de edad), no se sustituyó la soja por completo, utilizándose soja extrusionada como fuente de proteína y energía en los piensos con guisantes. La idea

Tabla 1. Composición química de las fuentes proteicas empleadas en el experimento:
 harina de soja, soja extrusionada y guisantes Cartouche, Iceberg y Luna
 (en % de materia fresca a no ser que se indique lo contrario)
*Table 1. Chemical composition of protein sources used in the trial: soybean meal, extruded soybean
 and peas Cartouche, Iceberg and Luna (% as-fed basis unless otherwise indicated)*

	Harina de soja ¹	Soja extrusionada ¹	Guisante Cartouche ²	Guisante Iceberg ²	Guisante Luna ²
Materia seca	89,22	89,90	89,98	90,45	90,01
Proteína bruta	48,14	34,21	21,10	23,20	23,30
Cenizas	8,23	4,80	2,47	2,74	2,48
Extracto etéreo	2,01	19,20	1,48	1,15	1,15
Fibra bruta	3,65	6,10	5,20	5,70	6,36
Almidón	–	–	43,36	40,88	43,56
Amilosa (% almidón)	–	–	35,17	34,46	36,36
Amilopectina (% almidón)	–	–	64,83	65,54	63,64
Aminoácidos					
Lisina	2,88	2,25	1,48	1,62	1,63
Metionina + cistina	1,38	1,07	0,51	0,56	0,56
Treonina	1,85	1,46	0,80	0,88	0,89
Triptófano	0,63	0,49	0,19	0,21	0,21
Isoleucina	2,13	1,67	0,97	0,89	0,99
Leucina	–	–	1,55	1,44	1,50
Valina	2,27	1,77	1,20	0,96	1,19
Factores anti-nutricionales					
IT (unidades/mg) ³	0,61	2,36	9,87	5,75	12,55
IQ (unidades/mg) ⁴	3,56	4,65	10,16	8,62	15,75
AITP (UTI mg/PB%) ⁵			46,78	24,78	53,86

¹ Datos de aminoácidos obtenidos de FEDNA (2010).

² Datos obtenidos analíticamente.

³ Inhibidores de tripsina.

⁴ Inhibidores de quimotripsina.

⁵ Actividad inhibidora de tripsina por unidad de proteína bruta (100/PB% · UTI).

era no sobrepasar niveles de IT superiores a 4 UTI/mg de pienso, tolerables a esa edad (Batterham et al., 1993). Por este motivo, y para determinar la digestibilidad (ileal estandarizada) de proteína y aminoácidos (AA) limitantes de los distintos guisantes, se aplicaron las ecuaciones predictivas de Grosjean et al. (2000). En ellas se tiene en cuenta la actividad inhibidora de tripsina por unidad de proteína

bruta ($AITP = \frac{100}{PB(\%)} \times UTI$) para cada uno de

los siguientes nutrientes: PB (-0,1975 · AITP + 84,72), Lisina (-0,1617 · AITP + 87,84), Metionina (-0,2630 · AITP + 86,46), Cistina (-0,2029 · AITP + 78,55), Treonina (-0,2171 · AITP + 82,61) y Triptófano (-0,3536 · AITP + 80,44) (Tabla 1). De esta manera se facilitó la formulación de los piensos con guisantes. Sin embargo, los niveles de IT y de IQ fueron más altos en los piensos que contenían guisantes Iceberg y Luna en post-transición, y a partir de crecimiento con Cartouche y Luna. Los ingredientes y los análisis de los piensos experimentales se muestran en las Tablas 2, 3, 4 y 5.

Rendimientos productivos y calidad de la canal

Diariamente se supervisó el estado sanitario de los cerdos en la granja, no registrándose incidencias ni mortalidad que pudieran afectar a los resultados del ensayo. El peso de los animales se recogió de forma individual a los 61, 83, 108, 127 y 167 días de edad mediante una báscula digital (S-4C Sipesa, Gerona, España). Asimismo, se controló el aporte y el rechazo de pienso entre los controles de peso. Con todos estos datos se calcularon, por departamento, la ganancia media diaria (GMD), el consumo medio diario (CMD) y el índice de conversión (IC) para cada periodo: post-transición (61-83 días), crecimiento (84-108 días), engorde (109-127 días) y acabado (128-167 días de edad). Tras el control de peso y de ingestión de alimento del último día, se midió el espesor de tocino dorsal mediante un

equipo de ultrasonidos (Piglot 105, SFK Technology, Dinamarca) que también proporcionó el porcentaje de magro. Para ello se realizaron dos medidas: a nivel de la 3ª-4ª últimas costillas y entre la 3ª-4ª vértebras lumbares, en ambos casos a 8 cm de la línea media y repitiendo en los dos flancos del animal.

El sacrificio, con una media de 121 kg PV, se llevó a cabo en un matadero industrial (Industrias Cárnicas Lorient S.A., Cuenca). Previo al sacrificio, los animales se mantuvieron en ayuno 12 horas pero con agua a libre disposición. El aturdimiento se efectuó en cámara de dióxido de carbono, con una concentración mínima del 80% durante 45 segundos. Tras el desangrado, escaldado y eviscerado se tomó el peso de la canal en caliente para calcular su rendimiento. A las 24 horas *postmortem* se llevó a cabo el despiece de todas las canales y, de cada media canal izquierda, se registró el peso individual de las principales piezas nobles (jamones, paletas y chuleteros) tras el perfilado, para calcular su rendimiento.

Análisis de laboratorio

La composición química de los piensos y de los guisantes fue determinada en el laboratorio de I+D Agroalimentario del ITACYL (finca Zamadueñas, Valladolid), y en el Departamento de Tecnología de los Alimentos, Sección de Tecnología Vegetal, del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA, Madrid), de acuerdo con los procedimientos descritos en el Diario Oficial de la Unión Europea (2009). La concentración de AA en guisantes se determinó mediante cromatografía de intercambio iónico (Hewlett-Packard 1100, Waldbronn, Alemania) después de hidrólisis ácida, aplicando el procedimiento descrito por Jones et al. (1981). Para valorar las concentraciones de metionina y cistina, muestras separadas se oxidaron con ácido per fórmico antes de la hidrólisis midiéndose como sulfona metionina

Tabla 2. Ingredientes y composición de los piensos utilizados en la post-transición (61-83 días)¹
 Table 2. Ingredients and composition of the experimental diets in the post-transition period

	Control	CAR	ICE	LUN
Ingredientes, %				
Harina de soja 47	16,20			
Guisante Cartouche		30,94		
Guisante Iceberg			54,01	
Guisante Luna				22,90
Cebada	43,49	21,00	13,00	27,30
Trigo	25,00	20,00	20,00	20,00
Soja extrusionada	5,00	17,80	3,00	19,50
Grasa	2,40	2,00	2,20	2,00
Fosfato dicálcico	1,65	1,57	1,58	1,60
Carbonato cálcico	0,45	1,06	0,59	1,03
Cloruro sódico	0,20	0,20	0,20	0,20
L-lisina 50%	0,49	0,26	0,12	0,31
DL-metionina	0,05	0,11	0,16	0,10
L-treonina	0,05	0,05	0,06	0,05
Núcleo-Premix ²	5	5	5	5
Composición calculada, %				
Energía neta (Mcal/kg)	2,41	2,43	2,40	2,44
Proteína bruta	20,01	19,99	19,96	20,01
Grasa bruta	5,11	6,90	4,20	7,15
Lisina	1,31	1,31	1,31	1,31
C16:0	0,87	0,82	0,72	1,12
C18:0	0,40	0,43	0,36	0,44
C18:1n-9	1,23	0,93	1,28	1,81
C18:2n-6	1,37	2,63	1,00	2,80
Análisis determinado, %				
Materia seca	90,4	89,8	89,7	89,7
Proteína bruta	18,8	19,1	19,2	19,5
Grasa bruta	4,9	6,4	3,9	7,3
Fibra bruta	3,5	4,5	4,9	4,6
Cenizas	6,5	6,0	5,5	5,7
UTI ³	0,97	1,62	3,09	3,19
UQI ⁴	1,94	3,16	4,95	5,56

¹ CAR (Cartouche), ICE (Iceberg), LUN (Luna). ² Núcleo 5: Ingredientes %: concentrado de proteína de soja 62, 31; gluten de maíz 60, 30; proteína de maíz y trigo, 13; vitaminas y minerales, 8; harina de soja 47, 5; hidrolizado de proteína porcina, 5; proteína de patata, 4; aceite de soja, 0,5; aminoácidos, 3,5. Composición química %: concentrado de proteína, 4,6 (humedad, 10,16; cenizas, 11,58; proteína cruda, 70,5; grasa bruta, 5; fibra bruta, 2,61); Vitaminas y minerales, 0,4 (10000 UI vitamina A/kg, 2000 UI vitamina D³/kg, 20 mg vitamina E (α -tocoferol)/kg, 125 mg/kg de Cu (sulfato de cobre), 80 mg/kg de óxido de zinc. Premix 0,2: 8000 UI vitamina A/kg, 1800 UI vitamina D³/kg, 15 mg vitamina E (α -tocoferol)/kg, 70 mg/kg de Cu (sulfato de cobre), 100 mg/kg de óxido de zinc. ³ Unidades de tripsina inhibida/mg de pienso.

⁴ Unidades de quimotripsina inhibida/mg de pienso.

Tabla 3. Ingredientes y composición de los piensos durante la fase de crecimiento (84-108 días)¹
Table 3. Ingredients and composition of the experimental diets in the growing period

	Control	CAR	ICE	LUN
Ingredientes, %				
Harina de soja 47	15,70			
Guisante Cartouche		66,34		
Guisante Iceberg			47,38	
Guisante Luna				58,30
Cebada	59,23	9,00	28,00	16,00
Trigo	20,00	20,00	20,00	21,00
Soja extrusionada				
Grasa	2,50	2,00	2,00	2,00
Fosfato dicálcico	0,44	0,29	0,38	0,33
Carbonato cálcico	0,79	1,20	1,09	1,17
Cloruro sódico	0,35	0,50	0,36	0,50
L-lisina 50%	0,58	0,13	0,27	0,18
DL-metionina	0,08	0,19	0,17	0,18
L-treonina	0,11	0,125	0,13	0,12
Núcleo-Premix ²	0,20	0,20	0,20	0,20
Composición calculada, %				
Energía neta (Mcal/kg)	2,40	2,40	2,40	2,40
Proteína bruta	15,59	15,87	15,56	15,40
Grasa bruta	4,15	3,44	3,34	3,27
Lisina	1,00	1,11	1,06	1,13
C16:0	0,84	0,61	0,69	0,63
C18:0	0,38	0,30	0,30	0,30
C18:1n-9	1,25	0,97	1,07	1,08
C18:2n-6	0,87	0,72	0,69	0,66
Análisis determinado, %				
Materia seca	90,3	89,3	89,6	90,0
Proteína bruta	16,2	16,8	16,8	17
Grasa bruta	4,5	3,8	3,7	3,4
Fibra bruta	3,4	5,1	4,5	5,2
Cenizas	3,8	4,7	4,5	5,4
UTI ³	1,07	5,07	2,71	6,68
UQI ⁴	2,11	8,70	4,32	7,71

¹ CAR (Cartouche), ICE (Iceberg), LUN (Luna). ² Ver pie de tabla 2. ³ Unidades de tripsina inhibida/mg de pienso. ⁴ Unidades de quimotripsina inhibida/mg de pienso.

Tabla 4. Ingredientes y composición de los piensos durante la fase de engorde (109-127 días)¹
Table 4. Ingredients and composition of the experimental diets in the fattening period

	Control	CAR	ICE	LUN
Ingredientes, %				
Harina de soja 47	12,20			
Guisante Cartouche		52,19		
Guisante Iceberg			37,30	
Guisante Luna				46,16
Cebada	62,93	23,00	37,95	29,00
Trigo	20,00	20,00	20,00	20,00
Soja extrusionada				
Grasa	2,30	2,00	2,00	2,00
Fosfato dicálcico	0,24	0,13	0,20	0,16
Carbonato cálcico	1,04	1,57	1,40	1,55
Cloruro sódico	0,43	0,5	0,44	0,50
L-lisina 50%	0,49	0,15	0,25	0,18
DL-metionina	0,06	0,15	0,13	0,14
L-treonina	0,09	0,09	0,10	0,09
Núcleo-Premix ²	0,20	0,20	0,20	0,20
Composición calculada, %				
Energía neta (Mcal/kg)	2,39	2,40	2,39	2,40
Proteína bruta	13,23	13,70	13,63	13,48
Grasa bruta	3,96	3,48	3,41	3,35
Lisina	0,87	0,90	0,92	0,98
C16:0	0,80	0,64	0,68	0,65
C18:0	0,35	0,30	0,30	0,30
C18:1n-9	1,13	1,07	1,07	1,08
C18:2n-6	0,85	0,74	0,72	0,70
Análisis determinado, %				
Materia seca	90,0	90,5	90,6	90,6
Proteína bruta	12,6	13	12,7	12,9
Grasa bruta	3,8	3,8	3,7	3,5
Fibra bruta	3,5	3,7	4,1	3,9
Cenizas	3,3	4,0	3,7	3,6
UTI ³	1,17	3,18	2,11	4,37
UQI ⁴	1,29	4,37	2,97	5,98

¹ CON (Control), CAR (Cartouche), ICE (Iceberg), LUN (Luna). ² Ver pie de tabla 2. ³ Unidades de tripsina inhibida/mg de pienso. ⁴ Unidades de quimotripsina inhibida/mg de pienso.

Tabla 5. Ingredientes y composición de los piensos durante la fase de acabado (128-167 días)¹*Table 5. Ingredients and composition of the experimental diets in the finishing period*

	Control	CAR	ICE	LUN
Ingredientes, %				
Harina de soja 47	6,83			
Guisante Cartouche		29,30		
Guisante Iceberg			21,10	
Guisante Luna				25,80
Cebada	68,39	46,80	54,94	50,29
Trigo	19,80	20,00	20,00	20,00
Soja extrusionada				
Grasa	1,98	2,00	2,00	2,00
Fosfato dicálcico				
Carbonato cálcico	0,82	0,86	0,87	0,86
Cloruro sódico	0,49	0,50	0,50	0,50
L-lisina 50%	0,39	0,20	0,26	0,22
DL-metionina	0,01	0,05	0,04	0,04
L-treonina	0,0	0,07	0,08	0,07
Núcleo-Premix ²	0,19	0,20	0,2	0,20
Composición calculada, %				
Energía neta (Mcal/kg)	2,41	2,42	2,42	2,42
Proteína bruta	12,22	12,74	12,44	12,89
Grasa bruta	3,67	3,57	3,53	3,50
Lisina	0,70	0,74	0,74	0,86
C16:0	0,74	0,70	0,71	0,70
C18:0	0,30	0,30	0,30	0,30
C18:1n-9	1,02	0,98	1,04	1,05
C18:2n-6	0,83	0,79	0,77	0,76
Análisis determinado, %				
Materia seca	89,8	90,3	90,5	90,4
Proteína bruta	11,6	11,9	11,1	11,6
Grasa bruta	3,3	3,2	3,2	3,3
Fibra bruta	3,8	4,0	4,0	3,7
Cenizas	3,8	4,4	3,9	3,7
UTI ³	1,26	2,64	2,18	3,20
UQI ⁴	1,56	3,85	2,48	4,32

¹ CON (Control), CAR (Cartouche), ICE (Iceberg), LUN (Luna). ² Ver pie de tabla 2. ³ Unidades de tripsina inhibida/mg de pienso. ⁴ Unidades de quimotripsina inhibida/mg de pienso.

y ácido cisteico, respectivamente (Moore, 1963). El triptófano se calculó mediante cromatografía líquida de alta resolución con fluorescencia, después de hidrólisis alcalina (hidróxido de bario) durante 20 horas a 110 °C (Diario Oficial de la Unión Europea, 2009).

La actividad IT (UTI/mg de muestra; guisantes, soja y piensos), fue valorada con el método de Kakade et al. (1974) modificado por Grant et al. (1995) y Muzquiz et al. (2004). Para ello, se tomaron muestras por duplicado (0,025 g) que se molieron usando un molino (Retsch modelo Z-I, Stuttgart, Alemania) provisto de una criba de 0,5 mm, para posteriormente, ser extraída con 1 ml de HCl 0,05 molar, mediante un agitador orbital durante una hora, a una temperatura de 5 °C. El extracto se centrifugó a 11.000 x g durante 4 min, y el sobrenadante se midió para el cálculo de la actividad, usando N- α -Benzoil-DL-Arginina-pnitroanilida como sustrato específico. La actividad IT se calculó por lectura de absorbancia contra un blanco a 410 nm, usando un espectrofotómetro ultravioleta (modelo DU-7, Beckmann Instruments Inc., Fullerton, EE. UU.).

En el caso de la actividad IQ (UQI/mg muestra) se empleó el procedimiento de Sathe y Salunkhe (1981). Las muestras se procesaron del mismo modo que para la actividad IT y con una solución tampón (100 mM Tris-HCl conteniendo 20 mM de CaCl₂ y pH 7,8) a 30 °C con N-Benzoil-L-Tirosina-Étil Ester como sustrato. La absorbancia se midió 7 minutos después de la adición del sustrato a 256 nm con el equipo indicado para la actividad IT.

La grasa intramuscular del lomo fue extraída mediante el método propuesto por Marmer y Maxwell (1981). La grasa subcutánea se extrajo mediante el procedimiento de Bligh y Dyer (1959) y se metiló con la técnica de Sandler y Karo (1992). La composición de los ácidos grasos de la grasa subcutánea obtenida se determinó por cromatografía de gases en las siguientes condiciones: temperatura del horno: 170 °C, temperatura del inyector: 250 °C, tem-

peratura del detector: 250 °C, flujo de gas portador: 2,5 mL/min °C split 1/50. La identificación de los ácidos grasos se realizó por inyección de ésteres metílicos de patrones y su comparación posterior con los tiempos de retención de los ésteres metílicos de los ácidos grasos (Boletín Oficial del Estado, 2004). El cromatógrafo utilizado fue un Hewlett Packard – HP-5890 serie II; el sistema de inyección empleado fue split con un detector de ionización de llama. La columna fue HP-innowax capilar con una longitud de 30 m, diámetro interno de 0,32 mm y un grosor de fase de 0,25 μ m. Los ácidos grasos se expresaron como porcentaje (gramos de ácido graso por 100 g de ácidos grasos).

Análisis estadístico

El diseño fue en bloques completos al azar, utilizándose los procedimientos GLM y REG del programa estadístico SAS (2004), siendo el departamento con 4 cerdos la unidad experimental (réplica; 12 por tratamiento). Para la grasa intramuscular y perfil de ácidos grasos la unidad experimental fue la canal (réplica; 12 por tratamiento). El modelo fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \text{Pienso}_i + \alpha P1 + \varepsilon_{ij}$$

donde,

Y: CMD, GMD, IC, PESO, UTI, UQI, porcentaje magro de canal, espesor de tocino dorsal, así como pesos y rendimientos de canal, jamón, paleta y chuletero en los datos obtenidos en el matadero, porcentaje de grasa intramuscular del lomo y proporción de los principales ácidos grasos de la grasa subcutánea; μ : media general; pienso: CON, CAR, ICE y LUN; α : coeficiente de regresión parcial entre peso inicial (P1) e Y; P1: covariable, peso al inicio del periodo experimental y ε : error residual.

El efecto del bloque (sala) se retiró del modelo al no ser significativo ($P > 0,05$). Las medias se compararon y separaron mediante un t-test, siendo $P < 0,05$ clasificado como la

diferencia significativa y $P < 0,10$ tendencia. Los datos se presentan en tablas como medias corregidas por mínimos cuadrados.

Se obtuvieron, igualmente, ecuaciones de regresión múltiple que relacionaron CMD, GMD e IC con la ingesta diaria de IT, IQ y la ratio IT/IQ en las distintas fases del cebo.

La covariable P1 fue retirada del modelo estadístico para el estudio de las características de la canal. Del mismo modo, se llevó a cabo un análisis estadístico adicional que consideró el peso final de los cerdos en el estudio de la canal.

Resultados

Análisis de ingredientes y piensos

La Tabla 1 muestra la composición química de las fuentes proteicas usadas en el ensayo. La proteína bruta superó el 20% en las tres variedades de guisante. La variedad Cartouche mostró el mayor porcentaje de extracto etéreo y el menor de lisina mientras que la variedad Iceberg tuvo las menores proporciones de almidón y de valina. Los resultados analíticos diferenciaron los guisantes por su actividad antitripsina del siguiente modo: Luna > Cartouche > Iceberg; los IQ superaron a los IT en las tres variedades pero en diferentes proporciones (2,9, 49,9 y 25,5%, para Cartouche, Iceberg y Luna, respectivamente).

Las Tablas 2, 3, 4 y 5 reflejan la composición de las dietas usadas en el ensayo. La actividad de IT en los piensos post-transición (61-83 días de edad) fue inferior a 4 unidades/mg en todos los casos, siendo la dieta LUN la que presentó mayor capacidad inhibidora cumpliendo así con el planteamiento inicial. Durante la fase de crecimiento (94-108 días de edad), el nivel de inclusión de guisantes en los piensos fue muy elevado y los IP alcanzaron, en general, mayores valores que en la

fase anterior debido a que se sustituyó por completo la soja extrusionada y, por otro lado, el porcentaje de proteína en la dieta seguía siendo alto. En las fases de engorde (109-127 días de edad) y acabado (128-167 días de edad), la actividad inhibidora disminuyó de manera notable en las tres dietas con guisantes; sin embargo, en el pienso CON la actividad varió menos y permaneció más constante durante todo el periodo experimental (61 a 167 días de edad).

Resultados productivos, calidad de canal y carne

En la Tabla 6 se muestra el efecto del contenido en IP (y de la variedad de guisante) en los rendimientos productivos de los animales. Durante el periodo de post-transición (61-83 días de edad), no se detectaron diferencias para CMD ni GMD pero los cerdos que consumieron la dieta CAR presentaron mejor IC que los que comieron la dieta ICE, con los otros tratamientos en una posición intermedia ($P < 0,01$). Durante el periodo de crecimiento (84-108 días de edad), las dietas CON e ICE dieron mayores crecimientos ($P < 0,001$) e ingestiones de pienso ($P < 0,05$) y mejores conversiones alimenticias ($P < 0,001$) que las dietas CAR y LUN. Estos efectos comenzaron a diluirse durante la fase de engorde (109-127 días de edad), no detectándose diferencias en GMD ni IC pero sí en CMD, presentando los cerdos con las dietas CAR y LUN menores consumos que los de la dieta CON ($P < 0,05$). Durante la fase de acabado (128-167 días de edad), no se encontró influencia alguna de la dieta sobre ninguna variable estudiada. En la fase global (61-167 días de edad), los animales que recibieron la dieta CON comieron más pienso ($P < 0,05$), crecieron más rápido ($P < 0,01$) y fueron más pesados al sacrificio ($P < 0,01$) que los cerdos de las dietas CAR y LUN, con aquellos que ingirieron la dieta ICE en una posición intermedia.

Tabla 6. Influencia de la variedad de guisante y del contenido en inhibidores de proteasas de la dieta sobre el rendimiento productivos de cerdos en cebo
Table 6. Influence of variety pea and level of protease inhibitors of dietary in performance of growing pigs

Variables	Dieta ⁵				eem ⁶	Sign. ⁷
	Control	CAR	ICE	LUN		
Post-transición: 61-83 d						
Peso vivo a 61 días (kg)	22,04	22,05	21,92	22,16	covariable	
CMD ¹ (kg/d)	1,478	1,393	1,370	1,401	0,041	NS
GMD ² (kg/d)	0,751	0,779	0,694	0,756	0,026	NS
IC ³ (kg/kg)	1,96 ^{ab}	1,78 ^c	1,99 ^a	1,86 ^{bc}	0,039	**
Peso vivo a 83 días (kg)	37,82	38,41	36,63	37,93	0,543	NS
Crecimiento: 84-108 días						
CMD ¹ (kg/d)	2,080 ^a	1,894 ^c	2,064 ^{ab}	1,945 ^{bc}	0,047	*
GMD ² (kg/d)	0,923 ^a	0,764 ^b	0,903 ^a	0,737 ^b	0,022	***
IC ³ (kg/kg)	2,26 ^a	2,48 ^b	2,29 ^a	2,64 ^c	0,036	***
Peso vivo a 108 días (kg)	60,90 ^a	57,52 ^{bc}	59,21 ^{ab}	56,37 ^c	0,917	**
Engorde: 109-127 días						
CMD ¹ (kg/d)	2,927 ^a	2,730 ^b	2,792 ^{ab}	2,625 ^b	0,062	*
GMD ² (kg/d)	1,087	1,026	1,020	0,995	0,025	NS
IC ³ (kg/kg)	2,70	2,66	2,74	2,63	0,041	NS
Peso vivo a 127 días (kg)	82,26 ^a	76,72 ^b	78,25 ^b	75,20 ^b	1,262	**
Acabado: 128-167 días						
CMD ¹ (kg/d)	3,501	3,324	3,417	3,336	0,076	NS
GMD ² (kg/d)	1,135	1,089	1,139	1,086	0,027	NS
IC ³ (kg/kg)	3,10	3,08	3,01	3,08	0,059	NS
Peso vivo a 167 días (kg)	126,38 ^a	119,84 ^b	122,71 ^{ab}	117,63 ^b	1,795	**
Magro del animal ⁴ %	51,69	52,50	51,81	52,17	0,535	NS
Espesor de tocino dorsal ⁴ (mm)	26,78	25,09	26,01	25,26	0,675	NS
Global: 61 a 167 días de edad						
CMD ¹ (kg/d)	2,589 ^a	2,422 ^b	2,501 ^{ab}	2,408 ^b	0,044	*
GMD ² (kg/d)	0,993 ^a	0,931 ^b	0,958 ^{ab}	0,910 ^b	0,017	**
IC ³ (kg/kg)	2,61	2,60	2,61	2,64	0,028	NS

¹ Consumo medio diario. ² Ganancia media diaria. ³ Índice de conversión. ⁴ Medidos mediante ultrasonido a los 167 días de vida (Piglot 105). ⁵ CAR: guisante Cartouche; ICE: guisante Iceberg; LUN: guisante Luna. ⁶ Error estándar de la media (n = 12). ⁷ Significación; medias en la misma fila con distintos superíndices indican diferencias ($P < 0,05$).

La ingestión media diaria de IQ fue mayor que la de IT a lo largo de todo el periodo experimental (Tabla 7). Independientemente de la fase estudiada, el consumo de IP (tanto de IT como de IQ) fue mayor con las dietas que incluían guisantes que con la dieta CON; y entre las dietas con guisantes resultó mayor con la dieta LUN que con la dieta CAR ocupando la dieta ICE una posición intermedia ($P > 0,05$). Por fases, se observó que los cerdos que comieron la dieta CON aumentaron progresivamente la ingestión de IP a lo largo del

ensayo. Sin embargo, con todas las dietas que incluían guisantes, el consumo de IP aumentó notablemente de la fase de post-transición a la fase de crecimiento; se redujo posteriormente en la fase de engorde y se mantuvo durante la de acabado (resultados medios: 10 vs 22,9 vs 20,7 vs 20,9 $\times 10^6$ unidades de IP/día, respectivamente).

En las ecuaciones de regresión obtenidas relacionando las variables productivas con la ingesta diaria de IP tan sólo se obtuvieron resultados significativos en el CMD (R^2 : 0,43) y

Tabla 7. Consumo medio diario de inhibidores de proteasas (unidades $\times 10^6/d$) a lo largo del periodo experimental
Table 7. Average daily intake of protease inhibitors (units $\times 10^6/d$) through the experimental period

Variables ¹	Dieta ²				eem ³	Sign. ⁴
	Control	CAR	ICE	LUN		
Post-transición (61-83 días)						
IT	1,43 ^d	2,26 ^c	4,22 ^b	4,48 ^a	0,10	***
IQ	2,87 ^d	4,40 ^c	6,76 ^b	7,82 ^a	0,18	***
IT + IQ	4,30 ^d	6,66 ^c	10,98 ^b	12,30 ^a	0,28	***
Crecimiento (84-108 días)						
IT	2,23 ^d	9,60 ^b	5,57 ^c	13,04 ^a	0,23	***
IQ	4,39 ^d	16,61 ^a	8,89 ^c	15,05 ^b	0,32	***
IT + IQ	6,62 ^d	26,21 ^b	14,46 ^c	28,09 ^a	0,55	***
Engorde (109-127 días)						
IT	3,42 ^d	8,68 ^b	5,89 ^c	11,50 ^a	0,21	***
IQ	3,77 ^d	11,93 ^b	8,29 ^c	15,74 ^a	0,29	***
IT + IQ	7,19 ^d	20,61 ^b	14,18 ^c	27,24 ^a	0,51	***
Acabado (128-167 días)						
IT	4,41 ^d	8,77 ^b	7,43 ^c	10,70 ^a	0,21	***
IQ	5,46 ^d	12,80 ^b	8,46 ^c	14,45 ^a	0,28	***
IT + IQ	9,87 ^d	21,57 ^b	15,89 ^c	25,15 ^a	0,49	***

¹ Inhibidores de tripsina e inhibidores de quimotripsina.

² CAR: guisante Cartouche; ICE: guisante Iceberg; LUN: guisante Luna.

³ Error estándar de la media ($n = 12$).

⁴ Significación; medias en la misma fila con distintos superíndices indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

la GMD (R^2 : 0,51) en la fase de post-transición ($P < 0,001$), y en la GMD (R^2 : 0,39) y el IC (R^2 : 0,49) en la fase de crecimiento ($P < 0,001$).

No se detectó influencia de la dieta sobre ninguno de los parámetros de calidad de canal evaluados, ni en la grasa infiltrada del lomo ni en el porcentaje de los principales ácidos grasos (C16:0, C18:0, C18:1n-9 ($P > 0,05$); sin embargo, sí que hubo diferencias en los porcentajes de C16:1n-9, C18:2n-6 y C18:3 ($P < 0,05$) (Tablas 8 y 9).

Discusión

El guisante es la proteaginoso más estudiada y mejorada en los últimos treinta años. Las variedades tolerantes al frío, sembradas en octubre-noviembre y llamadas guisantes de invierno no han tenido el protagonismo que merecen, siendo las variedades de primavera las más utilizadas en los piensos al relacionarse con mayores rendimientos por ha, más porcentaje de PB y menores cantidades de IP, *a priori* el factor limitante para su inclusión en piensos. Esto ha sucedido por el impulso de los países más productores y consumidores de guisante proteaginoso, como es el caso de Francia y, en nuestro caso, por el desconocimiento, al sembrar variedades que no se adaptan a las condiciones edafoclimáticas (Caminero, 2002). En Castilla y León, principal zona productora de España, las variedades mejoradas de invierno ofrecen resultados muy diferentes y superan a las llamadas de primavera: más producción por ha, porcentaje de PB superior en 1 o 2 puntos y no siempre más cantidad de IP, al no ser éste un carácter ligado a la época de siembra o resistencia al frío (García-González, 2001; Caminero, 2002). De hecho, las tres variedades de guisantes de invierno empleadas en el presente experimento presentaron contenidos en proteína bruta superior al 20,6% publicado por FEDNA (2010) para las variedades de primavera. De

acuerdo con Carrouée et al. (1994), y teniendo en cuenta los resultados de IT, los guisantes testados se podrían clasificar del siguiente modo: actividad baja para Iceberg (4 a 7 unidades de IT/mg), media para Cartouche (7 a 10 unidades IT/mg) y alta para Luna (10 a 13 unidades IT/mg). Los IQ superaron a los IT en las tres variedades, pero en diferente medida, llegando al 50% en el caso de Iceberg, sin que exista una relación lineal entre ambos inhibidores. Posiblemente éste sea un carácter ligado a la variedad del guisante.

Rendimiento productivo. Calidad de canal y piezas nobles

Hay numerosos trabajos valorando dietas que sustituyen parcial o totalmente soja por guisante en cerdos durante el cebo, aunque utilizan fundamentalmente guisantes de primavera, y la mayoría no tienen en consideración los niveles de IT y menos aún los IQ, tanto en el guisante como en la dieta. Los resultados son muy dispares; así, Castell y Guenter (1996) limitaron la incorporación de guisante en las dietas de engorde y acabado a 20 y 35%, Mathé et al. (2003) llegan al 39% (guisante con 2,47 UTI/mg), mientras Stein et al. (2004) indicaron un máximo del 36%. Con la información disponible es de suponer que se trata de guisantes con baja actividad IP y en todos los casos de primavera. Otros trabajos reemplazan completamente la soja por guisantes. Así, Gattel et al. (1989) obtuvieron el mismo rendimiento en cerdos alimentados con un pienso único durante la fase de cebo (28 a 101 kg) que tenía un 41% de guisante de primavera variedad Finale (2,76 UTI/mg) sin soja frente a un control de soja y trigo. Mientras, Stein et al. (2006) en cerdos de 22 a 123 kg no observaron diferencias en rendimiento productivo ni en calidad de la canal al suministrar durante las distintas fases de cebo 66, 48 y 36% de guisante primavera sin soja frente a una dieta con soja y cereal. Son situaciones similares al pre-

Tabla 8. Efecto del tratamiento alimenticio sobre la calidad de la canal
Table 8. Influence of the dietary treatment in carcass quality traits of pigs

	Dieta ¹				eem ²	Sign. ³
	Control	CAR	ICE	LUN		
Peso de canal (kg)	96,89	93,00	93,66	90,81	1,66	NS
Rendimiento de canal (%)	77,10	76,98	76,62	77,01	0,27	NS
Peso de piezas nobles (kg)						
Jamón	12,87	12,44	12,47	12,17	0,19	NS
Paleta	7,29	6,98	7,03	6,81	0,13	NS
Chuletero	5,84	5,69	5,66	5,51	0,10	NS
Rendimiento piezas nobles (% canal)						
Jamones	26,60	26,82	26,68	26,85	0,09	NS
Paletas	15,04	15,02	15,02	15,00	0,01	NS
Chuleteros	12,05	12,28	12,11	12,15	0,10	NS

¹ CAR: guisante Cartouche; ICE: guisante Iceberg; LUN: guisante Luna.

² Error estándar de la media (n = 12).

³ Significación.

Tabla 9. Efecto del tratamiento alimenticio sobre el porcentaje de grasa intramuscular del lomo y proporción de los principales ácidos grasos de la grasa subcutánea

Table 9. Effect of dietary treatment on the percentage of intramuscular fat and proportion of major fatty acids in subcutaneous fat

Variables %	Dieta ¹				eem ²	P-valor
	Control	CAR	ICE	LUN		
Grasa intramuscular	2,79	2,97	2,98	3,19	0,31	0,80
Ácidos grasos						
C14:0	1,21	1,22	1,22	1,19	0,02	0,77
C16:0	22,90	22,81	23,30	22,73	0,21	0,23
C16:1n-9	2,51 ^a	2,36 ^{ab}	2,46 ^a	2,29 ^b	0,05	0,03
C18:0	11,88	12,28	12,16	12,43	0,20	0,32
C18:1n-9	46,17	46,26	46,37	46,17	0,30	0,96
C18:2n-6	12,48 ^a	12,07 ^{ab}	11,50 ^b	12,18 ^a	0,22	0,03
C18:3	0,88 ^a	1,01 ^b	0,89 ^a	0,95 ^{a b}	0,29	0,03
C20:0	0,19	0,17	0,20	0,19	0,01	0,36
C20:1	0,83	0,83	0,85	0,82	0,02	0,90

¹ CAR: guisante Cartouche; ICE: guisante Iceberg; LUN: guisante Luna.

² Error estándar de la media (n = 12). En una variable, medias con distintos superíndices indican diferencias ($P < 0,05$).

sente trabajo, incluso eliminando la soja a edades más tempranas, pero con guisantes primavera y, se supone, bajos en IT.

Doti et al. (2014) compararon dos dietas isoenergéticas en cerdos de 63 a 93 kg (una con 78% de cebada y 19% de HS y otra con 49% de cebada, 40% de guisantes de primavera y 6% de HS), que contenían 17,3 y 18% de proteína bruta, respectivamente, no detectando diferencias en parámetros productivos ni tampoco en la digestibilidad de la proteína.

La utilización de distintas variedades en piensos de cebo quedan reflejadas en los estudios de Grosjean et al. (1989), que en un primer ensayo compararon 3 dietas: control con 21% de HS, 30% guisante de invierno Frisson (8,9 UTI/mg) + 7% HS y 30% de guisante primavera Finale (4,1 UTI/mg) + 6HS. No hubo diferencias entre los cerdos (30 a 100 kg) que comieron los guisantes y el control, pero sí entre las dietas con los guisantes, con menor CMD y GMD de los animales alimentados con la dieta del guisante Frisson (2,290 vs 2,340 kg y 0,757 vs 0,794 kg, de CMD y GMD para Frisson y Finale, respectivamente; $P < 0,05$). La actividad IT del pienso con Frisson fue de 2,7 y 1,3 UTI/mg para la dieta del guisante Finale. En un segundo ensayo con el mismo tipo de cerdos y 2,4 y 1,6 UTI/mg en el pienso con Frisson (27%) y Finale (27%) respectivamente, y 5,5% de HS en ambos, no hubo diferencias entre los cerdos alimentados con los dos tipos de guisantes ($P > 0,05$). Son cantidades de IT en el pienso con la variedad Frisson similares a las del pienso ICE, sin embargo no sustituyen por completo la soja, son dietas únicas y, prácticamente, con un mismo diseño, se obtienen diferentes resultados.

La edad de inicio del consumo de guisante parece influir en el rendimiento posterior, así Bengala-Freire, et al. (1989) en cerdos desde 27 a 102 kg vieron que un porcentaje de guisante superior al 30%, con 2,85 UTI/mg, disminuyó el CMD y la GMD. Por el contrario, Newman et al. (2011) reemplazaron la soja

por derivados de guisante seco ("chips pea"): 45% a partir de los 57 kg y 30% desde 93 a 127 kg, sin diferencias significativas en relación con el control de soja y maíz. En cerdos pesados (40 a 158 kg), Prandini et al. (2011) sustituyeron la soja por guisante sin observar efectos negativos en rendimiento ni en calidad de la canal.

Los resultados de las Tablas 6 y 7 muestran que los cerdos se adaptan a consumos elevados de IP según aumenta la edad. Concretamente, en la fase de acabado no se presentaron diferencias productivas entre los animales de los cuatro tratamientos ($P > 0,05$). En una experiencia parecida Njoka (2008) enfrentó cuatro dietas durante la fase de acabado (80 a 123 kg), una control de soja con tres sin soja y que incorporaban un 30% de guisantes, cada una de un tipo: de invierno, de verano y de primavera. Sólo observó una tendencia en el consumo, siendo mayor en los animales alimentados con las dietas invierno y verano que con las primavera y control: 4 y 3,8 vs 3,5 y 3,4 kg, respectivamente. En un ensayo con la variedad Cartouche (9,87 UTI y 10,16 UQI), pero sin periodo de adaptación (post-estárter) y sustituyendo a la soja a partir de los 30 kg de peso hasta los 125 kg, de Mercado et al. (2013) y Gómez-Fernández et al. (2013) no obtuvieron diferencias al compararlo con un pienso control de soja, ni en producción ni en calidad de la canal.

En las experiencias anteriores, los guisantes, con la excepción de la variedades Frisson y Cartouche (invierno), y los piensos, tuvieron unos niveles de IT muy inferiores a los del presente ensayo. A pesar de ello hubo diferencias debidas a consumos menores. Incluso en la fase estárter (Tabla 6), y duplicando la cantidad de IP del CON, los animales que consumieron ICE, tuvieron el mismo resultado para CMD, GMD e IC. Es un resultado similar al de Batterham et al. (1993) que compararon una dieta sin guisante, con garbanzos (*Cicer arietinum*) y guandú (*Cajanus cajan*), frente a un control de soja, con cerdos desde 20 a 50 kg, sin en-

contrar diferencias productivas con cantidades de 4,7 UTI/mg y 4,5 UQI/mg en los piensos.

La posible reducción del consumo, que refieren diferentes autores, puede deberse a la presencia de IP o a otras causas. McLaughlin et al. (1983) lo relacionan con niveles elevados de IT que pueden activar la liberación de colecistoquinina (CCK) hormona relacionada con la saciedad; para Grosjean et al. (1997) los IT disminuirían la digestibilidad del tripófano, AA con efecto sobre el apetito. Jai-karan et al. (2002) en un ensayo con guisantes de distinto color (amarillos y verdes) y cerdos de más de 25 kg, no encontraron diferencias en CMD al compararlos con una dieta control de soja ($P > 0,05$). Sin embargo, la presencia de saponinas en los guisantes, que según la variedad y el tipo de saponina (B o DDMP) varía de 0 a 1,5 g/kg, podría reducir el consumo debido al sabor amargo (Heng et al., 2006), aunque Price et al. (1985) indican que el rechazo parcial de la dieta empezaría a partir de 2 g/kg de saponina.

El efecto del porcentaje y tipo de almidón es una cuestión a tener en cuenta. La cantidad (%) fue muy similar en las distintas dietas según fases: $37 \pm 1\%$ en Post-transición, $39 \pm 2\%$ en Crecimiento, $46 \pm 1\%$ en Engorde y $49 \pm 1\%$ en Acabado. Es cierto que en legumbres como los guisantes la proporción de amilosa es mayor que en los cereales, lo que puede variar la degradación del almidón, el índice glucémico, y hasta cierto punto la ingesta. Así lo refieren autores como Bengala-Freire, et al. (1989), aunque Doti et al. (2014) no encontraron diferencias con distintas fuentes de almidón (muy o poco resistentes a la degradación). En el presente estudio, si bien varía la fuente y tipo de almidón según inclusión de guisantes y cebada, la disminución del consumo se relaciona más con la ingesta elevada de inhibidores que con el tipo de almidón (Tabla 5). Sirva como ejemplo el CMD en la fase de Post-transición, no significativo a pesar de los altos niveles de almidón de guisante en el pienso ICE en relación con el CON.

Las diferencias de rendimiento en los resultados, se relacionaron directamente con un menor consumo de pienso, ligado a la edad de los cerdos y a la cantidad de IP que comieron, y no se manifestaron en el espesor de tocino dorsal, porcentaje magro, ni en los datos de la canal o piezas nobles.

Grasa intramuscular del lomo y ácidos grasos de la grasa subcutánea

Como cabía esperar, debido a que el pienso control y los experimentales administrados durante las fases de engorde y acabado fueron isoenergéticos, isoproteicos y tuvieron análogo tenor graso, el tratamiento alimenticio no tuvo influencia sobre el porcentaje de grasa intramuscular (López-Bote y Rey, 2004). Así mismo, debido a que la composición calculada de los piensos de engorde y acabado en los principales ácidos grasos, y el consumo medio diario de pienso fueron similares según tratamiento, tampoco eran de esperar variaciones en el perfil de ácidos grasos de la grasa subcutánea. Sin embargo, y dentro de los ácidos grasos mayoritarios, la ligera mayor proporción de ácido linoleico (C18:2n-6) obtenida en los cerdos que consumieron el pienso CON (solo significativamente mayor que los cerdos que comieron el pienso ICE), puede explicarse por un contenido más elevado de ácido linoleico de este pienso durante las fases de engorde y acabado, y por un mayor consumo, aritméticamente superior, del pienso indicado.

Las diferencias observadas de ácido linoleico, entre los tratamientos en los que se sustituyó soja y cebada por guisantes, no tienen una explicación coherente, salvo que sean debidas a efectos individuales inherentes a los animales que fueron elegidos al azar para el posterior análisis de ácidos grasos.

Podemos concluir que la edad de los cerdos influye en la tolerancia a los niveles de IP derivados de un pienso con guisante. En fases

iniciales, son capaces de soportar cantidades de IP que pueden triplicar las de un pienso control de soja y, en las fases de engorde y acabado, incluso más elevadas, sin mermas productivas ni de calidad de canal o piezas nobles, ni del contenido de grasa intramuscular en el lomo y proporción de ácidos grasos principales (C16:0, C18:0, C18:1n-9) en la grasa subcutánea. Los resultados sugieren que los guisantes de variedades de invierno suponen una alternativa a la soja perfectamente viable si se adaptan, según su contenido en IP, a las diferentes fases productivas.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (IDI-2010-0284) y la Agencia de Inversiones y Servicios de Castilla y León (04-09-SO-0013). Queremos agradecer a la Dra. Ana de Coca, de la Unión Regional de Cooperativas Agrarias de Castilla y León (URCACYL, Valladolid, España) la coordinación de los distintos grupos de investigación participantes.

Bibliografía

- Adamidou S, Nengas I, Grigorakis K, Nikolopoulou D, Jauncey K (2011). Chemical composition and antinutritional factors of field peas (*Pisum sativum*), chickpeas (*Cicer arietinum*), and faba beans (*Vicia faba*) as affected by extrusion preconditioning and drying temperatures. *Cereal Chemistry Journal* 88: 80-86.
- Batterham ES, Saini HS, Andersen LM, Baigent RD (1993). Tolerance of growing pigs to trypsin and chymotrypsin inhibitors in chickpeas (*Cicer arietinum*) and pigeonpeas (*Cajanus cajan*). *Journal of Science Food and Agriculture* 61: 211-216.
- Bengala-Freire J, Hulin JC, Peiniau J, Aumaitre A (1989). Effet de la cuisson-extrusion du pois de printemps sur la digestibilité des aliments de sevrage precoce du porcelet et consequences sur les performances jusqu'à l'abattage. 21^e Journées de la Recherche Porcine, 31-2 febrero 1989, París, Francia, pp. 75-82.
- Bligh EG, Dyer WJ (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology* 37(8): 911-917, 10.1139/o59-099.
- Birk Y (1985). The Bowman-Birk inhibitor. Trypsin and chymotrypsin inhibitor from soybean. *International Journal of Peptide and Protein Research* 25: 113-131.
- Boletín Oficial del Estado (2004). Orden PRE/3844/2004, de 18 de noviembre, por la que se establecen los métodos oficiales de toma de muestras en canales de cerdos ibéricos y el método de análisis para la determinación de la composición de ácidos grasos de los lípidos totales del tejido adiposo subcutáneo de cerdos ibéricos.
- Boletín Oficial del Estado (2013). Real Decreto 53/2013, de 1 de febrero, por el que se establecen las normas básicas aplicables para la protección de los animales utilizados en experimentación y otros fines científicos, incluyendo la docencia. BOE 34: 11370-11421.
- Caminero C (2002). Adaptación a la siembra invernal y tolerancia al frío en guisante (*Pisum sativum* L.). Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid. Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (Ed).
- Carrouée B, Grosjean F, Peyronnet C, Weiss P (1994). Guisantes. Utilización en Alimentación Animal. UNIP-ITCF. París, 96 pp.
- Castell AG, Guenter W (1996). Nutritive value of peas for nonruminant diets. *Animal Feed Science and Technology* 60(3-4): 209-227.
- CESFAC (2012). Confederación Española de Fabricantes de Alimentos Compuestos para Animales. Mercados estadística 2011.
- Crevieu-Gabriel I (1999). Digestion des protéines végétales chez les monogastriques. Exemple des protéines de pois INRA. *Production Animal* 12(2): 147-161.
- de Mercado E, Gómez-Fernández J, Muzquiz M, Guillamón E, Varela A, Tomás C, López-Nuez P, Gómez-Izquierdo E (2013). Evolución del creci-

- miento, calidad de la canal y de piezas nobles en cerdos grasos alimentados con guisante (*Pisum sativum*) y alberjón (*Vicia narbonensis*) como fuente proteica. XV Jornadas ITEA-AIDA, 14 y 15 de mayo 2013, Zaragoza, España, vol. 1: 171-173.
- Diario Oficial de la Unión Europea (2009). Reglamento (CE) n° 152/2009 de la Comisión de 27 de enero de 2009, por el que se establecen los métodos de muestreo y análisis para el control oficial de los piensos. L 54/1-L 54/130.
- Doti S, Suárez-Belloch J, Latorre MA, Guada JA, Fondevila M (2014). Effect of dietary starch source on growth performances, digestibility and quality traits of growing pigs. *Livestock Science* 164: 119-127.
- FEDNA (2010). Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos. 3ª Edición (Ed. de Blas C, Mateos GG, García Rebollar P). Ed. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. 502 pp. Madrid.
- FEDNA (2013). Necesidades nutricionales para ganado porcino: Normas FEDNA (Ed. de Blas C, Mateos GG, García Rebollar P). 2ª edición. Ed. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal.
- Gatel F, Grosjean F, Castaing J (1989). Utilisation par le porc charcutier de régimes à teneur élevée en pois de printemps (plus de 40%). 21^e Journées de la Recherche Porcine, 31-2 febrero 1989, París, Francia, pp. 69-74.
- Gómez-Fernández J, de Mercado E, Muzquiz M, Guillamón E, Varela A, Tomás C, López-Nuez P, Gómez-Izquierdo E (2013). Empleo de guisante (*Pisum sativum*) y alberjón (*Vicia narbonensis*) como fuentes proteicas en dietas para cerdos grasos. Rendimiento productivo. XV Jornadas ITEA-AIDA, 14 y 15 de mayo 2013, Zaragoza, España, vol. 1: 135-137.
- González-García MR (2001). Interacción genotipo x ambiente en guisante proteaginoso (*Pisum sativum* L.). Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid.
- Grant G, Dorward PM, Buchan WC, Armour JC, Pusztai A (1995). Consumption of diets containing raw soya beans (*Glycine max* L.), kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.), cowpeas (*Vigna unguiculata* L.) or lupin seeds (*Lupinus angustifolius* L.) by rats for up to 700 days: Effects on body composition and organ weights. *British Journal of Nutrition* 73(1): 17-29.
- Grosjean F, Bourdon D, Theillaud-Ricca V, Castaing J, Beague E (1989). Comparaison des pois d'hiver et de printemps dans des aliments pour porcs charcutiers présentés en farine ou en granulés. 21^e Journées de la Recherche Porcine, 31-2 febrero 1989, París, Francia, pp. 75-82.
- Grosjean F, Jondreville C, Bogaert C, Bourdillon A, Peyronnet C, le Guen MP, Williatte I (1997). Utilisation d'aliments pour porcelets sevrés contenant 40% de pois. 29^e Journées de la Recherche Porcine, 4-6 febrero 1997, París, Francia, pp. 197-204.
- Grosjean F, Jondreville C, Williatte-Hazouard I, Skiba F, Carrouée B, Gatel F (2000). Ileal digestibility of protein and amino acids of feed peas with different trypsin inhibitor activity in pigs. *Canadian Journal of Animal Science* 80: 643-652.
- Guillamón E, Mateo-Vivaracho L, Villares A, D'Arrigo M, Pedrosa MM, García-Lafuente A, Muzquiz M (2012). Inhibidores de tripsina y de quimotripsina en semillas de leguminosas. IV Jornadas de la Asociación Española de leguminosas, 6-7 Junio, Pontevedra, España, pp. 111-113.
- Heng L, Vincken JP, van Koningsveld GA, Legger A, Gruppen H, van Boekel MAJS, Roozen J, Vora-gen AGJ (2006). Bitterness of saponins and their content in dry peas. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86(8): 1225-1231.
- Jaikaran S, Colangelo M, William C (2002). Growth and feed intake of growing pigs fed diets containing three varieties of field peas. *Advances in pork production* 13: 25.
- Jones BN, Paavo S, Stein S (1981). Amino acids analysis and enzymatic sequence determination of peptides by an improved o-phthaldialdehyde precolumn labeling procedure. *Journal of Liquid Chromatography* 4: 565-586.
- Kakade ML, Racki JJ, McGhee JE, Puski G (1974). Determination of trypsin inhibitor activity of soy products: a collaborative analysis of an improved procedure. *Cereal Chemistry Journal* 51: 376-382.

- López-Bote CJ, Rey AI (2004). Efecto de la alimentación en las características del magro. *Porci* 84: 60-77.
- Marlier L, Focant M, Allart B, Vanbelle M (1989). Effects du floconage et de l'extrusion sur le valeur alimentaire du pois protéagineux, pour le porc charcutiere. *Annales de Zootechnie* 38: 237-245.
- Marmer WN, Maxwell RJ (1981). Dry column method for the quantitative extraction and simultaneous class separation of lipids from muscle tissue. *Lipids* 16(5): 365-71.
- Mateos GG, Valencia DG, Serrano MP, Lázaro R (2008). Las leguminosas de grano en alimentación animal: estudio del guisante. III Jornadas de la Asociación Española de Leguminosas, 2-4 de septiembre de 2008, Valladolid, España, pp. 72-94.
- Mathé D, Monéger R, Guillou D (2003). Effet du pois protéagineux sur les performances et le comportement du porc lors des transitions alimentaires. 35^e Journées de la Recherche Porcine, 4-6 febrero 2003, París, Francia, pp. 127-132.
- McLaughlin CL, Peikin SR, Baile CA (1983). Trypsin inhibitor effects on food intake and weight gain in Zucker rats. *Physiology and Behavior* 4: 487-91.
- Moore S (1963). On determination of cystine as cysteic acid. *Journal of Biological Chemistry* 238: 235-237.
- Muzquiz M (2012). Componentes nutricionalmente activos en leguminosas: implicaciones en nutrición y salud. IV Jornadas de la Asociación Española de leguminosas, 6-7 Junio, Pontevedra, España, pp. 111-113.
- Muzquiz M, Welham T, Altares P, Goyoaga C, Cuadrado C, Romero R, Guillamon E, Domoney C (2004). The presence of trypsin inhibitors in *Vicia faba* and *Cicer arietinum* during germination. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 84:556-560.
- Newman DJ, Harris EK, Lepper AN, Berg EP, Stein HH (2011). Effects of pea chips on pig performance, carcass quality and composition, and palatability of pork. *Journal of Animal Science* 89: 3132-3139.
- Ney B, Duc G (1997). The main constraints to overcome in the plant development for the winter type varieties. *Grain legumes* 16: 14-15.
- Njoka JG (2008). Effects of feeding Iowa-grown field peas on finishing pig performance. Graduate Theses and Dissertations. Paper 11367.
- Prandini A, Sigolo S, Morlacchini M, Cerioli C, Masoero F (2011). Pea (*Pisum sativum*) and faba bean (*Vicia sativa* L.) seeds as protein sources in growing-finishing heavy pig diets: effect on growth performance, carcass characteristics and on fresh and seasoned Parma ham quality. *Italian Journal of Animal Science* 10: e45.
- Price KR, Griffiths NM, Curl CL, Fenwick GR (1985). Undesirable sensory properties of the dried pea (*Pisum sativum*). The role of saponins. *Food Chemistry* 17: 105-115.
- SAS (2004). User's Guide. SAS Institute. Cary, NC, EE.UU.
- Sandler SR, Karo W (1992). Sourcebook of advanced organic laboratory preparations. Published by San Diego u. a., Academic Press. ISBN 10: 0126185069 ISBN/13: 9780126185065.
- Sathe SK, Salunkhe DK (1981). Studies on trypsin and chymotrypsin inhibitory activities, hemagglutinating activity, and sugars in the Great Northern beans (*Phaseolus vulgaris* L). *Journal of Food Science* 46: 626-629.
- Stein HH, Benzoni G, Bohlke RA, Peters DN (2004). Assessment of the feeding value of South Dakota-grown field peas (*Pisum sativum* L.) for growing pigs. *Journal of Animal Science* 82(9): 2568-2578.
- Stein HH, Everts AKR, Sweeter KK, Peters DN, Maddock RJ, Wulf DM, Pedersen C (2006). The influence of dietary field peas (*Pisum sativum* L.) on pig performance, carcass quality, and the palatability of pork. *Journal of Animal Science* 84: 31.
- Van Amerongen A, Ostafe V, Meijer MMT, Gruppen H, Meerdink G, Bedrendsen LBJM, Koets M, Wichers JH (1998). Specific immuno-(chymo) trypsin inhibitor assays for determination of (residual) activity of Browman-Birk or Kunitz soybean trypsin inhibitors. En: Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds and rapeseed (Eds. Jansmanñ AJM, Hill GD, Huisman J, van der Poel AFB), EAAP publication no 93 Wageningen, Holanda. pp. 33-37.

(Aceptado para publicación el 28 de julio de 2016)

Evaluación genética de la facilidad de parto en la raza bovina Parda de Montaña usando los modelos lineal y umbral

X. Cortés-Lacruz^{1,*}, R. Revilla², I. Casasús³, A. Sanz³, J. Ferrer³,
P. Banzo⁴ y D. Villalba¹

¹ Departament de Producció Animal, Universitat de Lleida. Avda. Rovira Roure 191, 25198 Lleida

² Centro de Transferencia Agroalimentaria. Departamento de Desarrollo Rural y Sostenibilidad. Gobierno de Aragón

³ Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón, Instituto Agroalimentario de Aragón (IA2-CITA). Avda. Montañana 930, 50059 Zaragoza

⁴ Asociación de criadores de la Raza Bovina Parda de Montaña (ARAPARDA). Avda. Lérida 5, 22400 Monzón (Huesca)

Resumen

El objetivo principal del trabajo fue estudiar la componente genética y ambiental del carácter facilidad de parto en la raza bovina Parda de Montaña y discutir el sistema de valoración utilizado en el esquema de mejora. Se utilizaron registros de facilidad de parto de 5.738 animales. La evaluación y estimación genética de las variables se realizó con un modelo bi-carácter (facilidad de parto y peso al nacimiento) utilizando cuatro modelos diferentes, asumiendo para la facilidad de parto una distribución normal o mediante un modelo umbral, e incluyendo o no efectos maternos. La proporción de partos sin ayuda fue del 70,3%, seguida de los partos asistidos sin dificultad (24,9%), de los partos asistidos con dificultad (3,1%), de los partos por cesárea (0,9%) y por último, de los partos con asistencia veterinaria (0,8%). Las frecuencias de partos difíciles y por cesárea en las vacas de primer parto fueron el doble y el cuádruple, respectivamente, que en el resto. Las vacas con primer parto antes de los dos años de edad tuvieron el doble de partos difíciles y por cesárea que las que parieron a partir de los dos años y medio de edad. Aunque las heredabilidades de la facilidad de parto fueron muy diferentes entre los dos modelos, ambos fueron equivalentes para evaluar genéticamente el carácter facilidad de parto, con una correlación de Spearman entre las estimas de valor genético de los dos modelos de 0,95. El actual sistema de codificación del carácter facilidad de parto utilizado en el esquema de selección puede ser simplificado y mejorado.

Palabras clave: Vaca nodriza, heredabilidad, modelo umbral, efectos maternos.

Abstract

Genetic evaluation of calving ease in Parda de Montaña beef breed based on linear and threshold models

The main objective of this work was to study the genetic and environmental components of calving ease in the Parda de Montaña beef breed. The calving ease score used to record field data was discussed conducting surveys to farmers. The number of calving ease records used in the study was 5,738. The esti-

* Autor para correspondencia: xcortes@ca.udl.cat

<https://doi.org/10.12706/itea.2017.010>

mation of variance components and genetic evaluation was performed using a bi-trait model (calving ease and birth weight) using four different models, explaining calving ease as normal or a threshold model, and including or not maternal effects. The proportion of unassisted calving was 70.3%, followed by calvings attended without difficulty (24.9%), attended with difficulty (3.1%), caesarean births (0.9%) and finally, by births with veterinary assistance (0.8%). Frequency of difficult calvings and caesareans was two-fold and four-fold higher, respectively, in first-calving cows than in the rest. Cows with first parity before two years also had twice more difficult calvings and caesareans than cows with first parity after two years and a half. The heritability of calving ease trait obtained from the threshold model was higher than that obtained by the normal model, but both models had similar estimated breeding values (Spearman correlation 0.95). The current system of encoding calving ease used in the selection scheme can be simplified and improved.

Key words: Beef cattle, heritability, threshold model, maternal effects.

Introducción

La facilidad de parto (FP) es un carácter que se incluye en los programas de mejora genética de la mayoría de las razas de vacuno de carne, como es el caso de la raza Parda de Montaña (ARCA, 2015). La facilidad de parto es especialmente importante en los sistemas extensivos, dado que los partos difíciles pueden originar elevadas pérdidas económicas, tanto en gastos y cuidados veterinarios (Kluyts *et al.*, 2007) como en la menor productividad de las vacas afectadas, ya que los partos difíciles incrementan la mortalidad de los terneros (Wulfhorst *et al.*, 2010; Cervantes *et al.*, 2010) y retrasan la recuperación de la actividad ovárica postparto (Sanz *et al.*, 2004) pudiendo inclusive incrementar la mortalidad de las vacas (Barrier *et al.*, 2012).

Los principales factores no genéticos que afectan a la facilidad de parto son el orden de parto, con mayor número de partos distócicos en las vacas de primer parto (Meijering, 1984; Rice, 1994), la edad al primer parto, con partos más problemáticos en las vacas jóvenes que paren por primera vez (Bene *et al.*, 2013) y la posición fetal en el momento del parto, dado que una mala presentación fetal incrementa el riesgo de incidencia de partos asistidos (Holland *et al.*, 1993). Por otro lado, existen factores genéticos que pueden pro-

ducir distocias (tamaño del feto, existencia de más de un feto, insuficiente abertura del canal pélvico, etc.), por lo tanto el carácter facilidad de parto puede estar controlado genéticamente y ser la combinación de otros caracteres.

Existe una gran variabilidad en las estimas de la heredabilidad (h^2) de la facilidad de parto, desde 0,04 hasta 0,41 (Jamrozik y Miller, 2014). La facilidad de parto es un carácter categórico que se divide en distintas clases. El International Committee for Animal Recording (ICAR, 2014) propone el siguiente método de anotación de la facilidad de parto: 1, fácil sin asistencia; 2, fácil con poca ayuda; 3, difícil (asistencia mecánica o asistencia de 2 o más personas); 4, cesárea; y 5, embriotomía. El sistema de codificación propuesto por el ICAR no es único, en los diversos esquemas de mejora se clasifica la facilidad de parto en distintas categorías, que pueden ser poco claras incluso para el ganadero que registra la información. Los modelos utilizados en evaluación genética acostumbran a tratar la facilidad de parto asumiendo que se distribuye de manera Gaussiana, pero autores como Varona *et al.* (1999) recomiendan analizar la distribución subyacente de la facilidad de parto mediante modelos con una distribución con distintos umbrales que definan las categorías del carácter.

La raza Parda de Montaña es una raza asentada principalmente en zonas montañosas. Originalmente explotada como raza mixta, se especializó posteriormente en la producción de leche en numerosas áreas. Hace aproximadamente unos 25 años, y debido al abandono del ordeño en las zonas de montaña de nuestro país, pasó a ser utilizada como raza de aptitud cárnica, situación que se ha mantenido hasta la actualidad. Reconocida en el año 2012 como raza autóctona de fomento por el MAGRAMA, la Asociación de Criadores de la raza Parda de Montaña (ARAPARDA) es una de las entidades oficialmente reconocidas para la gestión de su libro genealógico y el desarrollo de su programa de mejora.

En este contexto, el objetivo principal del trabajo es estudiar el carácter facilidad de parto en la raza Parda de Montaña. Para ello, se analiza mediante encuestas el sistema de valoración del carácter utilizado por los ganaderos en el marco del esquema de mejora de la raza bovina Parda de Montaña. Además, se estudian las componentes genética y ambiental del carácter usando un modelo normal y un modelo umbral.

Material y métodos

Encuestas

Se realizaron un total de 14 encuestas a otros tantos ganaderos de la asociación ARAPARDA, todos ellos implicados en el programa de mejora y que habían aportado el 15% del total de registros de facilidad de parto de la base de datos del Libro Genealógico. Las encuestas constaban de once apartados en los que se hacían unas preguntas básicas de manejo y se consultaba a los ganaderos si anotaban todos los datos de facilidad de parto, si sabían definir las diferentes categorías de dificultad y diferenciarlas entre ellas, si tenían en cuenta la posición del ternero en los par-

tos distócicos, si determinaban el peso de los terneros al nacer con báscula o con cinta, si pesaban los terneros al destete, y que parámetro productivo o reproductivo de los que se les mostraban a continuación (intervalo entre partos, facilidad de parto, peso al nacimiento (PN), crecimiento en engorde, rendimiento de la canal, terneza de la carne, etc.) era más importante para ellos.

Bases de datos del Libro Genealógico

Los ganaderos de la asociación ARAPARDA utilizan un sistema de recogida de datos para los partos en el cual se anota el número de identificación oficial del ternero y de sus padres, la fecha de nacimiento, el sexo, si nace muerto, si es parto gemelar y el PN. Debe indicarse también la facilidad de parto, mediante un número del 1 al 5 (1, sin ayuda; 2, asistido sin dificultad; 3, asistido con dificultad; 4, con asistencia veterinaria; y 5, cesárea).

El número de registros de facilidad de parto del que se dispone en la base de datos de ARAPARDA entre 2003 y 2012 es de 5.738, producidos en 228 explotaciones y resultado de hijos de 335 toros diferentes. La mayoría de explotaciones aportaron menos de 25 registros a lo largo del periodo de estudio, y solamente 12 de ellas aportaron más de 100 registros. Se dispone de 22 toros con más de 50 datos de facilidad de parto de sus hijos. Un 19,1% de los registros son de animales de primer parto, un 21,7% de animales de segundo parto y un 59,2% de animales con más de dos partos.

Se realizó un análisis descriptivo de los registros en función de la edad (primíparas y multíparas), del número de parto (entre 1 y 9), de la edad al primer parto (menor de 2, entre 2 y 2,5, entre 2,5 y 3 y mayor de 3 años), del año de parto, de la época del año del parto, y se estudió la asociación entre la incidencia de partos difíciles y los diferentes efectos con un test chi-cuadrado. Las medias de peso al

nacimiento de los distintos niveles de los efectos fijos se compararon mediante un test t-student. En todos los casos, el nivel de significación fue del 5%.

Evaluación genética con efectos directos

Para realizar la evaluación genética, se construyó un fichero con la genealogía de todos los animales. En este fichero constaba la información de 109.635 animales, de los cuales el 16,73% eran individuos fundacionales, el 18,44% tenían padre y madre conocidos, y del 64,83% restante solamente se conocía la madre.

Por otro lado se construyó un fichero con los registros de facilidad de parto y PN de 5.738 terneros inscritos en el libro genealógico de la raza Parda de Montaña, con los siguientes efectos ambientales registrados: sexo (macho, hembra), número de parto agrupado (1, 2, >2), edad en años al primer parto agrupada (<2, 2-2,5, 2,5-3, >3) y el efecto rebaño-año de nacimiento-estación de nacimiento (1007 niveles) como efecto aleatorio.

Teniendo en cuenta los efectos anteriores, el modelo estadístico que se utilizó fue el siguiente:

$$Y_{ijklm} = \mu + \text{sexo}_i + \text{número de parto}_j + \text{edad al primer parto}_k + \text{rebaño-año-estación}_l + u_m + e_{ijklm}$$

Dónde: Y: Carácter PN o FP, μ : media poblacional, sexo: efecto fijo sexo i , número de parto: efecto fijo del número de parto j de la madre, edad al primer parto: efecto fijo de la edad al primer parto k , rebaño-año-estación: efecto aleatorio del rebaño por año y por estación l , u : efecto genético aditivo del animal m para PN o FP, e_{ijklm} : residuo del modelo.

La matriz de varianzas-covarianzas (G) utilizada fue la siguiente, donde A es la matriz de parentesco:

$$G = \sigma^2 \begin{bmatrix} u_{FP} \\ u_{PN} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{FP}^2 & \sigma_{u_{FP}, u_{PN}} \\ \sigma_{u_{FP}, u_{PN}} & \sigma_{PN}^2 \end{bmatrix} \otimes A$$

La evaluación y estimación genética de las variables se realizó utilizando dos modelos distintos, asumiendo una distribución normal o con un modelo umbral. Para el modelo normal (MN) se consideró que las dos variables se distribuyen de manera normal mientras que para el modelo umbral (MU) se consideró que la variable PN se distribuía de manera normal y que la variable FP se distribuía en 5 categorías.

Se asumió una distribución a priori plana para los parámetros del modelo, ambos modelos se resolvieron con metodología bayesiana utilizando el programa TM (Legarra et al., 2008). Se realizó una distribución marginal posterior de los resultados usando una cadena de 100.000 iteraciones, descartando las 30.000 primeras y reteniendo una de cada 100.

Evaluación genética con efectos maternos

La evaluación genética se realizó con los registros y la genealogía del caso anterior utilizando el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijklmn} = \mu + \text{sexo}_i + \text{número de parto}_j + \text{edad al primer parto}_k + \text{rebaño-año-estación}_l + u_n + p_m + \text{mat}_m + e_{ijklmn}$$

Dónde: Y: Carácter PN o FP, μ : media poblacional, sexo: efecto fijo sexo i , número de parto: efecto fijo del número de parto j de la madre, edad al primer parto: efecto fijo de la edad al primer parto k , rebaño-año-estación: efecto aleatorio del rebaño por año y por estación l , u : efecto genético aditivo del animal n para PN y FP, p : efecto ambiental permanente de la vaca m , mat : efecto genético materno de la vaca m para PN y FP, e_{ijklmn} : residuo del modelo.

La matriz de varianzas-covarianzas (G) utilizada fue la siguiente, donde A es la matriz de parentesco:

$$G = \sigma^2 \begin{bmatrix} u_{FP} \\ u_{PN} \\ u_{FPm} \\ u_{PNm} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{FP}^2 & \sigma_{u_{FP}, u_{PN}} & \sigma_{u_{FP}, u_{FPm}} & \sigma_{u_{FP}, u_{PNm}} \\ \sigma_{u_{FP}, u_{PN}} & \sigma_{PN}^2 & \sigma_{u_{PN}, u_{FPm}} & \sigma_{u_{PN}, u_{PNm}} \\ \sigma_{u_{FP}, u_{FPm}} & \sigma_{u_{PN}, u_{FPm}} & \sigma_{FPm}^2 & \sigma_{u_{FPm}, u_{PNm}} \\ \sigma_{u_{FP}, u_{PNm}} & \sigma_{u_{PN}, u_{PNm}} & \sigma_{u_{FPm}, u_{PNm}} & \sigma_{PNm}^2 \end{bmatrix} \otimes A$$

La evaluación y estimación genética de las variables se realizó mediante metodología bayesiana con el programa TM (Legarra et al., 2008). Para el modelo normal con efectos maternos (MNm) se consideró que las dos variables se distribuyen de manera normal mientras que para el modelo umbral con efectos maternos (MUm) se consideró que la variable PN se distribuía de manera normal y que la variable FP se distribuía en 5 categorías.

Resultados

Encuestas

Dado que para la realización de la encuesta se seleccionaron a los ganaderos que más información de sus rebaños aportaban al esquema de mejora, todos ellos anotaban la facilidad de parto (Tabla 1), diferenciando correctamente los cinco niveles de dificultad. Un 29% de los encuestados indicaban la existencia de mala posición del ternero en el momento del parto, siendo éste un dato que debería considerarse para mejorar la evaluación genética, al ser independiente del genotipo del ternero. En un 93% de las explotaciones se pesaban o se estimaba el peso del ternero al nacer mediante el uso de una cinta torácica, mientras que el 7% restante no recogían los pesos por la dificultad de manejo. En ningún caso se anotaba el peso del ternero en los partos que tenían lugar durante el pastoreo de los rebaños en puertos de montaña.

Un 36% de los ganaderos pesaba los terneros al destete, que se producía entre los 4 y

5 meses de edad. En el 93% de los casos los terneros recibían concentrado durante la lactación. El 28% de los ganaderos encuestados realizaban el cebo de los terneros hasta el sacrificio.

Los caracteres de mayor importancia para los productores fueron la facilidad de parto y el intervalo entre partos, seguidos de lejos por el crecimiento en engorde y el peso al destete de los terneros. Otros caracteres como el PN, el peso adulto de las vacas, el rendimiento de la canal en matadero, la grasa intramuscular y la terneza de la carne apenas fueron considerados. La edad media al primer parto de las vacas de todos los ganaderos estaba entre los dos años y medio y los tres años de vida.

La mayoría de partos en las ganaderías encuestadas fueron sin asistencia (76%) o asistidos sin dificultad (18%), mientras que solo un 6% de los partos presentaron complicaciones (categorías 3 a 5) (Tabla 2). Se detectó una gran variabilidad entre ganaderos en la valoración de la facilidad de parto: mientras en algunos casos todos los partos eran sin asistencia, otros tenían partos de categoría 5 (cesárea) sin casos de las categorías 3 ó 4, o alta incidencia de partos con asistencia veterinaria, sin requerir asistencia fuerte ni quirúrgica.

Análisis descriptivo de la facilidad de parto de la base de datos ARAPARDA

La incidencia de partos de los distintos niveles de dificultad recogidos en la base de datos fue de 70,3%, 24,9%, 3,1%, 0,8% y 0,9% para las

Tabla 1. Resultados de las encuestas
Table 1. Survey results

Ganadero	Anota facilidad parto	Anota mala posición	Pesa terneros nacimiento	Pesa terneros destete	Caracteres de interés ¹	Edad primer parto (meses)	Edad destete (meses)	Suplementa terneros	Ceba sus terneros
1	si	si	cinta	si	FP/IP	18	4	si	100%
2	si	no	cinta	no	FP	18	5	si	no
3	si	no	no	no	FP	24-35	3-4	si	no
4	si	no	cinta	no	FP/PD	36	5	si	no
5	si	no	cinta	no	IP/CE	24	6-7	si	100%
6	si	no	cinta	si	FP/IP	30-36	5	si	no
7	si	no	báscula	no	FP/IP	36	4	si	no
8	si	si	cinta	no	IP/PA	36	5	si	no
9	si	si	cinta	si	IP/FP	36	5-6	si	40%
10	si	no	cinta	no	FP/IP	30	3	si	100%
11	si	no	cinta	si	IP	30	5	si	no
12	si	no	cinta	no	–	36	3-4	si	no
13	si	si	báscula	si	FP/CE	30	4-5	no	no
14	si	no	cinta	no	FP/PD	24-30	4-5	si	no

¹ FP: facilidad de parto; IP: intervalo entre partos; CE: crecimiento en engorde; PD: peso al destete; PA: peso adulto de las vacas.

Tabla 2. Porcentaje de partos según la facilidad de parto en las 14 explotaciones encuestadas
Table 2. Calving percentage according to calving ease for the 14 surveyed farms

% de partos	Facilidad de parto ¹				
Ganadero	1	2	3	4	5
1	72	21	5	1	2
2	92	8	0	0	0
3	51	44	5	0	0
4	88	10	2	0	0
5	100	0	0	0	0
6	86	4	7	2	0
7	56	31	13	0	0
8	29	43	0	29	0
9	66	28	4	0	1
10	35	59	6	0	0
11	69	27	0	0	3
12	96	4	0	0	0
13	67	17	17	0	0
14	37	59	5	0	0
Total	76	18	4	1	1

¹ Sin ayuda: 1; Asistido sin dificultad: 2; Asistido con dificultad: 3; Con asistencia veterinaria: 4; Cesárea: 5.

categorías 1 a 5, respectivamente. El carácter facilidad de parto se vio influido por el número de parto, con mayor incidencia de partos con complicaciones (categorías 3 a 5) en las primíparas que en el resto (38 y 26%, respectivamente, test chi-cuadrado $P < 0,001$). Especialmente las dos categorías que requerían asistencia del veterinario (4 y 5) tuvieron una incidencia superior en las primíparas (Figura 1), con el consiguiente aumento de los costes, mientras que a partir del quinto parto los partos que requerían la presencia del veterinario derivaron con mayor frecuencia en cesárea.

El número de partos registrados de vacas primíparas fue de 25, 178, 285, y 427 para las categorías de edad al primer parto <2 , 2-2,5, 2,5-3, >3 , respectivamente, con una edad media al primer parto de 2,9 años. La edad a la que se producía el primer parto afectó significativamente al carácter facilidad de parto (test chi-cuadrado $P < 0,001$). Las vacas que parían por primera vez antes de los dos años tenían una menor incidencia de partos de categoría 1 y un 12% de los partos que requerían la presencia del veterinario (categorías 4 y 5) (Figura 2). Aun así, debido al reducido número de animales de menos de dos años, no se pueden detectar diferencias estadísticas entre ese grupo de animales y el resto para el ratio entre partos sin complicaciones (categorías 1 y 2) y con complicaciones (categorías 3 a 5). Solo cuando se agrupan las vacas con partos tempranos en una única categoría de menos de 2,5 años se puede decir que éstas tienen un peor ratio de partos sin complicaciones/con complicaciones que las de más de 3 años ($P < 0,05$).

El estudio del año de parto evidenció una reducción en la frecuencia de partos con complicaciones (categorías 3 a 5) desde el 10,40% en 2003 hasta el 2,85% en 2012. Los partos se agruparon principalmente en primavera y otoño, siendo marzo y abril los meses con más partos (15,8% y 12,7%, respectivamente). Durante el pastoreo estival en los puertos de montaña el porcentaje de partos con algún tipo de asistencia (categorías 2 a 5) se redujo por la dificultad de acceso y manejo. En los meses de primavera, con más partos y más fácil acceso a las vacas, la incidencia de partos con asistencia leve aumentó.

El PN de los machos ($46,70 \pm 0,43$ kg) fue superior al de las hembras ($42,13 \pm 0,62$ kg) ($P < 0,001$). Entre las categorías 1 a 3 el PN aumentó con la dificultad en ambos sexos, mientras que se redujo en la categoría 4 (Tabla 3). La comparación de los pesos entre las categorías 3 y 5 indicó que en machos el valor era superior en la categoría 5, pero en hembras no hubo diferencias significativas.

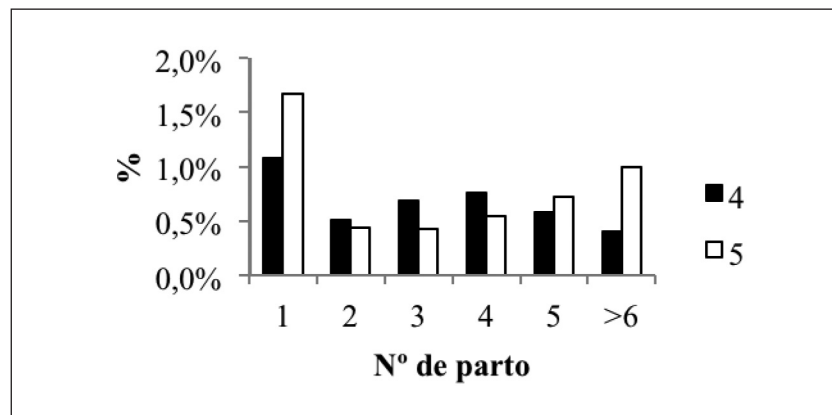


Figura 1. Distribución de partos tipo 4 (asistencia veterinaria) y 5 (cesárea) en función del número de parto de la madre.

Figure 1. Percentage of calvings type 4 (Veterinary assistance) and type 5 (Caesarean section) in function of number of calving.

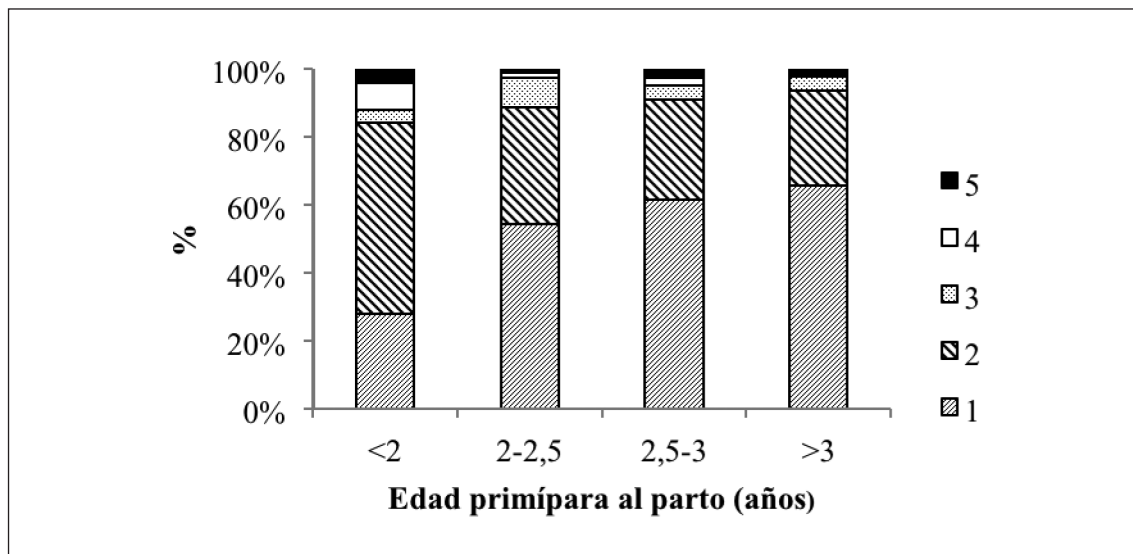


Figura 2. Porcentaje de partos distribuidos por la dificultad según la edad al parto¹ de las primíparas.

¹ Sin ayuda: 1; Asistido sin dificultad: 2; Asistido con dificultad: 3;

Con asistencia veterinaria: 4; Cesárea: 5.

Figure 2. Percentage of births distributed by difficulty according to the age at first calving.

Tabla 3. Peso al nacimiento según la facilidad de parto y el sexo del ternero
 Table 3. Birth weight by calving ease and calf sex

Facilidad de parto ¹	Peso al nacimiento (ee ²) (kg)	
	Hembra	Macho
1	40,8 (0,12) c	43,4 (0,14) e
2	41,5 (0,24) b	44,4 (0,20) d
3	47,4 (0,80) a	49,5 (0,54) b
4	39,5 (1,17) bc	46,4 (1,28) cd
5	47,4 (2,00) a	51,9 (0,90) a

¹ Sin ayuda: 1; Asistido sin dificultad: 2; Asistido con dificultad: 3; Con asistencia veterinaria: 4; Cesárea: 5.

² Error estándar.

Medias con letras diferentes dentro de la misma columna son estadísticamente diferentes ($P < 0,05$).

En los datos procedentes de la Finca Experimental "La Garcipollera", donde además de la facilidad se registra la posición del ternero, se observó un 1,5% de los partos con una posición fetal anormal. Aunque no se puede detectar una asociación estadísticamente significativa entre la mala posición y la facilidad de parto, las frecuencias de partos con posi-

ción fetal incorrecta fueron de 9, 13, 5 y 9% en las categorías 2, 3, 4 y 5, respectivamente.

Parámetros genéticos directos y maternos

La h^2 del carácter PN fue similar en los dos modelos, 0,63 en el modelo normal y 0,65 en el modelo umbral, mientras que en el carácter facilidad de parto hubo diferencias más grandes (0,45-0,68), siendo la h^2 del modelo umbral mayor que la del modelo normal (Tabla 4). Las correlaciones de Spearman y Pearson entre las valoraciones genéticas obtenidas con el modelo umbral y el modelo normal fueron altas para la facilidad de parto (0,97 y 0,94, respectivamente) (Figura 3) y muy altas para PN (0,98 y 0,99, respectivamente).

Las heredabilidades del efecto genético materno (h^2_{mat}) para PN y para la facilidad de parto fueron elevadas, 0,29 y 0,27, respectivamente (Tabla 5). Los efectos genéticos directos de ambos caracteres estaban positivamente correlacionados, mientras que las correlaciones entre los efectos genéticos directos y los efectos genéticos maternos de los dos caracteres fueron negativas. La correlación de Spearman entre el valor genético directo del modelo normal y el valor genético directo tanto del modelo normal como del modelo umbral con efectos maternos para la facilidad de parto fue alta (0,97 y 0,94 respectivamente) (Figura 4 y 5).

Tabla 4. Varianza aditiva (σ^2_a), ambiental (σ^2_e) y heredabilidad (h^2) del carácter peso al nacimiento y facilidad de parto en el modelo normal y en el modelo umbral
 Table 4. Genetic variance (σ^2_a), environmental variance (σ^2_e) and heritability (h^2) or birth weight and calving ease for normal model and threshold model

Modelo	Carácter	σ^2_a (ee ¹)	σ^2_e (ee ¹)	h^2 (ee ¹)
Normal	Peso al nacimiento	22,11 (1,28)	8,84 (0,76)	0,63 (0,03)
	Facilidad de parto	0,20 (0,01)	0,02 (0,002)	0,45 (0,04)
Umbral	Peso al nacimiento	22,34 (1,23)	8,85 (0,77)	0,65 (0,03)
	Facilidad de parto	0,52 (0,05)	0,11 (0,01)	0,68 (0,05)

¹ Error estándar.

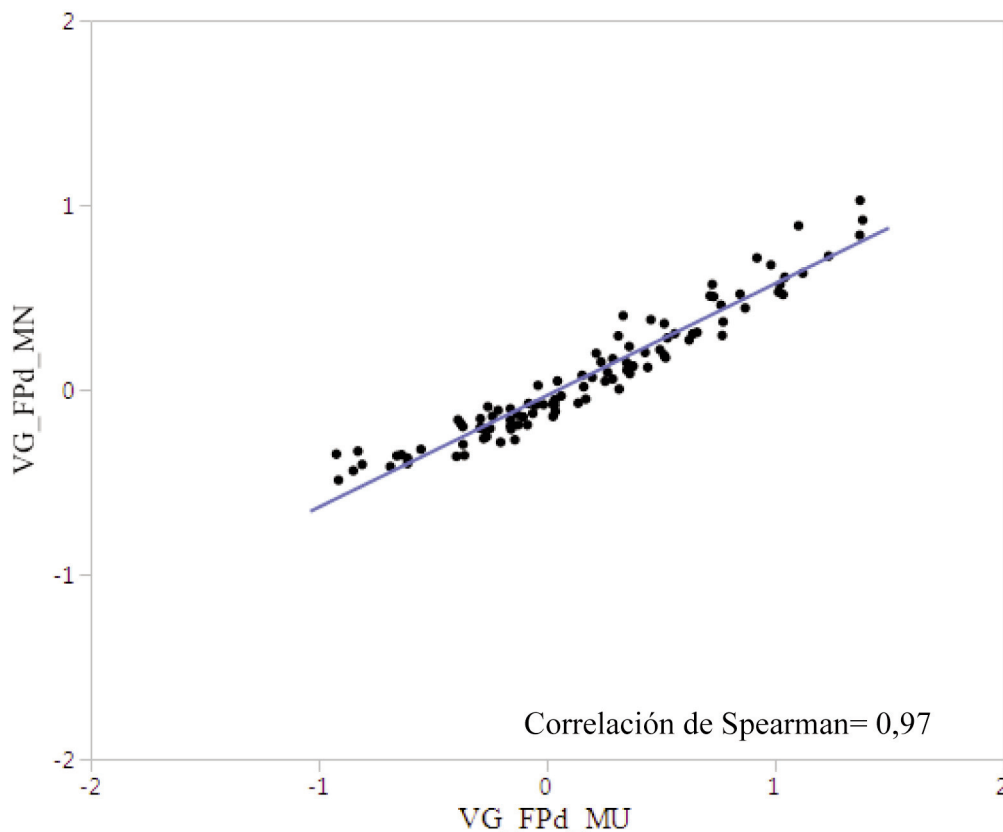


Figura 3. Correlación entre el valor genético directo para la facilidad de parto del modelo normal (VG_FPd_MN) y del modelo umbral (VG_FPd_MU).

Figure 3. Correlation of the direct genetic value for calving ease for normal model (VG_FPd_MN) and threshold model (VG_FPd_MU).

Discusión

En la actualidad, el número de datos sobre la facilidad de parto, uno de los caracteres de más interés para los ganaderos, es bajo, solo un 7,3% de los animales de ARAPARDA inscritos en el libro genealógico el año 2015 disponía de dato de facilidad de parto, y solo un 22% disponía de información sobre el padre.

La raza Parda de Montaña tiene una facilidad de parto (96,7% partos normales) y un PN (41,8 kg) medios, si se compara con otras razas de vacuno de carne habitualmente utilizadas

en España (Tabla 6). Como muestra la Tabla 7, existe una cierta confusión a la hora de definir y clasificar los partos en categorías, por un lado el ICAR propone las 5 categorías referidas en la introducción, mientras que en otros esquemas de mejora se definen 5 categorías distintas a las del ICAR (ARAPARDA; Kluyts et al., 2007), 4 (Gutiérrez et al., 2007) o incluso el ARCA (2015) y Guerrier y Leudet (2015) clasifican los partos en 3 categorías (partos normales sin intervención humana, partos difíciles con intervención y que finalizan con expulsión vaginal del feto, y partos por cesá-

Tabla 5. Estimaciones de la heredabilidad (en la diagonal) y de las correlaciones genéticas (encima de la diagonal) para el efecto directo (d) y materno (mat) del peso al nacimiento (PN) y la facilidad de parto (FP) para los modelos normal (MNM) y umbral (MUM)

Table 5. Estimates of heritability (on the diagonal) and genetic correlation (above diagonal) for direct and maternal birth weight and calving ease for normal model (MNM) and threshold model (MUM)

Modelo	Caracteres	PNd (ee ¹)	FPd (ee ¹)	PNmat (ee ¹)	FPmat (ee ¹)
MNM	PNd	0,50 (0,01)	0,11 (0,02)	-0,40 (0,06)	-0,07 (0,03)
	FPd		0,50 (0,04)	-0,17 (0,02)	-0,19 (0,01)
	PNmat			0,25 (0,02)	0,12 (0,02)
	FPmat				0,24 (0,02)
MUM	PNd	0,51 (0,01)	0,20 (0,02)	-0,83 (0,04)	-0,12 (0,05)
	FPd		0,58 (0,02)	-0,29 (0,06)	-0,28 (0,02)
	PNmat			0,29 (0,03)	0,19 (0,02)
	FPmat				0,27 (0,03)

¹ Error estándar.

Tabla 6. Comparación de los diferentes tipos de partos, peso al nacimiento, peso adulto y porcentaje de peso al nacimiento respecto al peso adulto de diferentes razas

Table 6. Comparison of different types of calving, birth weight, adult weight and the calf birth weight in relation to dam weight of different beef cattle breeds

Raza	Partos normales (%)	Partos difíciles (%)	Partos cesárea (%)	Peso nacimiento (kg)	Peso adulto vaca (kg)	Peso nacimiento respecto peso adulto (%)
Retinta	100	0	0	39,95	650	6,1
Avileña	100	0	0	39,25	500	7,8
Asturiana de los Valles	99,3	0,4	0,3	38,50	600	6,4
Salers	99,0	1,0	0	37,75	750	5,1
Pirenaica	98,1	1,7	0,2	40,60	525	7,7
Limusina	97,0	3,0	0	42,05	800	5,2
Parda de Montaña	96,7	2,8	0,5	41,80	650	6,4
Fleckvieh	96,0	4,0	0	40,50	800	5,1
Rubia Gallega	95,0	3,6	1,4	40,50	600	6,7
Blonda de Aquitania	94,0	4,0	2,0	47,60	1100	4,3
Charolesa	92,0	4,0	4,0	46,50	950	4,8

Fuente: ARCA (2015); Guerrier y Leudet (2015).

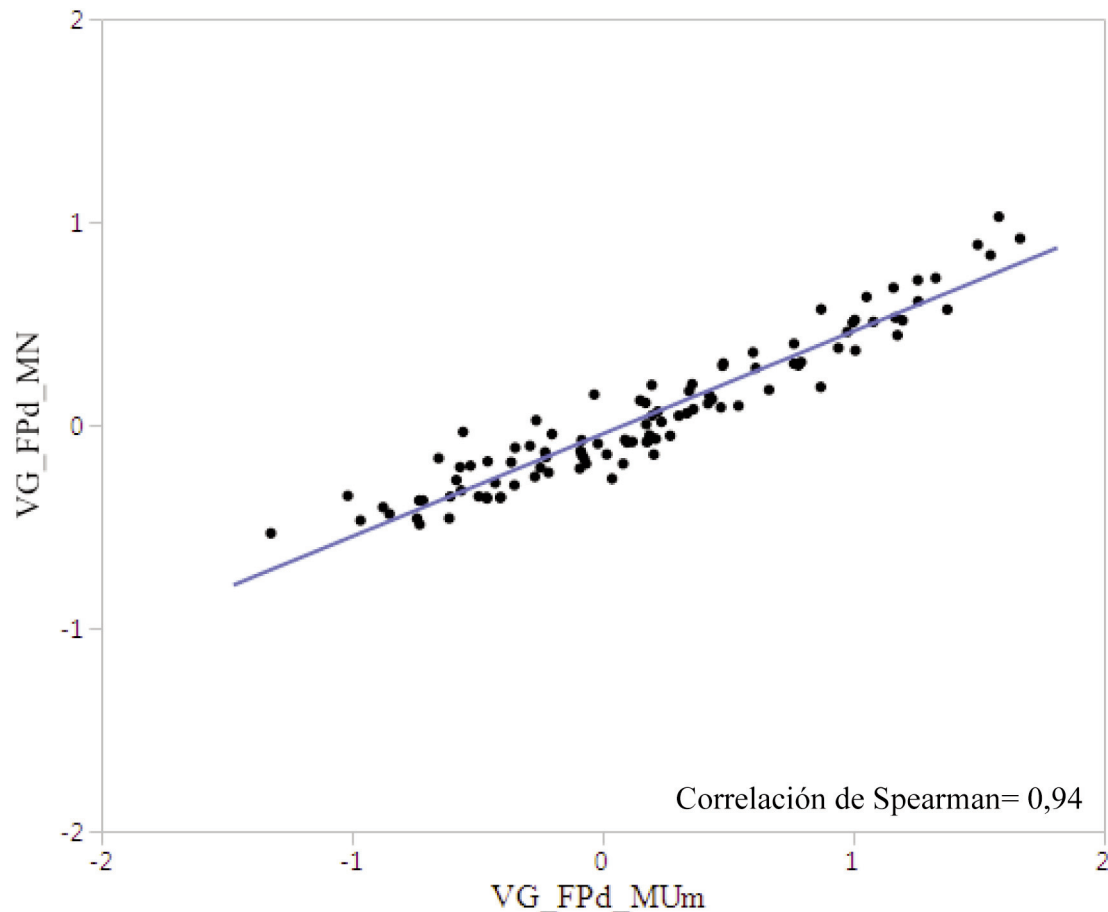


Figura 4. Correlación entre el valor genético directo del modelo normal (VG_FPd_MN) y el valor genético directo del modelo umbral con efectos maternos (VG_FPd_MUm) para la facilidad de parto.

Figure 4. Direct genetic correlation for normal model (VG_FPd_MN) and maternal threshold model (VG_FPd_MUm) for calving ease.

rea que requieren operación quirúrgica). Para poder comparar la incidencia de los diferentes tipos de partos de este estudio con los registros de partos del ARCA y de Guerrier y Leudet (2015) se asumieron partos por cesárea los partos de la categoría 5, como partos difíciles los partos de las categorías 3 y 4 y como partos fáciles los partos de las categorías 1 y 2, considerando que los partos de la categoría 2 no presentan complicaciones importantes y que en más de un 90% de los casos la vaca podría parir sin la intervención humana.

Si se analizan los valores medios de porcentajes de partos difíciles de las razas incluidas en la Tabla 6, se puede observar que la incidencia de partos difíciles aumenta con la media de PN (0,43% por cada kg de PN) pero no con el peso adulto, y las razas con menor ratio peso nacimiento/peso adulto presentaban más partos difíciles y por cesárea. Naazie y Makarechian (1990) afirman que la variable de mayor importancia en la facilidad de parto es el ratio peso nacimiento/peso adulto y que además, una abertura pélvica reducida tiende

Tabla 7. Clasificación de la facilidad de parto según diversos autores
 Table 7. Classification of calving ease according to different authors

Sistema	Codificación				
	1	2	3	4	5
ICAR	Fácil sin asistencia	Fácil con poca ayuda	Difícil con asistencia mecánica o asistencia de 2 o más personas	Cesárea	Embriotomía
Kluyts et al. (2007)	Sin dificultad	Tirar fácil	Tirar difícil	Cesárea	Presentación anormal
Guerrier y Leudet (2015)	Parto normal	Parto difícil	Cesárea		
ARCA	Parto normal	Parto difícil	Cesárea		
Gutiérrez et al. (2007)	Sin asistencia	Asistencia leve	Asistencia fuerte	Cesárea	
ARAPARDA	Sin ayuda	Asistido sin dificultad	Asistido con dificultad	Asistencia veterinaria	Cesárea

a causar un mayor número de partos difíciles. Los problemas de parto en las razas de gran tamaño pueden estar causados por una incompatibilidad feto-abertura pélvica (Gutiérrez et al., 2007), por lo que Cook et al. (1993) y Renand et al. (2010) defienden la selección a favor de la abertura pélvica. La abertura pélvica forma parte de los caracteres evaluados y publicados en las estaciones de testaje de Charolais, siendo la heredabilidad de este carácter del 30% en esta raza (Guerrier et al., 2012). Johanson et al. (2011) afirman que la precisión de la predicción de los valores genéticos de facilidad de parto mejora al incluir en el modelo el peso del ternero al nacimiento, ya que existe una elevada correlación genética entre éste y el porcentaje de partos distócicos (Gutiérrez et al., 2007). De hecho, la selección conjunta a favor de la facilidad de parto y en contra del PN, contemplada en el esquema de mejora de la raza Parda de Montaña (MAGRAMA, 2012), podría explicar la reducción de un 7% de los

partos difíciles entre los animales nacidos en 2003 y 2012. Una alternativa interesante a la selección conjunta podría ser la utilización de un modelo recursivo para la evaluación genética de la facilidad de parto que incluyera el PN como covariable, aunque el modelo multicarácter y el modelo recursivo son estadísticamente equivalentes los resultados de la inferencia podrían ser distintos (Varona et al., 2007). Los modelos recursivos permiten la estimación de los efectos genéticos de un carácter sin la influencia fenotípica de otros caracteres (Valente et al., 2013).

El análisis de las encuestas realizadas evidenció que los ganaderos diferenciaban las distintas categorías de facilidad de parto, pero también que existía una gran variabilidad entre rebaños. Esta variabilidad podría ser atribuida a diferencias genéticas entre rebaños, pero también puede ser debida a diferencias en la interpretación por parte de los ganaderos de las clases de facilidad en que se puede

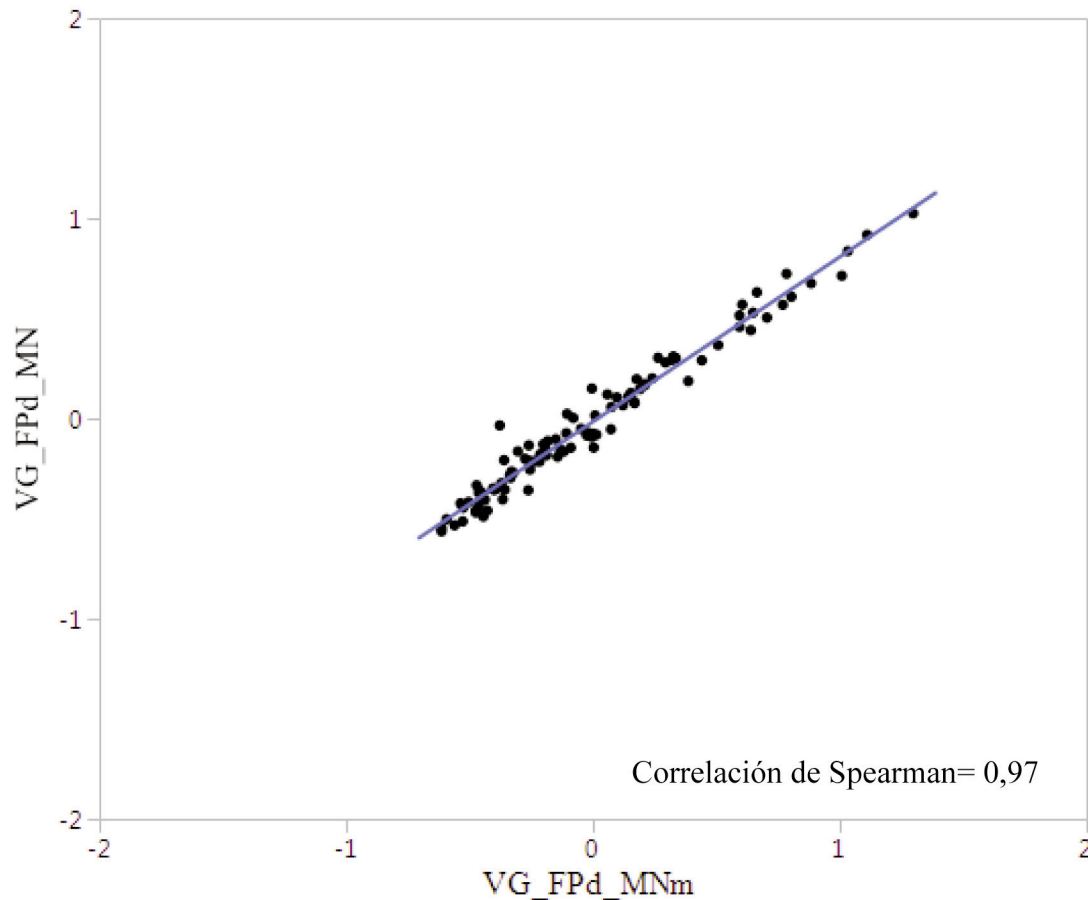


Figura 5. Correlación entre el valor genético directo del modelo normal (VG_FPd_MN) y el valor genético directo del modelo normal con efectos maternos (VG_FPd_MNm) para la facilidad de parto.

Figure 5. Direct genetic correlation for normal model (VG_FPd_MN) and maternal normal model (VG_FPd_MNm) for calving ease.

incluir un parto. La gran mayoría de los ganaderos no indicaba si el ternero estaba en una posición incorrecta en el momento del parto. Las diferencias de incidencia de terneros en mala posición en las diferentes clases de facilidad en la base de datos estudiada, pese a no ser estadísticamente significativas, indicarían que la posición fetal podría influir en la facilidad de parto, como demuestra el mayor porcentaje de partos con mala posición en las clases 3 y 5. Por tanto, los partos con

ternero en mala posición podrían enmascarar el valor genético del carácter facilidad de parto, por lo que para una correcta evaluación genética sería conveniente incluir la presentación anormal entre los datos que acompañan a la facilidad de parto.

La facilidad de parto fue uno de los caracteres considerados de mayor interés por los productores por su gran repercusión económica. En particular, los partos con complicaciones implican un aumento de costes tanto

directos (hasta 250 € por cesárea, valores superiores a los descritos por Kluyts *et al.*, 2007) como indirectos por la pérdida de rendimiento de la vaca, al asociarse a una menor vitalidad de los terneros (Barrier *et al.*, 2012) y a la prolongación del periodo anéstrico de las vacas (Sanz *et al.*, 2004).

Los ganaderos no diferencian en la práctica los partos tipo 1 (no asistidos) y 2 (asistidos) y probablemente muchos partos son asistidos igualmente aunque la vaca podría parir sola. Esto explica por qué durante el periodo en que las vacas están en el puerto aumenta el porcentaje de partos sin ayuda. En las condiciones de puerto, partos que hubieran sido asistidos en establo (clase 2) no lo son, y por tanto son registrados como clase 1. En cuanto a la distribución de los distintos niveles de facilidad de parto de la base de datos de ARAPARDA, la mayor frecuencia de partos distócicos en primíparas coincide con lo obtenido por Meijering (1984) y Rice (1994). El riesgo de distocias en partos a edades tempranas depende en gran medida del desarrollo corporal del animal con respecto a su peso adulto. Así, en primíparas de dos años de edad, Rodríguez-Sánchez *et al.* (2015) realizaron un ensayo con un lote de animales ligeros (PV al parto = 440 kg) y otro lote de animales pesados (PV al parto = 500 kg), y describieron un 80% de partos que requerían asistencia en el lote de animales ligeros mientras que el porcentaje de partos distócicos en el lote de animales pesados fue de un 16%, lo que atribuían a una desproporción de tamaño materno-fetal. Sería deseable la creación de una línea genética seleccionada por su facilidad de parto para utilizar en novillas, como sucede en el esquema de selección de la raza Charolesa (Herd Book Charolais, 2015) o en otras razas, especialmente si los primeros partos se producen en el entorno de los dos años de edad, por la mayor incidencia de cesáreas y partos difíciles, como indicaron Bene *et al.* (2013). Por el momento, la baja tasa de registros de la asociación ARAPARDA hace difícil obtener animales con suficiente fiabili-

dad como para crear líneas claramente definidas de sementales.

El PN más elevado fue el de la categoría 3 de dificultad de parto, de acuerdo con Gutiérrez *et al.* (2007), lo indicaría que en este caso la asistencia se relacionaría con el tamaño del ternero y a la abertura del canal pélvico, mientras que los partos de dificultad 4 y 5 dependerían más de la posición del ternero y/o de si son partos gemelares.

En cuanto a las componentes de varianza estimadas, se observó una mayor h^2 de la facilidad de parto con el modelo umbral. Numerosos autores (Hoeschele y Tier, 1995; Varona *et al.*, 1999; Phocas y Laloë, 2003; Veselá *et al.*, 2011) coinciden en que con el modelo umbral se produce una sobrestimación de la h^2 . La correlación entre las estimas genéticas para la facilidad de parto obtenidas en el modelo normal y el modelo umbral fue similar a las obtenidas por Lee *et al.* (2002) y Phocas y Laloë (2003). Estos autores afirman que el modelo umbral explica mejor la componente genética de un carácter que el modelo normal pudiendo mejorar los errores de predicción (Varona *et al.*, 1999), pero que éste como es el caso, es suficientemente bueno para una evaluación genética correcta.

Los valores obtenidos tanto para la h^2 como para la h^2_{mat} de la facilidad de parto fueron elevados en ambos modelos comparados con la gran variabilidad de resultados encontrados en la bibliografía, desde 0,04 (Jamrozik y Miller, 2014) hasta 0,41 (Bennett y Gregory, 2001) para la h^2 y desde 0,02 (Vostry *et al.*, 2015) hasta 0,23 (Bennett y Gregory, 2001) para la h^2_{mat} . Vanderick *et al.* (2014) también obtuvieron para las estimas de h^2 y h^2_{mat} de la facilidad de parto unos valores superiores en el modelo umbral que en el modelo normal.

La correlación positiva obtenida en los dos modelos entre los efectos genéticos directos de facilidad de parto y PN indica que un mayor PN está relacionado con un valor mayor

del carácter facilidad de parto, lo que se corresponde con mayor porcentaje de partos difíciles, tal como también observaron Jamrozik y Miller (2014). Las correlaciones genéticas negativas entre el valor directo y materno para la facilidad de parto coinciden con lo indicado por Mujibi y Crews (2009), y las observadas en PN están de acuerdo con lo obtenido por El-Saied et al. (2006). No obstante, como indicó Meyer (1992), los resultados de las estimas de las componentes de la varianza con efectos maternos deben tomarse con prudencia, ya que los efectos directos y maternos pueden estar confundidos. La baja correlación entre los valores genéticos directos estimados para la facilidad de parto en el modelo normal con o sin efectos maternos indica la necesidad de analizar con más detalle el carácter facilidad de parto.

Aunque a priori, con los efectos maternos se podría explicar mejor la realidad gracias a la parte de la variabilidad genética que se atribuye al efecto materno, si se utilizan genealogías con una pobre estructura y poco consistentes se deberían tomar con precaución los valores de las estimas. También sería de interés analizar las relaciones genéticas y ambientales de la facilidad de parto con otros caracteres, como el peso adulto o el diámetro pélvico, para decidir cuál de los dos modelos explica mejor la realidad y puede contribuir a un progreso genético superior.

Por otro lado, visto que los criterios de clasificación de la facilidad de parto no son homogéneos, para corregir la subjetividad entre ganaderos y mejorar la evaluación genética se podría plantear a futuro un modelo multiumbral como proponen Varona et al. (2009). La presencia de umbrales específicos para cada ganadero tendría en cuenta la parte de la variabilidad explicada por el efecto rebaño, por lo tanto este efecto fijo se debería eliminar en el modelo multiumbral.

Finalmente, teniendo en cuenta las propuestas sobre la codificación del carácter facilidad

de parto encontradas en la bibliografía (Tabla 7) se recomienda el uso de la codificación del ICAR anotando la mala presentación fuera de las clases. Aunque este cambio no contribuye a simplificar el método de registro y la embriotomía se puede considerar un caso particular, poco frecuente en la Parda de Montaña, es interesante hacer las modificaciones de acuerdo a estándares internacionales.

Conclusiones

La raza Parda de Montaña se sitúa en la media de facilidad de parto y de peso al nacimiento de las razas cárnicas más importantes presentes en España. Es muy importante conseguir una edad al primer parto superior a los dos años con un peso vivo adecuado para reducir la incidencia de partos distócicos. Por otro lado, para una mejora genética más rápida y eficaz sería recomendable promover el registro y envío de datos de las explotaciones a la asociación y tener en cuenta los partos distócicos originados por una mala posición del ternero a la hora de registrar los partos para, posteriormente, poder ser excluidos de las evaluaciones genéticas. Las altas correlaciones encontradas entre las estimas de la facilidad de parto procedentes del modelo normal y umbral indican que ambos son válidos para evaluar este carácter. En cambio el modelo normal con efectos maternos proporciona estimas diferentes que el modelo sin efectos maternos por lo que es necesario evaluar su uso en el programa de mejora de la raza Parda de Montaña.

Agradecimientos

El presente trabajo ha sido financiado por los proyectos INIA (RZP2009-005, RTA2010-057, RTA2013-059, RTA2014-00038). Los autores desean agradecer al personal de la granja ex-

perimental por su apoyo técnico y a los ganaderos que han colaborado en la recogida de la información.

Bibliografía

- ARCA (2015). Programa de Mejora Parda de Montaña. Disponible en <http://www.magrama.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/razas-ganaderas/> (27 octubre 2015).
- Barrier A, Dwyer A, Macrae I, Haskell MJ (2012). Survival, growth to weaning, and subsequent fertility of live-born dairy heifers after a difficult birth. *Journal of Dairy Science* 95 (11): 6750-6754.
- Bene S, Polgar JP, Szabo F (2013). Some effects on birth weight of calves and calving difficulty of cows. 2. The results of milking cattle in Hungary. *Magyar Allatvosok Lapja* 135: 390-399.
- Bennett GL, Gregory KE (2001). Genetic (co)variances for calving difficulty score in composite and parental populations of beef cattle: I. calving difficulty score, birth weight, weaning weight, and postweaning gain. *Journal of Animal Science* 79 (1): 45-51.
- Cervantes I, Gutiérrez JP, Fernández I, Goyache F (2010). Genetic relationships among calving ease, gestation length, and calf survival to weaning in the Asturiana de Los Valles beef cattle breed. *Journal of Animal Science* 88 (1): 96-101.
- Cook BR, Tess MW, Kress DD (1993). Effects of selection strategies using heifer pelvic area and sire birth weight expected progeny difference on dystocia in first-calf heifers. *Journal of Animal Science* 71 (3): 602-607.
- El-Saied UM, de la Fuente LF, Rodríguez R, San Primitivo F (2006). Genetic parameter estimates for birth and weaning weights, pre-weaning daily weight gain and three type traits for Charolais beef cattle in Spain. *Spanish Journal of Agricultural Research* 4 (2): 146-155.
- Guerrier J, Fouilloux MN, Brunet JL, Delpeuch A, Havy A, Venot E (2012). Ouverture pelvienne: des paramètres génétiques aux index de sélection en station. *Rencontre des Recherches sur les Ruminants* 19, 5-6 diciembre, París, Francia, pp. 85-88.
- Guerrier J, Leudet O (2015). Résultats contrôle des performances bovins allaitants. France – Campagne 2014, Institut de l'Élevage, Compte rendu n° 0015203017. Département GEP – Service Gestion et Sélection des Populations.
- Gutiérrez JP, Goyache F, Fernández I, Alvarez I, Royo LJ (2007). Genetic relationships among calving ease, calving interval, birth weight, and weaning weight in the Asturiana de Los Valles beef cattle breed. *Journal of Animal Science* 85 (1): 69-75.
- Herd Book Charolais (2015). Les Programmes de Sélection. Disponible en <http://charolaise.fr/la-selection/les-programmes-de-selection/> (11 enero 2016).
- Hoeschele I, Tier B (1995). Estimation of variance components of threshold characters by marginal posterior modes and means via Gibbs sampling. *Genetics Selection Evolution* 27 (6): 519-540.
- Holland MD, Speer NC, LeFever DG, Taylor RE, Field TG, Odde KG (1993). Factors contributing to dystocia due to fetal malpresentation in beef cattle. *Theriogenology* 39 (4): 899-908.
- ICAR (2014). International Committee for Animal Recording, Recording Guidelines. General Assembly held on May 2014, Berlin, Alemania.
- Jamrozik J, Miller SP (2014). Genetic evaluation of calving ease in Canadian Simmentals using birth weight and gestation length as correlated traits. *Livestock Science* 162: 42-49.
- Johanson JM, Berger PJ, Tsuruta S, Misztal I (2011). A Bayesian threshold-linear model evaluation of perinatal mortality, dystocia, birth weight, and gestation length in a Holstein herd. *Journal of Dairy Science* 94 (1): 450-460.
- Kluyts JF, Naser FW, Bradfield MJ (2007). Proposed economic selection indices for the Simmentaler breed in South Africa. *South African Journal of Animal Science* 37 (2): 122-131.
- Lee D, Misztal I, Bertrand JK, Rekaya R (2002). National evaluation for calving ease, gestation length and birth weight by linear and threshold model methodologies. *Journal of Applied Genetics* 43 (2): 209-216.

- Legarra A, Varona L, Lopez de Maturana E (2008). TM Threshold Model. Disponible en <http://snp.toulouse.inra.fr/~alegarra/> (22 noviembre 2015).
- MAGRAMA (2012). Programa de Mejora de la Raza Bovina Parda de Montaña. Disponible en <http://www.magrama.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/razas-ganaderas/razas/catalogo/autoctona-fomento/bovino/parda-montana.aspx> (15 enero 2016).
- Meijering A (1984). Dystocia and stillbirth in cattle – A review of causes, relations and implications. *Livestock Production Science* 11 (2): 143-177.
- Meyer K (1992). Variance components due to direct and maternal effects for growth traits of Australian beef cattle. *Livestock Production Science* 31 (4): 179-204.
- Mujibi FDN, Crews DH (2009). Genetic parameters for calving ease, gestation length, and birth weight in Charolais cattle. *Journal of Animal Science* 87 (9): 2759-2766.
- Naazie M, Makarechian M (1990). Factors influencing calving difficulty in beef heifers. *Journal of animal science* 67 (12): 3243-3249.
- Phocas F, Laloë D (2003). Evaluation models and genetic parameters for calving difficulty in beef cattle. *Journal of Animal Science* 81 (4): 933-938.
- Renand G, Vinet A, Krauss D, Saintilan R (2010). Relation entre l'ouverture pelvienne et l'aptitude génétique au vêlage en race bovine Charolaise. *Rencontre des Recherches sur les Ruminants* 17, 8-9 diciembre 2010, París, Francia, pp. 451-454.
- Rice L (1994). Dystocia-related risk factors. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice* 10 (1): 53-68.
- Rodríguez-Sánchez JA, Sanz A, Tamanini C, Casasús I (2015). Metabolic, endocrine, and reproductive responses of beef heifers submitted to different growth strategies during the lactation and rearing periods. *Journal of Animal Science* 93 (8): 3871-3885.
- Sanz A, Bernués A, Villalba D, Casasús I, Revilla R (2004). Influence of management and nutrition on postpartum interval in Brown Swiss and Pirenaica cows. *Livestock Production Science* 86 (3): 179-191.
- Valente BD, Rosa GJM, Gianola D, Wu XL, Weigel K (2013). Is structural equation modeling advantageous for the genetic improvement of multiple traits? *Genetics* 194 (3): 561-572.
- Vanderick S, Troch T, Gillon A, Glorieux G, Gengler N (2014). Genetic parameters for direct and maternal calving ease in wallon dairy cattle based on linear and threshold models. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 131 (6): 513-521.
- Varona L, Misztal I, Bertrand JK (1999). Threshold-linear versus linear-linear analysis of birth weight and calving ease using an animal model: II. Comparison of models. *Journal of Animal Science* 77 (8): 2003-2007.
- Varona L, Moreno C, Altarriba J (2009). A Model with heterogeneous thresholds for subjective traits: fat cover and conformation score in the Pirenaica beef cattle. *Journal of Animal Science* 87 (4): 1210-1217.
- Varona L, Sorensen D, Thompson R (2007). Analysis of litter size and average litter weight in pigs using a recursive model. *Genetics* 177 (3): 1791-1799.
- Veselá Z, Vostrý L, Šafus P (2011). Linear and linear-threshold model for genetic parameters for SEUROP carcass traits in Czech beef cattle. *Czech Journal of Animal Science* 56 (9): 414-425.
- Vostry L, Milerski M, Krupa E, Vesela Z, Vostra-Vydrova H (2015). Genetic relationships among calving ease, birth weight and perinatal calf survival in Charolais cattle. *Animal Science Papers and Reports* 33 (3): 233-242.
- Wulfhorst JD, Ahola JK, Kane SL, Keenan LD, Hill RA (2010). Factors affecting beef cattle producer perspectives on feed efficiency. *Journal of Animal Science* 88 (11): 3749-3758.

(Aceptado para publicación el 28 de julio de 2016)

Disposición a innovar y competitividad en la agroindustria extremeña

B. Corchuelo^{1,*} y F.J. Mesías²

¹ Facultad de CC. EE. y EE – Universidad de Extremadura. Avda. de Elvas, s/n – 06006 Badajoz

² Escuela de Ingenierías Agrarias – Universidad de Extremadura. Avda. Adolfo Suárez, s/n – 06007 Badajoz

Resumen

La agroindustria tiene una enorme importancia en la actividad económica española siendo especialmente relevante en el caso de algunas regiones, como Extremadura, en las que el peso del sector agrario y sus industrias asociadas son sustancialmente superiores a la media nacional. No obstante, la agroindustria extremeña padece problemas crónicos como la atomización, la falta de clústeres empresariales o la escasa actividad innovadora desarrollada.

Este trabajo analiza la innovación en la agroindustria extremeña. En primer lugar, se identifican las características de las empresas en general, y de las innovadoras en particular, y se analizan las principales barreras a la innovación percibidas. En segundo lugar, se realiza un estudio que identifica diferentes tipos de empresas en base a su disposición a innovar y la consideración de la innovación como elemento esencial de competitividad vinculando los perfiles obtenidos a acciones públicas demandadas por cada tipología de empresas.

Los datos proceden de una encuesta realizada en 2013 a una muestra de empresas del sector agroindustrial localizadas en la Comunidad Autónoma de Extremadura. Los resultados permiten determinar cuatro tipos de agroindustrias desde el punto de vista de sus políticas innovadoras y su grado de aversión al riesgo. En general, aunque con matices determinados por cada tipo de empresas, el aumento de la financiación pública a la innovación y un mayor asesoramiento personalizado sobre proyectos relacionados con la innovación son acciones públicas que se deberían proveer con el fin de incrementar la actividad innovadora de esta industria fundamental en el desarrollo regional.

Palabras clave: Innovación, agroindustria, políticas públicas de I+D, barreras a la innovación.

Abstract

Willingness to innovate and competitiveness in the Extremaduran agri-food industry

Agribusiness has a huge importance in the Spanish economy, and is particularly relevant in some regions such as Extremadura, where the importance of agriculture and its associated industries is substantially higher than the Spanish average. However, Extremaduran agri-food industries suffer chronic problems such as fragmentation, lack of business clusters or low levels of development of innovative activity.

This paper analyzes innovation in Extremaduran agribusinesses. Firstly we identify the characteristics of innovative and non-innovative companies and analyze the main perceived barriers to innovation. Secondly

* Autor para correspondencia: bcorchue@unex.es

<https://doi.org/10.12706/itea.2017.011>

a study is carried out to determine different types of firms based on their willingness to innovate and in their consideration of innovation as an essential element of competitiveness. We finally link the profiles obtained with public actions demanded by each type of business.

Data come from a survey carried out in 2013 on a sample of agri-food companies located in the region of Extremadura. The results allow identifying four types of agribusiness from the point of view of their innovative policies and their degree of risk aversion. In general, although with certain nuances for each type of firm, some public actions should be provided in order to increase the innovative activity of this fundamental industry in regional development are increased public funding for innovation and more personalized advice about innovation related projects.

Key words: Innovation, agribusiness, R&D public policies, barriers to innovation.

Introducción

La industria agroalimentaria ocupa un lugar de gran importancia en la industria manufacturera. Los datos procedentes de Food-DrinkEurope (2013) indican que representa el 14,6% de su facturación total, con un crecimiento del 3,1% respecto del año anterior. En el caso de España, esta industria ocupa el quinto puesto en valor de ventas tras Alemania, Francia, Italia y Reino Unido. El sector agroalimentario aporta el 7,8% del Producto Interior Bruto (PIB) nacional siendo uno de los principales motores de la economía española (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2014). El número de empresas de la industria alimentaria, de acuerdo a los datos del INE a 31 de diciembre de 2013 (Directorio Central de Empresas, DIRCE), fue de 28.372 (experimentando un descenso del 1,2% respecto del año anterior) de las que 10.314 pertenecen al Sector del Pan, Pastelería y Pastas Alimenticias (36,4%) seguidos de las Industrias Cárnicas y Vinos con 4.047 empresas cada uno (14,3%).

En la Comunidad Autónoma de Extremadura el sector agroalimentario supone el 1,91% de las empresas existentes, desempeñando, asimismo, un papel esencial en su desarrollo económico (Grupo Alba Internacional, 2014). Su importancia proviene de su naturaleza estratégica como proveedor de un producto esencial, su comportamiento anticíclico en

situaciones de crisis y su carácter de herramienta para abordar retos importantes de la actualidad que abarcan desde cambios en los hábitos y preferencias de los consumidores hasta cambios sociales y demográficos.

En su conjunto, el sector agroalimentario y forestal representan el 3,4% del Valor Añadido Bruto (VAB) de Extremadura y el 4% del empleo. El peso de la industria agroalimentaria supone más del 35% de la industria y el 3,96% del empleo, con 1200 empresas, la mayor parte de ellas de pequeño tamaño (Grupo Alba Internacional, 2014). Ello supone que Extremadura ocupe una de las primeras posiciones en el ranking de comunidades autónomas de importancia relativa en el sector industrial agroalimentario y la agricultura. El reducido tamaño condiciona su competitividad y limita sus posibilidades de acceso al mercado y al desarrollo de procesos de innovación.

El sector se caracteriza por una dualidad de tipologías. Conviven industrias de medianas dimensiones (principalmente, industrias cárnicas, industrias de conservas de vegetales y frutas, fabricación de aceites y grasas vegetales, y productos de alimentación animal) con un gran número de empresas dedicadas a panadería y repostería. Los subsectores más importantes son la industria cárnica, que representó el 27% de las ventas en 2010, seguido por la fabricación de productos de alimentación humana y la fabricación de bebidas.

También destaca dentro de la industria agroalimentaria la importancia del cooperativismo agroalimentario que influye en la fijación de la población rural y el desarrollo territorial. La mayor parte de las entidades asociativas agrarias (380 en total) son de índole local.

Respecto al comercio exterior, los productos agroalimentarios son líderes de la exportación en Extremadura, representando el 2,46% del total nacional (Ministerio de Economía y Competitividad, 2012). Los productos más exportados fueron las conservas de verduras o frutas (12,99%) y los zumos y frutas (17,68%).

Uno de los principales problemas de que adolece el sector agroalimentario es que no dispone de dimensión suficiente para afrontar iniciativas de transformación y comercialización directa ya que gran parte de las empresas son de reducido tamaño (el 86,7% son de empresas de menos de 10 empleados). Esto también condiciona sus posibilidades estratégicas y su competitividad, al limitar su potencialidad productiva y de innovación tecnológica. Una de las herramientas para corregir este desequilibrio pasa por conseguir un mayor nivel de integración asociativo agrario, favoreciendo los acuerdos de cooperación entre las empresas de los distintos niveles de la cadena de valor a fin de alcanzar economías de escala que permitan reducir los costes de producción y aumentar el valor añadido del producto final.

En este contexto, el conocimiento y la tecnología son fundamentales para el desarrollo del sector a través de la innovación y la incorporación de los resultados de la innovación que traerán consigo un incremento de la competitividad. No obstante, la inversión en I+D en Extremadura se sitúa en un 0,88% del PIB (2011) muy por debajo del 2,33% del PIB de la UE-27 y de la media española (1,33%). Por otro lado, el esfuerzo en I+D+I de las empresas está muy debajo de la media

nacional situándose en el penúltimo puesto en cuanto a tasa de compañías innovadoras (Grupo Alba Internacional, 2014). El gasto de las empresas extremeñas se situó en 2010 en el 0,17% del PIB muy distanciado del resto de Comunidades Autónomas españolas. Cerca del 90% del gasto en I+D se desarrolla a través de pequeñas y medianas empresas (pymes) que es el tamaño predominante en la región. Asimismo, Extremadura se encuentra muy retrasada en relación al resto de España en solicitudes de patentes (Grupo Alba Internacional, 2014).

Se hace necesario por ello lograr una mayor coordinación que permita generar economías de escala y aprovechar el interés del consumidor por la diferenciación de productos como oportunidades que se presentan en este sector en la Comunidad Autónoma. La diferenciación implica innovar, siendo la innovación uno de los principales retos para incrementar el valor añadido, mejorar la competitividad y favorecer la especialización basada en las capacidades existentes en el sector.

La tercera edición del Manual de Oslo (OCDE/Eurostat, 2005) define innovación como: "la implementación de un producto (bien o servicio) nuevo, un producto mejorado significativamente, un proceso nuevo, un método nuevo de marketing, o un proceso nuevo de organización en las prácticas de un negocio, en la organización del sitio de trabajo o en las relaciones externas". La innovación, por lo tanto, no se circunscribe solamente al producto o al proceso de fabricación que integran el concepto de innovación tecnológica, sino que abarca otros muchos aspectos que afectan a las empresas y a sus decisiones.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, este trabajo tiene como objetivo general realizar un diagnóstico de la actividad innovadora de las entidades agroindustriales extremeñas a fin de recomendar actuaciones públicas, especialmente regionales, de apoyo y estímulo

a la innovación. Este objetivo general se divide en dos objetivos específicos: por un lado, estudiar descriptivamente el sector agroindustrial y la actividad innovadora desarrollada, prestando una especial atención a las barreras que son percibidas por las empresas para desarrollar este tipo de actividad y diferenciando entre cooperativas y no cooperativas, y entre empresas innovadoras y no innovadoras. Se ha optado por estudiar las empresas cooperativas debido a la gran importancia social que tiene este tipo de empresas en el sector agroalimentario. Por otro lado, se pretende determinar diferentes tipologías de empresas agroindustriales de Extremadura desde el punto de vista de dos variables: la disposición a innovar y su percepción de la innovación como elemento de competitividad a fin de recomendar acciones públicas concretas que permitirían incrementar en algunos casos, o incentivar, en otros, la actividad innovadora en este sector. Este estudio es especialmente relevante ya que, aunque hay trabajos que han analizado la innovación en general a nivel regional (Buesa, 1998; Vázquez et al., 1999; Buesa et al., 2002; Badiola y Coto, 2012), o en determinadas regiones (EOI, 2001; Ruiz, 2005; López-Rodríguez et al., 2010; Corchuelo y Carvalho, 2013; Corchuelo y Mesías, 2015), son, por el contrario, escasos los trabajos a nivel nacional (Alarcón y Sánchez, 2012, 2014 a y b; Alarcón et al., 2014) o internacional (Capitanio et al., 2010; Baregheh et al., 2012) que se hayan centrado específicamente en el análisis de la innovación en el sector agroalimentario, siendo éste el primero que estudia este aspecto en Extremadura.

Material y métodos

Obtención de datos

Los datos que se analizan proceden de una encuesta realizada a una muestra de empresas extremeñas. El cuestionario fue diseñado

a partir de una adaptación de la Encuesta sobre Innovación Tecnológica (EIN) del INE y se estructuró en 5 bloques: Bloque I: Datos de caracterización de la entidad, Bloque II: Innovación desarrollada durante los últimos dos/tres años, Bloque III: Dificultades y barreras que impiden el desarrollo de la actividad en innovación, Bloque IV: Conocimiento de subvenciones y/o incentivos fiscales, Bloque V: Actuaciones y políticas demandadas.

La muestra seleccionada correspondiente a las empresas agroalimentarias está compuesta por 124 compañías localizadas en Extremadura (58 en la provincia de Badajoz y 66 en la provincia de Cáceres) lo cual representa un 10,2% del total de empresas agroalimentarias existentes en la región en ese año. La metodología de encuestación fue mediante entrevista personal telefónica asistida por ordenador (Sistema C.A.T.I.). La encuesta se llevó a cabo en junio de 2013 y la participación fue voluntaria, siendo una de las principales limitaciones de nuestro estudio. El 70,2% de las empresas disponían de menos de 10 trabajadores y el 24,2% entre 10 y 50 trabajadores por lo que predomina el tamaño pequeño (Tabla 1) lo que podría indicar un alto grado de atomización de la industria agroalimentaria.

En relación a la forma jurídica, la muestra analizada incluye 30 cooperativas, lo que representa un 10,3% de las cooperativas existentes en la región con datos del año 2012 (OSCAE, 2013). Un 63,3% de las cooperativas tienen menos de 10 trabajadores (el 86,7% menos de 50). De éstas, el 79% tienen 5 o menos trabajadores. En comparación, el 72,3% de las agroalimentarias no cooperativas tienen menos de 10 trabajadores (96,8% menos de 50) de las cuales un 68,6% tiene menos de 5 trabajadores. De forma que, relativamente, las cooperativas son de mayor tamaño encontrando un mayor porcentaje de empresas de más de 50 trabajadores (el 13,3% comparado con el 3,2% de las no cooperativas).

Tabla 1. Distribución de las empresas de la muestra según tamaño (%)
 Table 1. Distribution of firms in the sample according to firm size (%)

Número empleados	Muestra total		Provincia: Badajoz		Provincia: Cáceres	
	Total (%)	Innovadoras (%)	Total (%)	Innovadoras (%)	Total (%)	Innovadoras (%)
< 10	87 (70,2)	41 (64,1)	36 (62,1)	18 (62,1)	51 (77,3)	23 (65,7)
10-49	30 (24,2)	18 (28,1)	17 (29,3)	7 (24,1)	13 (19,7)	11 (31,4)
> 50	7 (5,6)	5 (7,8)	5 (8,6)	4 (13,8)	2 (3,0)	1 (2,9)
Total	124	64	58	29	66	35

Modelo Probit bivalente

Se ha utilizado un modelo probit bivalente para determinar diferentes tipologías de empresas agroalimentarias a fin de plantear recomendaciones de acciones públicas en relación al impulso de la actividad innovadora. Este modelo considera que la *disposición a innovar* y la *percepción de las empresas de la innovación como factor importante de competitividad* son variables aleatorias que pueden ser determinadas de forma separada, aunque permitiendo la existencia de correlación entre los términos aleatorios de las dos variables. El modelo es el siguiente:

$$Dispe = 1 \text{ si } Dispe^* = b_D X + e_s > 0,$$

$Dispe = 0$ en otro caso

$$Compe = 1 \text{ si } Compe^* = b_C X + e_t > 0$$

$Compe = 0$ en otro caso

donde *Dispe* y *Compe* son las variables dependientes. Ambas son variables binarias que se han elaborado de la forma siguiente: *Dispe* toma valor 1 si la disposición a innovar y asumir riesgos de la innovación elevada (valoración alta) y 0 en otro caso (valoración media o baja); *Compe* toma valor 1 si la entidad participante considera la innovación como herramienta de competitividad elevada (valoración alta) y 0 en otro caso (valoración media o baja).

Se supone que los términos aleatorios están distribuidos conjuntamente como una normal bivalente $BN(0,1,\rho)$. Este modelo permite generar cuatro tipologías mutuamente excluyentes de empresas: *Tipo 1: disposición a innovar elevada y consideración de la innovación como elemento clave de competitividad elevado* (1,1); *Tipo 2: disposición a innovar elevada y consideración de la innovación como elemento clave de competitividad baja* (1,0); *Tipo 3: disposición a innovar baja y consideración de la innovación como elemento clave de competitividad elevado* (0,1); y, *Tipo 4: disposición a innovar baja y consideración de la innovación como elemento clave de competitividad baja* (0,0), y, por lo tanto, cuatro conjuntos de probabilidades conjuntas. Se ha obtenido la media de los efectos marginales para cada observación, calculado para cada valor de x (*Average Marginal Effect- AME*), sobre la probabilidad conjunta.

Como variables independientes se han tenido en cuenta características de las empresas: variable binaria *dexpota*: (1: exportadora; 0: no exportadora), que refleja si la empresa es exportadora o no; variable binaria *microp*: (1: empresas con < 10 trabajadores; 0: otro caso), para tener en consideración el tamaño de la empresa; variable binaria *coop*: (1: cooperativa; 0: no cooperativa), a fin de diferenciar entre empresas cooperativas y no co-

operativas; una variable binaria que indica si la empresa ha realizado actividades de innovación en los últimos 2/3 años o no: *innov* (1: empresa innovadora; 0: no innovadora). Otras variables independientes también incluidas hacen referencia a distintos tipos de obstáculos a la innovación percibidos por las empresas: variable binaria *fininterna*: (1: valoración elevada obstáculo falta financiación interna; 0: otro caso) que valora la barrera falta de financiación interna; variable binaria *finexterna*: (1: valoración elevada obstáculo falta financiación externa; 0: otro caso) que valora el obstáculo falta de financiación externa; variable binaria *costes* (1: valoración elevada obstáculo costes elevados; 0: otro caso) que valora la barrera de costes elevados en la obtención de innovaciones; variable binaria *riesgo*: (1: valoración elevada obstáculo riesgo económico elevado; 0: otro caso) que valora el obstáculo de asunción de riesgos en la innovación y la variable binaria *aapp*: (1: valoración elevada obstáculo falta apoyo de las administraciones públicas; 0: otro caso) que considera como obstáculo la falta de apoyo público en la realización de actividades innovadoras. De acuerdo al estudio descriptivo previamente realizado, son las barreras percibidas como más importantes en general por las empresas. Los análisis han sido realizados con el programa econométrico STATA, v. 13.

Resultados

Perfil de la empresa agroalimentaria innovadora

De la muestra obtenida, 64 empresas declararon haber realizado actividades de innovación en los últimos 2/3 años, lo cual representa el 51,6% del total, repartidas de forma casi similar por provincias: 50% en la provincia de Badajoz y 53% en la provincia de Cáceres. Esto pone de manifiesto la importante actividad innovadora desarrollada por el sector. La Tabla 2 muestra la distribución de las empresas innovadoras de la muestra de acuerdo con su tamaño.

Diferenciando entre las empresas cooperativas y no cooperativas los resultados pueden mostrar una mayor tendencia innovadora en las cooperativas (53,3% sobre el total) frente al 51,6% sobre el total en el caso de las no cooperativas.

Solo el 10,5% del total de empresas declaran tener 10 o menos de 10 años desde su creación. De las empresas innovadoras las empresas jóvenes (con menos de 10 o menos años de antigüedad) suponen el 9,4%, lo que puede indicar una mayor madurez de las empresas innovadoras.

Tabla 2. Distribución de las empresas innovadoras de la muestra según tamaño
Table 2. Distribution of innovative firms in the sample according to firm size

Número empleados	Empresas agroalimentarias innovadoras		Cooperativas innovadoras		No cooperativas innovadoras	
	Número	% total	Número	% total	Número	% total
< 10	41	64,1	8	50	33	68,7
10-49	18	28,1	5	31,3	13	27,1
> 50	5	7,8	3	18,7	2	4,2
Total	64	100	16	100	48	100

El 83,8% de las empresas agroalimentarias no innovadoras tienen un volumen de facturación inferior a 1.000.000 de euros, lo que contrasta con las innovadoras, en las cuales el 42,4% reportan facturar de entre 1.000.000-6.000.000 euros.

Con respecto al comportamiento exportador, el 35% de las empresas declaran ser exportadoras (40% en la provincia de Cáceres y 29,3% en la provincia de Badajoz). Las empresas cooperativas son, comparativamente, más exportadoras (50% del total de cooperativas) en relación a las no cooperativas (30,1% del total de no cooperativas).

Asimismo, son más exportadoras las empresas innovadoras ya que el 46% indican que exportan (al igual que con los datos totales son más exportadoras las empresas innovadoras cacereñas: 56% que las pacenses: 34,4%).

En relación al tipo de innovación desarrollada por las empresas agroalimentarias innovadoras, se concentra principalmente en innovación de producto seguida de innovación de procesos (innovaciones tecnológicas) y en menor porcentaje en innovación comercial y organizativa (innovaciones no tecnológicas) (Figura 1). Según el tipo de empresas, las cooperativas indican no desarrollar ningún tipo de innovación organizativa y, comparativamente, las empresas no cooperativas desarrollan más innovación de proceso y de organización.

La innovación es realizada principalmente por la propia empresa (56,2% en las cooperativas y 73% en las no cooperativas) o por la empresa en colaboración con otras empresas (43,7% y 27%, respectivamente). No se indica que la innovación sea realizada a través de empresas externas. Tan solo el 37,5% de las cooperativas y el 34% de las no cooperativas

señalan que realizan innovación de forma frecuente. Es destacable que las cooperativas innovadoras dispongan en mayor medida de un departamento de I+D (el 31,3%) frente a las no cooperativas (tan solo el 12,8%).

Un aspecto importante analizado ha sido la percepción por parte de las empresas de las barreras a la innovación. En la Figura 2 se diferencia entre los obstáculos percibidos por las empresas agroalimentarias cooperativas y no cooperativas, distinguiendo, a su vez, entre innovadoras y no innovadoras¹.

Con relación a las empresas cooperativas se observa que las no innovadoras perciben, relativamente, la existencia de mayores obstáculos a la innovación en relación a las innovadoras. Tanto innovadoras como no innovadoras coinciden en dar una valoración elevada (la más alta para las innovadoras) a la *falta de apoyo por parte de las Administraciones Públicas*. Son, además, especialmente valoradas las barreras de tipo económico: *costes elevados* y *falta de financiación interna y externa*. Finalmente, difiere especialmente el hecho de que las no innovadoras perciben más como barrera la existencia de *riesgo económico elevado* que supone innovar.

En cuanto a las barreras percibidas por las no cooperativas (Figura 2), las valoraciones medias de las innovadoras y no innovadoras se aproximan más, si bien en general siguen siendo ligeramente más elevadas en el caso de las no innovadoras. De nuevo, la barrera más valorada es, tanto para innovadoras como no innovadoras, la *falta de apoyo de las Administraciones Públicas* seguidas de las barreras de tipo económico especialmente en el caso de las no innovadoras que también valoran más la existencia de *riesgo económico elevado* como barrera a la innovación.

1. Las valoraciones se realizan en una escala Likert 0-10 (0: poco importante; 10: muy importante), de las que se ha realizado la valoración media relativa en función al número de respuestas.

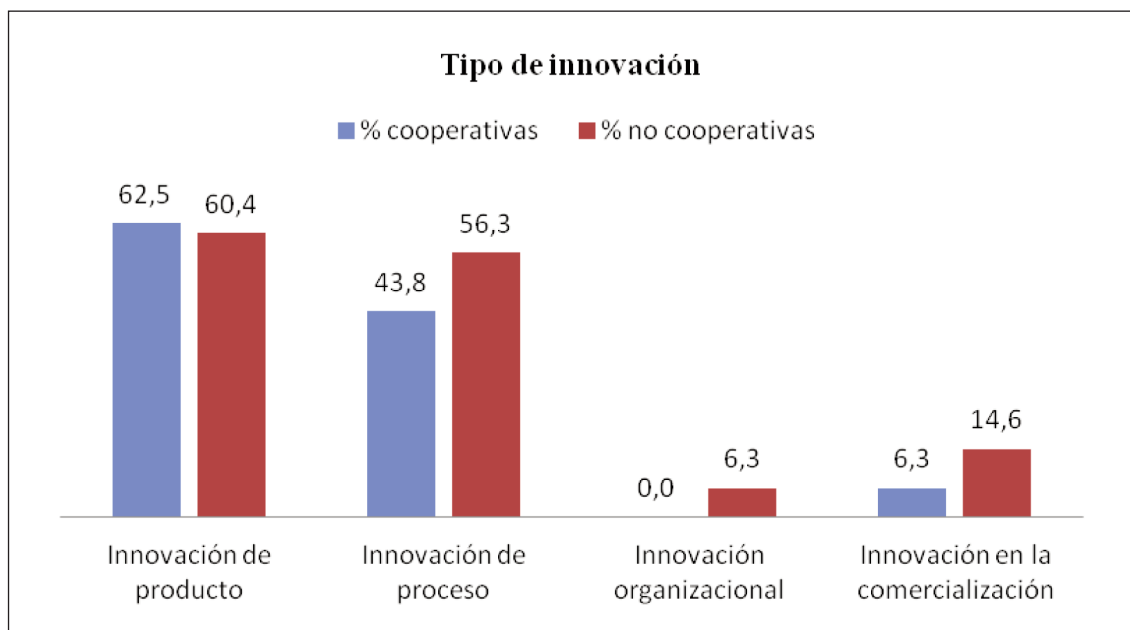


Figura 1. Tipo de innovación desarrollada por las industrias agroalimentarias extremeñas.
 Figure 1. Type of innovation developed by Extremaduran agri-food companies.

Disposición a innovar y asumir riesgos de la innovación

En la Tabla 3 se ofrece información sobre las variables *disposición a innovar y asumir riesgos de la innovación* y *consideración de la innovación como elemento esencial de competitividad* que son percibidas por las empresas. Se puede observar en primer lugar, que la disposición a innovar y asumir riesgos derivados de la innovación varía entre las empresas. Si bien un tercio aproximadamente de empresas cooperativas y no cooperativas muestra una alta disposición a innovar el resto expresan una disposición media o baja. En relación a la consideración de la innovación como factor de competitividad, los porcentajes varían siendo valorada como *alta* para casi la mitad de empresas cooperativas agroalimentarias y en mayor porcentaje como *media* por las empresas no cooperativas agroalimentarias.

Cuando se diferencia entre empresas innovadoras y no, y entre cooperativas y no cooperativas (Tabla 3), se aprecia que son las cooperativas no innovadoras las que muestran la más baja disposición a innovar (76,9%) observándose también una disposición elevada a innovar por parte de las empresas innovadoras (56,3%). En cuanto a la valoración de la innovación como factor de competitividad, un mayor porcentaje de empresas cooperativas (innovadoras y no) le dan valoración alta mientras que en el caso de las empresas no cooperativas predomina la valoración media.

Las diferencias detectadas en cuanto a disposición a innovar y competitividad llevan a hacer un estudio de ambas variables conjuntamente utilizando un modelo probit bivariante a fin de detectar diferentes tipologías de empresas agroalimentarias en relación a diversas variables que recogen tanto características de las empresas como, especialmente,

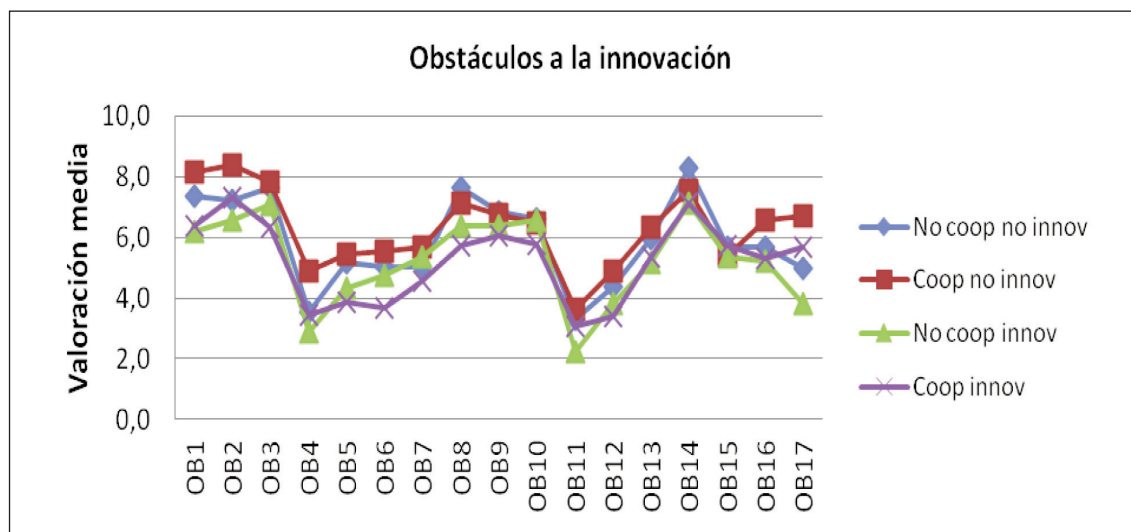


Figura 2. Obstáculos a la innovación percibidos por las empresas agroalimentarias.

Figure 2. Barriers to innovation perceived by the agri-food firms.

Notas: OB1: Falta de financiación interna; OB2: Falta de financiación externa; OB3: Costes elevados; OB4: Falta de personal cualificado; OB5: Falta de información sobre tecnología; OB6: Falta de información sobre mercados; OB7: Dificultad para encontrar cooperación; OB8: Riesgo económico elevado; OB9: Mercados dominados por empresas establecidas; OB10: Insuficiente flexibilidad de normas y reglamentos; OB11: Problemas de organización de la empresa; OB11: Dificultad para proteger las innovaciones; OB12: Dificultad de proteger las innovaciones; OB13: Riesgo de imitación elevado; OB14: Falta de apoyo de las administraciones públicas; OB15: Falta de demanda de innovación por los clientes; OB16: Ausencia de mediadores de la innovación; OB17: Las condiciones de mercado no implica la necesidad de innovación.

Tabla 3. Disposición a innovar y competitividad en las empresas agroalimentarias

Table 3. Willingness to innovation and competitiveness in agri-business

	Disposición a innovar			Competitividad		
	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja
Cooperativas						
Innovadoras	56,3	37,5	6,3	57,1	35,7	7,1
No innovadoras	15,4	7,7	76,9	45,0	27,0	27,0
Total	33,3	26,0	40,7	52,0	32,0	16,0
No cooperativas						
Innovadoras	50,0	18,4	31,6	42,4	48,5	9,1
No innovadoras	14,6	22,0	63,4	34,3	40,0	25,7
Total	31,6	20,3	48,1	38,3	44,1	17,6

la percepción de los principales obstáculos a la innovación detectados. Al estimar el modelo probit bivalente se obtiene una baja, pero positiva y significativa correlación entre los residuos de las dos ecuaciones que sugiere que algunas variables comunes no observadas afectan a ambas decisiones en la misma dirección.

La Tabla 4 muestra la media de los efectos marginales para cada una de las probabilidades conjuntas.

Asimismo, se relaciona a las diferentes empresas de acuerdo las acciones públicas demandadas, con la finalidad de plantear políticas públicas de apoyo a la innovación según las diferentes tipologías detectadas. La Figura 3 muestra las medias de las acciones demandadas obtenidas del cuestionario de acuerdo a los diferentes tipos de empresas.

El comentario de los resultados contenidos en la Tabla 4 y la Figura 3 permite caracterizar a las empresas y analizar acciones públicas que permitirán incentivar la actividad innovadora de acuerdo a los perfiles analizados.

Las empresas se han caracterizado de acuerdo a los siguientes perfiles:

Tipo 1: Disposición a innovar elevada y consideración de la innovación como elemento clave de competitividad elevada.

Dentro de este perfil se encontrarían las empresas que ven la importancia de innovar por el efecto que puede tener sobre los resultados de la empresa y su posicionamiento en los mercados (estrategias de diferenciación). El mayor aliciente que tienen estas empresas para adoptar o introducir innovaciones de cualquier tipo son los beneficios adicionales que pueden obtener al diferenciarse de sus competidores o adelantarse a ellos, creándose así una reputación que redundará en un incremento de las ventas.

Para este tipo de empresas, se observa en los resultados obtenidos en la columna 2 de la

Tabla 4 que disminuye en un 10% la probabilidad conjunta el disponer de un tamaño pequeño (microempresas de menos de 10 trabajadores) mientras que se incrementa la probabilidad en un 14% el ser una empresa innovadora. La existencia de restricciones financieras (falta de financiación interna) disminuye un 10% la probabilidad mientras que la valoración del riesgo económico la incrementa en un 16% (son las empresas que esperan recibir mayores beneficios derivados de la innovación). En consecuencia, el perfil de estas empresas es el de empresas agroalimentarias con un determinado tamaño (superior a 10 trabajadores), innovadoras, sin restricciones de financiación y que se enfrentan a situaciones de riesgo económico.

Al analizar las acciones públicas (Figura 3) se observa que para este tipo de empresas las acciones públicas más demandadas son un mayor asesoramiento personalizado (75%) y más ayudas públicas a la innovación (70%).

Tipo 2: Disposición a innovar elevada y consideración de la innovación como elemento clave de competitividad baja.

Dentro de este perfil se encuentran las empresas que ven la importancia de innovar independientemente de la influencia que ésta tenga sobre los resultados de la empresa si bien ven la importancia de innovar en la reducción de costes de producción o de prestación de bienes y servicios.

Los resultados muestran (columna 3, Tabla 4) que no influyen las características generales de las empresas (tamaño, ser exportadoras o ser cooperativas) si bien sí influye de forma positiva en la probabilidad conjunta ser una empresa innovadora. Disminuye la probabilidad en un 7% el obstáculo determinado por una falta de apoyo de las administraciones públicas. Son empresas con potencial innovador que hay que incentivar aumentando la confianza en el apoyo de las administraciones públicas.

Tabla 4. Disposición a innovar y competitividad: resultados del modelo probit
 Table 4. Willingness to innovate and competitiveness: results from probit model

Variables	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
	Media de efectos marginales	Media de efectos marginales	Media de efectos marginales	Media de efectos marginales
	(error estándar)	(error estándar)	(error estándar)	(error estándar)
dexport ¹	0,08 (0,06)	0,02 (0,04)	0,03 (0,05)	-0,13 (0,09)
microp ²	-0,10* (0,06)	-0,00 (0,04)	-0,06 (0,05)	0,16* (0,09)
coop ³	0,04 (0,07)	-0,04 (0,04)	0,09* (0,05)	-0,08 (0,09)
innov ⁴	0,14** (0,05)	0,15** (0,05)	-0,10* (0,05)	-0,19* (0,08)
fininterna ⁵	-0,10* (0,06)	-0,01 (0,06)	-0,09 (0,07)	0,18* (0,09)
finexterna ⁶	0,07 (0,06)	0,03 (0,06)	0,01 (0,07)	-0,11 (0,09)
costes ⁷	-0,01 (0,05)	0,02 (0,05)	-0,03 (0,06)	0,01 (0,08)
riesgos ⁸	0,16* (0,06)	0,08 (0,06)	0,01 (0,06)	-0,25** (0,08)
aapp ⁹	0,05 (0,05)	-0,07* (0,05)	0,12** (0,06)	-0,11 (0,08)
Número empresas	20	14	19	70

Notas: Cada columna muestra la media del efecto marginal estimado de las covariables en cada probabilidad conjunta. Log pseudolikelihood = - 126,79; Wald $\chi^2(18) = 39,73$; $\rho = 0.60$ (s.e. = 0,188).

* para $P < 0,05$, ** para $P < 0,01$ y *** para $P < 0,001$.

¹: (1:exportadora; 0: no exportadora); ² (1:empresas con < 10 trabajadores; 0: otro caso); ³ (1:cooperativa; 0: no cooperativa); ⁴ (1: empresa innovadora; 0: no innovadora); ⁵ (1: valoración elevada obstáculo falta financiación interna; 0: otro caso); ⁶ (1: valoración elevada obstáculo falta financiación externa; 0: otro caso); ⁷ (1: valoración elevada obstáculo costes elevados; 0: otro caso); ⁸ (1: valoración elevada obstáculo riesgo económico elevado; 0: otro caso); ⁹ (1: valoración elevada obstáculo falta apoyo de las administraciones públicas; 0: otro caso).

Las acciones públicas más demandadas por este tipo de empresas son, al igual que en el caso anterior (Figura 3), un mayor asesoramiento personalizado (64,3%) y más ayudas públicas a la innovación (57,1%).

Tipo 3. Disposición a innovar baja y consideración de la innovación como elemento clave de competitividad elevada.

Se encuentran las empresas que consideran la importancia de la innovación en el posicionamiento y los resultados de la empresa pero que se ven afectadas por diversos obstáculos o barreras que impiden el realizar este tipo de actividades por lo que presentan una menor disposición a innovar.

Los resultados muestran (columna 4, Tabla 4) que influye con probabilidad positiva (9%) el ser cooperativas y disminuye en un 10% el ser innovadora. Como factor de obstáculo influye, al igual que en el tipo anterior, la percepción de disponer de una falta de apoyo por parte las administraciones públicas. Todas las empresas de este tipo demandan más subvenciones y ayudas públicas a la innovación que incrementarían la disposición a innovar de estas empresas.

Tipo 4. Disposición a innovar baja y consideración de la innovación como elemento clave de competitividad baja.

Dentro de este perfil se encontrarán las empresas a las que no interesa innovar. El perfil se corresponde a empresas pequeñas (microempresas) y no innovadoras. Incrementa en un 18% la probabilidad de no innovar la barrera de tener falta de financiación interna (tienen falta de recursos financieros) y disminuye la probabilidad de no innovar la percepción de riesgo económico elevado en el mercado. Son empresas de carácter más tradicional y que operan en mercados pequeños por lo que no tienen interés para innovar.

El 89,2% de las empresas de este tipo demandan más subvenciones y ayudas públicas a la

innovación que incrementarían la disposición a innovar de estas empresas. Asimismo, en menor medida, asesoramiento personalizado y beneficios fiscales (Figura 3). La Tabla 5 resume los tipos de empresas y las acciones públicas demandadas.

Discusión

El sector agroalimentario tiene un peso importante en la economía extremeña y desempeña un papel esencial en su desarrollo económico. En este sentido, el conocimiento y la tecnología son elementos fundamentales para el desarrollo del sector a través de la innovación y la incorporación de los resultados de la innovación en el resultado de un incremento de la competitividad. En este sentido, el presente trabajo aporta evidencia sobre una temática en la cual no existe ningún estudio previo, siendo los resultados obtenidos extremadamente interesantes desde el punto de vista de la política regional.

La realización de un estudio descriptivo a partir de los datos proporcionados por un cuestionario *ad hoc* ha permitido extraer una serie de características útiles sobre el perfil de este tipo de empresas en general y de las empresas agroalimentarias innovadoras en particular. Así, y en relación a las características generales de las empresas agroalimentarias en base a la muestra disponible, las empresas cooperativas tienen un mayor tamaño, son más exportadoras y relativamente más innovadoras en relación a las empresas agroalimentarias no innovadoras.

En segundo lugar, se detecta una importante actividad innovadora en general si bien tan solo un tercio de las empresas agroalimentarias innovadoras indican desarrollar estas actividades de forma permanente. Las empresas innovadoras son empresas maduras, presentan un mayor volumen de facturación y son

Tabla 5. Características y acciones demandadas por los distintos tipos de empresas
 Table 5. Characteristics and actions requested by the different types of firms

Tipo 1: Disposición a innovar y competitividad elevadas Características: • >10 trabajadores • Innovadoras • Sin restricciones financieras • Asumen riesgos Acciones demandadas: • Asesoramiento personalizado • Ayudas financieras públicas	Tipo 2: Disposición a innovar (reducción de costes) Características: • Innovadoras • Falta de apoyo de las administraciones públicas Acciones demandadas: • Asesoramiento personalizado • Ayudas financieras públicas
Tipo 3: Competitividad Características: • No innovadoras • Falta de apoyo de las administraciones públicas Acciones demandadas: • Ayudas financieras públicas	Tipo 4: Disposición a innovar y competitividad bajas Características: • <10 trabajadores • No innovadoras • Restricciones financieras • No asumen riesgos Acciones demandadas: • Ayudas financieras públicas

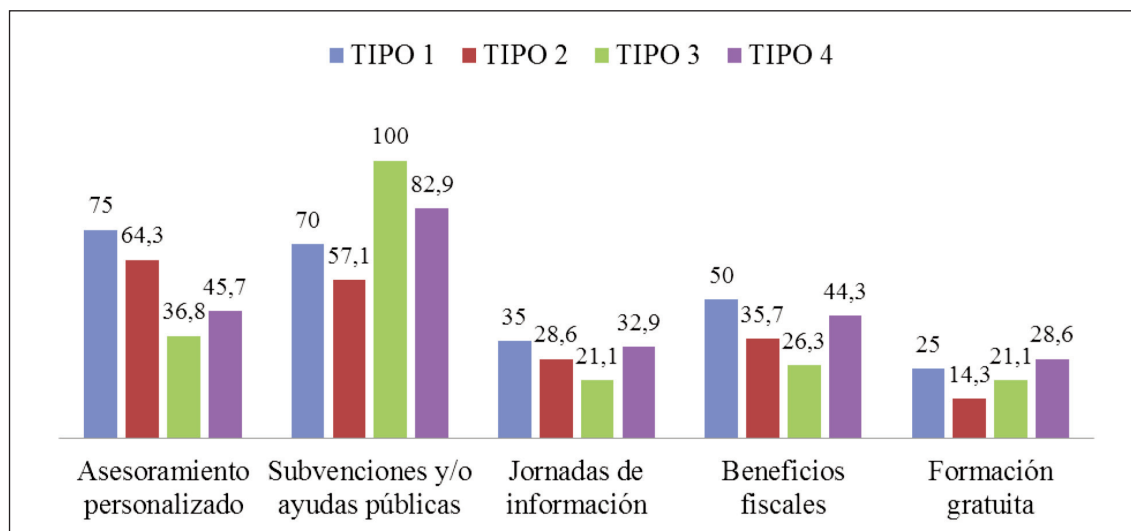


Figura 3. Acciones públicas demandadas por las empresas según su perfil.
 Figure 3. Public actions requested by companies according to their profile.

más exportadoras que las no innovadoras. La innovación se lleva a cabo principalmente en la empresa siendo más desarrolladas las innovaciones de carácter tecnológico (de producto y proceso), un aspecto que se encuentra en consonancia con lo reflejado por otros autores tanto para el ámbito nacional (Alarcón y Sánchez, 2014a), como internacional (Capitanio et al., 2010; Baregheh et al., 2012).

En tercer lugar, en relación a la existencia de obstáculos diversos a la innovación, éstos son percibidos en mayor medida por las empresas no innovadoras (cooperativas y no cooperativas). Sobre todo, las barreras son más valoradas por las empresas cooperativas no innovadoras. No obstante, si bien se detectan diferencias, coinciden las empresas en general en destacar la falta de apoyo de las administraciones públicas y las barreras de tipo económico así como el elevado riesgo que supone innovar como principales barreras a la innovación.

Si bien no existen estudios que hayan analizado la percepción de las barreras a la innovación en el sector de agroalimentarias, el estudio de Segarra y Teruel (2010) para las empresas españolas concluye que son las empresas innovadoras las que las perciben más (especialmente en las relacionadas con el coste de los proyectos y el acceso al conocimiento). Los resultados obtenidos en nuestro caso revelan que la existencia de barreras en el caso de las empresas agroalimentarias extremeñas son *desincentivadoras* de la innovación. En relación a los resultados obtenidos, otro estudio a nivel nacional (Hernández y González de la Fe, 2013) muestra también que la falta de apoyo de las administraciones públicas es uno de los principales obstáculos a la innovación.

Aunque la actividad innovadora en el sector agroalimentario es importante, se detecta una baja disposición a innovar entre las empresas no innovadoras, un hecho que podría estar justificado por la percepción de las ba-

rreras a la innovación. Las empresas innovadoras presentan, por el contrario, una mayor disposición a innovar y, además, tienen consciencia de la importancia de la innovación como elemento clave de incremento de la competitividad.

Las empresas asocian la baja disposición a innovar a la falta de fondos propios y a la falta de apoyo de las administraciones públicas fundamentalmente. El aumento de subvenciones y ayudas públicas podrían contribuir al incremento de la disposición a innovar por parte de las empresas que no innovan y que presentan una baja disposición a innovar, tal y como se ha apreciado en otros estudios multisectoriales (Busom et al., 2014; Corchuelo y Mesías, 2015).

Asimismo, la existencia de mayores subvenciones y ayudas públicas también incrementarían la disposición a innovar de las empresas dispuestas a ello. No obstante, la demanda de este tipo de empresas se centra más en la existencia de asesoría personalizada que les ayude a orientar y rentabilizar mejor su actividad innovadora.

Conclusiones

Este estudio extrae una tipología de las empresas agroalimentarias extremeñas en función de la percepción que tienen sobre su disposición a innovar y el aumento de competitividad que reporta, en base a la cual se han analizado las políticas que son demandadas por cada tipo de empresa. De los resultados obtenidos se puede concluir que es posible incrementar la actividad innovadora reduciendo el carácter desincentivador de las barreras, lo cual supondría un importante efecto positivo en la economía regional debido al peso que representa el sector agroalimentario.

Se presentan, además, unas recomendaciones generales que irían orientadas principal-

mente al aumento de la visibilidad que tiene el gobierno regional en su papel de incentivador de la innovación a través del desarrollo de medidas concretas que incrementen la percepción de las ayudas públicas a la innovación y fomenten el asesoramiento a las empresas contribuyendo así a la mejora de la cultura innovadora en este sector en particular, y las empresas de la Comunidad Autónoma de Extremadura.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido posible gracias a la financiación proporcionada por la Junta de Extremadura, Consejería de Economía, Industria y Hacienda, a través del proyecto de investigación IB10013 "Barreras a la innovación y políticas públicas adaptadas a las necesidades de las empresas extremeñas".

Bibliografía

- Alarcón S, Sánchez M (2012). External and internal R&D, capital investment and business performance in the Spanish agri-food industry. *Journal of Agricultural Economics* 64 (3): 654-675.
- Alarcón S, Sánchez M (2014a). Cómo innovan y qué resultados de innovación consiguen las empresas agrarias y alimentarias españolas. Cuadernos de Estudios Agroalimentarios CEA06: 63-82.
- Alarcón S, Sánchez M (2014b). Relations between innovation activities and exports in food and agriculture firms. EAAE 2014 Congress 'Agri-Food and Rural Innovations for Healthier Societies', 26-29 Agosto, Ljubljana (Eslovenia).
- Alarcón S, González L, Sánchez M (2014). Strategies for the development of new products in the Spanish agri-food industry. En: *E-Innovation for Sustainable Development of Rural Resources During Global Economic Crisis*. IGI Global, EE.UU.
- Baregheh A, Rowley J, Sambrook S, Davies D (2012). Innovation in food sector SMEs. *Journal of Small Business and Enterprise Development* 19(2): 300-321.
- Badiola A, Coto PP (2012). Determinantes de la innovación tecnológica en las regiones españolas. *International Conference on Regional Sciences y XXXVIII Reunión de Estudios Regionales-AECR*, 22-23 Noviembre, Bilbao.
- Buesa (1998). I+D innovación tecnológica en las regiones españolas. Documento de Trabajo del IAlF, nº. 13.
- Buesa M, Martínez M, Heijs H, Baumert, T (2002). Los sistemas regionales de innovación en España. Una tipología basada en indicadores económicos e institucionales. *Economía Industrial* 347: 15-32.
- Busom I, Corchuelo B, Martínez-Ros E (2014). Tax incentives... or subsidies for business R&D? *Small Business Economics Journal* 43 (3): 571-596.
- Capitanio F, Coppola A, Pascucci S (2010). Product and process innovation in the Italian food industry. *Agribusiness* 26 (4): 503-518.
- Corchuelo B, Carvalho A (2013). Obstáculos a la innovación y políticas públicas orientadas al fomento de la innovación. *Anales de Economía Aplicada XXVII*: 231-258.
- Corchuelo B, Mesías F J (2015). Innovation policies and barriers to innovation. An analysis in Extremadura (Spain). En: *Handbook of Research on Internationalization of Entrepreneurial Innovation in the Global Economy* (Ed. Carvalho LC). IGI Global, Hershey, EE.UU.
- EOI (2011). Diagnóstico de las capacidades de innovación de las pymes de Andalucía y su incidencia en el empleo. Recuperado el 15/3/2015 de: <http://www.eoi.es/savia/documento/eoi-20192/diagnostico-de-las-capacidades-de-innovacion-de-las-pymes-de-andalucia-y-su>.
- FoodDrinkEurope (2013). Data & trends of the European food and drink industry 2012. Disponible en: [http://www.fooddrink europe.eu/uploads/publications_documents/Data__Trends_\(interactive\).pdf](http://www.fooddrink europe.eu/uploads/publications_documents/Data__Trends_(interactive).pdf) (Acceso: 5 de marzo de 2015).

- Grupo Alba Internacional (2014). Contexto de la Comunidad Autónoma de Extremadura. Programa de Desarrollo Rural 2014-2020.
- Hernández N, González de la Fe T (2013). Crisis e innovación. La percepción de los obstáculos a la innovación en las microempresas. XI Congreso Español de Sociología "Crisis y cambio: propuestas desde la sociología", 10-12 Julio, Madrid, España.
- López-Rodríguez J, Faiñas A, Manso G (2010). Sistemas de innovación regionales: el caso del País Vasco. *Revista Galega de Economía* 19: 1-17.
- Ministerio de Economía y Competitividad (2012). DATACOMEX. Estadísticas del Comercio Exterior.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2014). Industria alimentaria en 2013-2014. Dirección General de la Industria Alimentaria, España.
- OCDE/Eurostat (2005). Oslo Manual. Guidelines for Collecting and interpreting innovation data, 3rd Edition. The measurement of scientific and technological activities. OECD Publishing, París, Francia.
- OSCAE (2013). Macromagnitudes del cooperativismo agroalimentario español. OSCAE- Observatorio Socioeconómico del Cooperativismo Agroalimentario Español-Cooperativas Agroalimentarias de España.
- Ruiz F (2005). I+D y territorio. Análisis y diagnóstico de la innovación empresarial en Andalucía. Colección Premios de Investigación. Consejo Económico y Social de Andalucía.
- Vázquez JL, Placer JL, Jiménez AD, García MP (1999). El esfuerzo innovador de las regiones españolas en el contexto de la globalización tecnológica: Presente y futuro. XIII Congreso Nacional, IX Congreso Hispano-Francés, Logroño, España.

(Aceptado para publicación el 16 de mayo de 2016)

Impacto de la experiencia sensorial y la información sobre las preferencias de los consumidores por la carne de vacuno enriquecida en *omega-3* y ácido linoleico conjugado en tres ciudades españolas

Y. Baba¹, C.E. Realini^{2,*}, Z. Kallas¹, M. Pérez-Juan², C. Sañudo³, P. Albertí⁴ y K. Insausti⁵

¹ Centro de Investigación en Economía y Desarrollo Agroalimentario (CREDA-UPC-IRTA) C/ Esteve Terrades, 8, Castelldefels, Barcelona, España

² Departamento de Tecnología Alimentaria, IRTA. Finca Camps i Armet Monells, España

³ Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, Instituto Agroalimentario de Aragón-Universidad de Zaragoza (IA2-UZ). C/ Miguel Servet 177, 50013 Zaragoza, España

⁴ Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón, Instituto Agroalimentario de Aragón (IA2-CITA). Gobierno de Aragón. Avda. Montañana 930, 50059 Zaragoza, España

⁵ ETSIA. Universidad Pública de Navarra. Campus de Arrosadia, 31006 Pamplona, España

Resumen

Este trabajo analiza el impacto de la información sobre el efecto en la salud del enriquecimiento de la carne con ácidos grasos *omega-3* (*n-3*) y el ácido linoleico conjugado (CLA) y la experiencia sensorial sobre la importancia relativa de los atributos de la carne de vacuno (dieta animal, nivel de engrasamiento, precio, origen y color) en Barcelona, Zaragoza y Pamplona (*n* = 647 consumidores). Se utilizó un experimento de elección que se analizó con el modelo Multinomial Generalizado y que fue aplicado antes y después de que los consumidores evaluaran la aceptabilidad de la carne enriquecida. Los atributos más importantes antes de recibir información y experiencia sensorial, fueron el nivel de engrasamiento y el precio. Además, el color fue relevante en Barcelona y Pamplona y el origen en Zaragoza y Pamplona. Después de recibir información y experiencia sensorial, el precio y la dieta animal fueron los factores más importantes. Los precios más bajos fueron elegidos en Zaragoza y los medio-bajos en Pamplona y Barcelona, mientras que la carne enriquecida con *n-3* fue elegida frente a la enriquecida con CLA o convencional. Los consumidores de Pamplona fueron los menos influenciados por la información, pero los más influenciados por la experiencia sensorial. Los resultados obtenidos permitirían desarrollar diferentes estrategias locales de comercialización para una carne enriquecida con *n-3* basadas en la explotación de distintos atributos.

Palabras clave: Preferencias de los consumidores, experimento de elección, modelo logit generalizado (G-MNL), *n-3*, CLA.

Abstract

Impact of sensory experience and information on consumer preferences for enriched beef with *omega-3* and conjugated linoleic acid in three Spanish cities

This study evaluates the impact of information about the health benefits of enriched meat with *omega-3* (*n-3*) fatty acids and conjugated linolenic acid (CLA) and the sensory experience on the relative importance of beef attributes (animal diet, level of fatness, price, origin, color), in Barcelona, Zaragoza and

* Autor para correspondencia: carolina.realini@unorte.edu.uy

<https://doi.org/10.12706/itea.2017.012>

Pamplona ($n = 647$ consumers). A choice experiment analyzed with the Generalized Multinomial Model was applied before and after consumer evaluation of the acceptability of enriched beef. The most important attributes before receiving information and sensory experience were the level of fatness and price. In addition, color was relevant in Barcelona and Pamplona and origin in Zaragoza and Pamplona. After receiving information and sensory experience, price and animal diet were the most important attributes. The lowest prices were selected in Zaragoza and the medium-low prices in Pamplona and Barcelona, while $n-3$ enriched beef was chosen against CLA enriched meat or conventional beef. Consumers from Pamplona were the least influenced by information, but the most influenced by sensory experience. Results would allow developing different local marketing strategies for enriched meat with $n-3$ fatty acids based on the exploitation of different attributes.

Key words: Consumer preferences, choice experiment, generalized logit model (G-MNL), $n-3$, CLA.

Introducción

La preocupación por la salud se está convirtiendo en un factor determinante para el consumo de alimentos (Siró et al., 2008). Así, cuando la información sobre las propiedades saludables de un alimento se exponen claramente, la intención de compra se ve aumentada considerablemente (Wagner et al., 2015) y la percepción del riesgo hacia ciertas enfermedades disminuye significativamente. La demanda de alimentos está evolucionando hacia una nueva gama de productos que a menudo está relacionada con el cuidado de la salud y la prevención de enfermedades.

En relación con los productos cárnicos, varias estrategias han sido investigadas para incluir compuestos saludables en los mismos (Olmedilla-Alonso et al., 2013). Olmedilla-Alonso et al. (2006) mencionaron que el desarrollo de productos cárnicos funcionales tiene un mercado potencial. Kraus (2015) identificó el *omega-3* ($n-3$) como uno de los compuestos funcionales más utilizados en el mercado, y que su aplicación en los productos cárnicos es una oportunidad para su industria (Grasso et al., 2014). Van Wezemael et al. (2014) comentaron que las oportunidades de marketing relacionadas con el beneficio de la aplicación de moléculas con propiedades saludables adaptables a la carne de vacuno son prometedoras, e incentivaron a la industria cárnica a be-

neficiarse de estos factores como una estrategia de diferenciación de producto y de segmentación de mercado.

En esta misma línea, la importancia de estudiar los procesos de enriquecimiento de la carne de vacuno y el estudio de las preferencias de los consumidores hacia estos productos, revertería en un aumento de las ventajas competitivas y la capacidad innovadora de la industria cárnica en España. Esta industria ocupa el quinto puesto del sector industrial del país y el primero de la industria agroalimentaria (Chamorro et al., 2013). Sin embargo, este sector no ha sido tan innovador como otros y algunos datos (CIAA, 2011) indican que solo el 5,2% de las innovaciones en alimentación vienen del sector cárnico. Troy y Kerry (2010) indicaron que es esencial para la industria entender detalladamente cuales son los atributos de calidad más importantes para la carne de vacuno, así como qué hacer para mantenerlos y mejorarlos. No obstante, analizar dichas preferencias es un proceso complejo, debido a su carácter multidimensional y dinámico.

Albertí et al. (2013), Olmedilla-Alonso et al. (2013) y Realini et al. (2013) evaluaron el enriquecimiento de la carne de vacuno en ácidos grasos $n-3$ y en ácido linoleico conjugado (CLA). En el mercado español, los productos cárnicos enriquecidos con $n-3$ aún están en sus inicios. Aunque ya ha empezado la comer-

cialización de carne de cerdo enriquecida con *n*-3. Hasta la fecha, se han utilizado con éxito diferentes estrategias de alimentación animal para aumentar significativamente los ácidos grasos poliinsaturados (Realini et al., 2009; Morales et al., 2013) y el ácido linoleico conjugado (Gillis et al., 2004) en la carne de vacuno. Sin embargo, la modificación de la composición de la grasa de la carne para obtener un perfil de ácidos grasos que se ajuste mejor a las recomendaciones nutricionales actuales para una dieta saludable, puede afectar otras propiedades como su sabor y aroma. No obstante, los consumidores podrían no estar dispuestos a comprometer el sabor de los alimentos funcionales por los beneficios eventuales que puedan ejercer sobre la salud (Verbeke, 2006). Por tanto, el análisis del impacto de la experiencia sensorial sobre las preferencias de los consumidores hacia la carne de vacuno enriquecida, representa una oportunidad para entender este intercambio entre preferencia, salud y sabor.

Las preferencias de los consumidores y por tanto la decisión de compra de un producto alimenticio, dependen de muchos factores como son, entre otros, los atributos del producto, las variables socioeconómicas, las opiniones y actitudes, la percepción del riesgo, el entorno sociocultural y el nivel de información que posee el consumidor (Siró et al., 2008). Entender las preferencias comienza con el estudio de los atributos intrínsecos y extrínsecos que posee el producto y la importancia que estos tienen en la decisión de compra.

El origen del producto cobra cada vez más importancia en el análisis de las preferencias como a) un atributo proxy, indicador de cercanía del lugar de producción al punto de venta o consumo (Ridley et al., 2015), b) un indicador de calidad asociada a una zona geográfica concreta (Van der Lans et al., 2001) o c) un descriptor del etnocentrismo de los consumidores relacionado con la cultura y la historia local (Bryła, 2015).

El estudio de las preferencias de los consumidores debe incluir también las características sensoriales de los productos ya que juegan un papel importante para la aceptación de los alimentos (Verbeke, 2005). La experiencia sensorial tiene una fuerte influencia en la formación de las preferencias finales de los consumidores (Heid y Hamm, 2013), ya que modifica la percepción de calidad del producto. Gabrielyan et al. (2014) mencionaron que los atributos intrínsecos como el sabor son una base fundamental para las expectativas de calidad, ya que éstos determinan la decisión de repetir o no la compra de un producto. Annett et al. (2008) comprobaron que la información referente a la salud y la experiencia sensorial representan los factores más relevantes para la aceptación de los alimentos funcionales. No obstante, la decisión de compra no depende sólo de las propiedades físico-químicas del producto, sino también de las expectativas que el consumidor tiene del mismo.

El objetivo de este estudio es analizar en tres ciudades españolas (Barcelona, Pamplona y Zaragoza) el impacto de la evaluación sensorial y la información, sobre la importancia relativa de los atributos dieta del animal, origen, precio, grado de engrasamiento y color de la carne de vacuno convencional o enriquecida con ácidos grasos *n*-3 y CLA. Este artículo representa un análisis adicional al realizado en Baba et al. (2016), que ofrece resultados globales para España siguiendo un enfoque multi-ciudad y presenta resultados para tres regiones españolas. Los objetivos específicos son: a) investigar el efecto de la información suministrada a los consumidores, sobre los efectos saludables de los ácidos grasos *n*-3 y el CLA, sobre la aceptabilidad global de la carne enriquecida con estos compuestos y como dicha aceptabilidad afecta las preferencias, b) entender cómo valoran los consumidores de cada zona geográfica el atributo origen y c) comprender cómo la experiencia sensorial y la información afectan a

la heterogeneidad no observada de las preferencias de los consumidores en cada ciudad como una aportación metodológicamente novedosa.

Material y métodos

El estudio se llevó a cabo con 647 consumidores de las tres ciudades divididos en dos grupos según la información recibida. El primer grupo (muestra A) estaba formado por 325 consumidores que recibieron información al inicio del estudio, sobre cómo se enriquece la carne y los beneficios saludables que tienen los ácidos grasos *n*-3 y el CLA¹ (Barcelona: 106, Zaragoza: 115 y Pamplona: 106 consumidores). El segundo grupo (muestra B) estaba formado por 322 consumidores que no recibieron ninguna información (Barcelona: 100, Zaragoza: 113 y Pamplona: 109 consumidores). Los consumidores se seleccionaron en cada región utilizando el método de muestreo por cuotas y estratificación por sexo y edad. Más detalles sobre las características socio-demográficas de los consumidores se pueden consultar en Baba et al. (2016). El enfoque metodológico consistió en tres pasos principales: 1) se analizaron las preferencias esperadas (expectativas) hacia los atributos de la carne de vacuno mediante el experimento de elección. 2) se realizó una cata ciega (evaluación hedónica) de muestras de carne de animales alimentados con cuatro dietas (convencional, enriquecida con *n*-3, enriquecida con CLA y enriquecida con *n*-3 y CLA). Después de probar las muestras, se in-

formó a los consumidores sobre qué tipo de carne habían probado. 3) Se repitió el mismo experimento de elección.

El experimento de elección

El experimento de elección tiene como objetivo identificar la utilidad de los atributos y sus niveles de los productos que los consumidores tienen en cuenta en sus decisiones de elección. Así, varias alternativas (productos) descritas por varios atributos con diferentes niveles se presentan a los encuestados en una variedad de conjuntos de elección. Se le pide al encuestado que seleccione su alternativa preferida dentro de cada conjunto, revelando así su preferencia hacia ciertos atributos y niveles. En este estudio, el experimento de elección se utilizó para determinar la importancia relativa de cinco atributos y sus niveles, en las decisiones de compra de la carne de vacuno. Los atributos evaluados en este estudio fueron la dieta del animal, el origen de la carne, el color, el nivel de engrasamiento y el precio. Estos atributos se escogieron teniendo en cuenta su importancia en las decisiones de compra de los consumidores [para más detalles referirse a Realini et al. (2014)].

Se evaluaron cuatro niveles del atributo dieta que se corresponden con el tipo de carne de vacuno utilizado en la evaluación sensorial (convencional, enriquecido con *omega*-3, enriquecido con CLA, enriquecido con *omega*-3 y CLA). El origen tuvo dos niveles, el primero que incluía Barcelona, Zaragoza o Pamplona como "producido localmente" y el segundo "otro origen español" como no producido lo-

1. La información fue la siguiente: "los ácidos grasos *omega*-3 pueden jugar un papel importante en la salud humana porque están involucrados en la prevención de enfermedades del corazón y algunos cánceres. Más recientemente, se ha demostrado en estudios con animales que el CLA (ácido linoleico conjugado) puede presentar propiedades anti-cancerígenas y efectos positivos sobre el sistema inmunitario y algunas enfermedades cardíacas y diabetes. La carne, el pescado y los huevos son las únicas fuentes significativas de estos ácidos grasos en la dieta. Cuando se alimentan los terneros con piensos enriquecidos en *omega*-3 y/o CLA, se obtiene una carne enriquecida en estos ácidos grasos".

calmente. La elección de estas ciudades, además de ser regiones productoras de carne de vacuno, se debe en primer lugar a ser un ámbito geográfico que permite extraer una muestra que sería una proxy de la población a nivel nacional. La idiosincrasia de los zaragozanos, el tamaño medio de la ciudad y el nivel de renta son, en gran medida, representativos de la media en España (García y Rodrigo, 2001; Barreiro-Hurlé et al., 2009), lo que hace que los hábitos de compra y la reacción ante un nuevo producto serían extrapolables al resto del país. Además, Zaragoza aglutina no solo la mayor parte de la población provincial sino más de la mitad de la población regional. Asimismo, para mejorar dicha representatividad, se escogieron otras zonas geográficas. Barcelona como la segunda ciudad más poblada de España después de Madrid, y Pamplona como la ciudad más poblada de Navarra. En ambos casos, se representaban como ciudades con alto nivel de heterogeneidad sociocultural y alto grado de etnocentrismo (Fernández-Ferrín y Bande-Vilela, 2013) en los cuales el factor local podría cobrar, a priori, más importancia. Además, se evaluaron dos niveles de color de la carne, "rojo pálido" y "rojo brillante" y dos niveles de engrasamiento de los filetes, "grasa moderadamente visible" y "grasa levemente visible". El color 'rojo pálido' correspondió a '1C' y el 'rojo brillante' a '3' utilizando los estándares de referencia de color de AUS-MEAT (2012), mientras que la 'grasa moderadamente visible' correspondió a '7' y la 'grasa levemente visible' correspondió a '3' utilizando las tarjetas de fotografía de grasa

infiltrada del USDA (2007). Se manipularon fotos de filetes de entrecot utilizando un editor de imágenes para obtener los niveles de color y engrasamiento evaluados, como lo han hecho con éxito otros autores (Papaniotiou et al., 2013). Finalmente, el precio se incluyó como otro atributo clave con cuatro niveles determinados a través de una muestra piloto². El nivel del precio seleccionado se definió en € por unidad de consumo (bandeja que contenía un entrecot de 0.3 kg) de la siguiente forma: 6,6 € precio alto, 5,7 € medio-alto, 4,8 € medio-bajo y 3,9 € bajo. Se utilizó un diseño ortogonal factorial fraccionado con 16 conjuntos de elección siguiendo el diseño de experimento de elección de respuesta dual (Kallas y Gil, 2012) y agrupados en 2 bloques³.

Modelo econométrico y la importancia relativa de los atributos

Según los modelos probabilísticos que analizan los datos obtenidos del experimento de elección, la probabilidad de que un individuo n elegirá el producto i (P_{in}) entre otros productos ($j = 1$ a J) de un grupo de ellos (C) se formula como sigue:

$$P_{in} = \frac{e^{\mu V_{in}}}{\sum_{j=1}^J e^{\mu V_{jn}}} \quad \forall i \in C \quad [1]$$

donde μ es el término de escala que es inversamente proporcional a la desviación estándar del término error. De los diferentes modelos disponibles⁴ para la estimación de los

2. Se llevó a cabo un estudio exploratorio con 25 individuos, solicitando a los participantes que indicaran la máxima intención de pago por la carne enriquecida con una pregunta abierta. Finalmente, los niveles de precio incluidos en el experimento de elección se seleccionaron para cubrir el 90% de los valores obtenidos.

3. Más detalles sobre el diseño experimental se puede consultar en Kallas et al. (2014) y Baba et al. (2016).

4. Una comparación de los principales modelos utilizados en los experimentos de elección y una justificación y explicación del uso se puede encontrar en Baba et al. (2016) y remitimos el lector a Fiebig et al. (2010) para los detalles de estimación, la función de máxima verosimilitud y los fundamentos teóricos del modelo G-MNL.

datos declarados en los experimentos de elección, se ha utilizado el modelo Logit Multinomial Generalizado (G-MNL) de Fiebig et al. (2010) principalmente debido a su mejor ajuste y su capacidad de incluir la heterogeneidad no observada de las preferencias (coeficientes aleatorios alrededor de los atributos) y la heterogeneidad del término de escala como medida de la variación del grado de aleatoriedad en el proceso de toma de decisiones de los encuestados y por lo tanto el grado de certeza de los individuos en sus elecciones. En los experimentos de elección, los encuestados pueden interpretar las tareas de elección de los productos de varias maneras al haber distintos niveles de atención, así como al existir diferentes grados de certeza en su elección (Train y Weeks, 2005). Finalmente, para el cálculo de la importancia relativa, se utilizaron las utilidades marginales (β_k) correspondientes a los niveles de los atributos estimados. Así, el ratio de la utilidad de un atributo particular respecto a la suma de las utilidades de todos los atributos, se utilizó para calcular la importancia relativa de un atributo (Green y Rao, 1971).

Muestreo de la carne y la evaluación sensorial

Las muestras de carne para el estudio de consumidores se obtuvieron de 48 machos enteros de la raza Frisona alimentados con una de las cuatro dietas evaluadas. Todas las dietas tuvieron una composición de base similar, diferenciándose en el contenido de semilla de lino entera y ácido linoleico conjugado (CLA): CON (ración comercial convencional, 0% lino y 0% CLA), OME3 (ración convencional enriquecida con ácidos grasos omega-3, 10% de semilla de lino), CLA (ración convencional enriquecida con CLA, 2% de CLA protegido), y OME3CLA (ración convencional enriquecida con ácidos grasos omega-3 y CLA, 10% de semilla de lino más un 2% de CLA protegido).

Los parámetros productivos y las características de la canal de los animales se pueden consultar en Albertí et al. (2013), la calidad de carne en Barahona et al. (2015), y la preparación de las muestras de carne para el análisis sensorial en Realini et al. (2014).

Para el análisis sensorial, se realizaron 10 sesiones en Barcelona, Zaragoza y Pamplona. Los consumidores evaluaron en cata ciega, la aceptabilidad de las 4 muestras de carne según un protocolo estándar. Cada consumidor puntuó la aceptabilidad utilizando una escala de 9 puntos (1 "me disgusta extremadamente", 2 "me disgusta mucho", 3 "me disgusta moderadamente", 4 "me disgusta ligeramente", 5 "ni me gusta ni me disgusta", 6 "me gusta ligeramente", 7 "me gusta moderadamente", 8 "me gusta mucho", 9 "me gusta extremadamente"). Los datos de aceptabilidad global fueron analizados utilizando el procedimiento MIXED de SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC), y la separación de medias se realizó utilizando el test de Tukey. En el modelo estadístico para cada ciudad, se incluyó la dieta como efecto fijo, el consumidor como efecto aleatorio, y la sesión como efecto de bloque. Para la estimación del G-MNL se utilizó el paquete NLOGIT 5 con el procedimiento GMXLOGIT.

Resultados

Impacto de la experiencia sensorial sobre la importancia relativa de los atributos

Los resultados del impacto de la experiencia sensorial sobre la importancia relativa de los atributos para cada ciudad y grupo de consumidores se muestran en la Tabla 1. Como se puede comprobar, el origen de la carne fue un atributo relevante para los consumidores de Zaragoza y Pamplona, pero no significativo para los de Barcelona. Asimismo, se comprueba que la experiencia sensorial tuvo un

Tabla 1. Importancia relativa de cada atributo para los consumidores sin y con información de Barcelona, Zaragoza y Pamplona, antes y después de la evaluación sensorial
Table 1. Relative importance of each attribute for consumers with and without information in Barcelona, Zaragoza and Pamplona, before and after the sensory evaluation

	Barcelona				Zaragoza				Pamplona			
	Sin información		Con información		Sin información		Con información		Sin información		Con información	
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Origen	7,3% ^{a,y} (-0,02 0,17)	3,6% ^{a,y} (-0,12 0,19)	10,6% ^{**a,x} (0,02 0,19)	3,8% ^{b,y} (-0,05 0,13)	18,4% ^{***a,x} (0,07 0,30)	9,8% ^{*b,x} (0,01 0,20)	13,5% ^{***a,x} (0,05 0,22)	13,1% ^{***a,x} (0,06 0,20)	15,1% ^{***a,x} (0,07 0,23)	9,1% ^{***b,x} (0,03 0,15)	14,8% ^{***a,x} (0,05 0,25)	2,6% ^{b,y} (-0,11 0,16)
Dieta	9,1% ^{b,x} (-0,12 0,30)	29,8% ^{***a,x} (0,14 0,45)	32,1% ^{***b,x} (0,16 0,49)	39,7% ^{***a,x} (0,26 0,53)	10,9% ^{b,x} (-0,10 0,32)	16,7% ^{**a,y} (0,01 0,33)	23,1% ^{***a,y} (0,11 0,36)	21,2% ^{***a,y} (0,09 0,36)	7,2% ^{b,x} (-0,04 0,18)	25,1% ^{***a,x} (0,15 0,35)	12,7% ^{**b,z} (0,01 0,24)	24,6% ^{***a,y} (0,07 0,42)
Engrasamiento	23,8% ^{***a,x} (0,10 0,37)	14,6% ^{***b,z} (0,04 0,26)	22,8% ^{***a,y} (0,12 0,34)	16,5% ^{**b} (0,07 0,26)	25,7% ^{***a,x} (0,10 0,41)	34,1% ^{***b,x} (0,22 0,46)	31,1% ^{***a,x} (0,21 0,08)	12,4% ^{***b} (0,04 0,21)	27,5% ^{***a,x} (0,16 0,39)	20,1% ^{***b,y} (0,11 0,29)	29,2% ^{***a,x} (0,17 0,41)	21,7% ^{**b} (0,03 0,40)
Color	28,0% ^{***a,x} (0,17 0,39)	11,8% ^{**b,x} (0,01 0,23)	15,4% ^{**a,x} (0,02 0,29)	6,7% ^{*b,y} (-0,01 0,15)	17,8% ^{**a,y} (0,01 0,36)	3,7% ^{b,y} (-0,01 0,13)	2,2% ^{a,y} (-0,04 0,08)	7,2% ^{a,z} (-0,03 0,17)	25,8% ^{***a,x} (0,17 0,34)	11,8% ^{***b,x} (0,04 0,20)	19,0% ^{***a,x} (0,11 0,27)	20,0% ^{***a,x} (0,05 0,34)
Precio (€/bandeja de 0,3 kg)	31,8% ^{***b,x} (0,16 0,47)	40,2% ^{***a,x} (0,23 0,57)	19,1% ^{**b,z} (0,05 0,34)	33,4% ^{***a,y} (0,20 0,47)	27,2% ^{***b,x} (0,12 0,43)	35,6% ^{***a,x} (0,21 0,50)	30,0% ^{***a,x} (0,17 0,43)	46,1% ^{***a,x} (0,30 0,62)	24,4% ^{***b,x} (0,14 0,35)	33,9% ^{***a,x} (0,23 0,45)	24,2% ^{***b,y} (0,10 0,39)	31,2% ^{***a,y} (0,12 0,50)

***, ** Valores estadísticamente diferentes de cero con un nivel de significancia del 10%, 5% y 1%.

^{a,b} Diferencias significativas de las importancias relativas entre “antes” y “después” en cada ciudad y cada nivel de información.

^{x,y,z} Diferencias significativas de las importancias relativas entre las tres ciudades para el mismo tratamiento (antes y después) y el mismo factor (sin información y con información).

La significancia de los valores en negrita se muestra por el correspondiente intervalo de confianza del 95%.

efecto relativizador de la importancia de este atributo para los dos grupos de consumidores, con y sin información, en Zaragoza y Pamplona.

Respecto a la dieta del animal, los resultados mostraron que antes de la experiencia sensorial, los consumidores sin información en las tres ciudades no valoraron este atributo, pero después de probar el producto su importancia aumentó significativamente. Sin embargo, para los consumidores que recibieron información, este atributo ya comienza con una importancia relevante en Barcelona y Zaragoza mostrando un efecto positivo de la información. Dicha importancia relativa se vio enfatizada después de la evaluación hedónica en Pamplona y Barcelona, constatando de forma general, un impacto positivo de la experiencia sensorial y una heterogeneidad de dicho impacto según la ciudad estudiada.

Para ambos tipos de consumidores y antes de la experiencia sensorial, el atributo engrasamiento fue uno de los más importantes en las tres ciudades. Después de la evaluación hedónica y para ambos grupos de consumidores, este atributo perdió importancia relativa con la excepción de los consumidores sin información en Zaragoza.

Con respecto al color de la carne, los resultados demostraron su relevancia con una importancia relativa similar para los consumidores en Barcelona y Pamplona, pero con menor importancia en Zaragoza. La información recibida y la experiencia sensorial contribuyeron a disminuir su importancia debido al desplazamiento de las preferencias hacia los otros atributos analizados en Barcelona y Pamplona.

Finalmente y como cabía esperar, el atributo precio se mostró como uno de los factores claves en el proceso de elección. Los resultados mostraron un patrón interesante después de la experiencia sensorial. En las tres

ciudades y para ambos tipos de consumidores, la importancia relativa de este atributo aumentó significativamente después de la evaluación hedónica, especialmente para los consumidores informados de Zaragoza.

Impacto de la experiencia sensorial sobre las utilidades de los niveles de los atributos

Para pormenorizar los resultados anteriores, es necesario analizar las utilidades marginales de cada nivel de cada atributo, en cada ciudad, tipo de consumidor y situación de elección. Estos resultados se presentan en las Tablas 2 y 3 donde se puede comprobar una alta bondad del ajuste (pseudo- R^2 entre 0,21 y 0,34) de los modelos G-MNL estimados.

Centrándose en el atributo origen, los coeficientes positivos y significativos de las utilidades de sus niveles indican, de una manera general, una preferencia por los productos producidos localmente tanto en Zaragoza como en Pamplona. No obstante, esta preferencia no es relevante para la mayoría de los consumidores en Barcelona.

En esta misma línea, antes de la experiencia sensorial y en las tres ciudades, los consumidores sin información no valoraron ningún nivel del atributo dieta. No obstante, para estos mismos consumidores, después de la evaluación hedónica, se comprobó una preferencia significativa hacia la carne enriquecida con *n*-3. Dicha preferencia se realizó en mayor medida en Barcelona y Pamplona. Por otro lado, antes de probar las muestras de carne, los consumidores con información mostraron una preferencia hacia la carne enriquecida con *n*-3 y CLA en Barcelona y Zaragoza y hacia la carne enriquecida con *n*-3 en Pamplona. En este sentido, es relevante comentar que la mayor disutilidad de la carne convencional fue para los consumidores en Barcelona, seguida por Zaragoza y Pamplona. Este patrón de preferencias cambió después de probar la carne y la utilidad de la carne enri-

Tabla 2. Parámetros aleatorios de los modelos multinomial generalizado para los consumidores sin y con información de Barcelona, Zaragoza y Pamplona, antes y después de la evaluación sensorial
 Table 2. Random parameters of the Generalized Multinomial models for consumers with and without information in Barcelona, Zaragoza and Pamplona, before and after the sensory evaluation

Parámetros aleatorios en la función de utilidad (β) del modelo Multinomial Generalizado (G-MNL)												
Barcelona						Zaragoza						Pamplona
	Sin información			Con información			Sin información			Con información		
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Origen												
Otro origen español	-0,15 ^{a,y}	-0,06 ^{a,y}	-0,23 ^{**} a,y	-0,07 ^{b,y}	-0,32 ^{**} a,x	-0,16 ^{**} b,x	-0,21 ^{***} a,y	-0,26 ^{***} a,x	-0,35 ^{***} a,x	-0,21 ^{***} b,x	-0,44 ^{***} a,x	-0,04 ^{b,y}
Producido localmente ⁺	0,15 ^{a,y}	0,06 ^{a,y}	0,23 ^{**} a,y	0,07 ^{b,y}	0,32 ^{**} a,x	0,16 ^{**} b,x	0,21 ^{***} a,y	0,26 ^{***} a,x	0,35 ^{***} a,x	0,21 ^{***} b,x	0,44 ^{***} a,x	0,04 ^{b,y}
Dieta												
Convencional ⁺	-0,24 ^{b,x}	-0,51 ^{***} a,x	-0,89 ^{***} b,x	-1,02 ^{***} a,x	0,11 ^{a,x}	-0,23 ^{a,y}	-0,40 ^{***} a,y	-0,40 ^{***} a,y	-0,10 ^{b,x}	-0,69 ^{***} a,x	-0,30 ^{a,z}	-0,32 ^{a,y}
Con n-3	0,02 ^{b,x}	0,57 ^{***} a,x	0,04 ^{b,y}	0,42 ^{***} a,y	0,04 ^{b,x}	0,33 ^{**} a,y	-0,01 ^{b,y}	0,30 ^{***} a,z	0,12 ^{b,x}	0,49 ^{***} a,x	0,41 ^{**} b,x	0,53 ^{***} a,x
Con CLA	0,10 ^{a,x}	-0,18 ^{a,x}	0,34 ^{a,x}	0,12 ^{a,y}	-0,28 ^{a,x}	-0,13 ^{a,x}	0,07 ^{a,x}	-0,32 ^{***} a,x	-0,17 ^{a,x}	0,25 ^{a,x}	-0,34 ^{a,x}	-0,27 ^{a,y}
Con n-3 y CLA	0,14 ^{a,x}	0,11 ^{a,x}	0,50 ^{**} a,x	0,48 ^{***} a,x	0,13 ^{a,x}	0,03 ^{a,x}	0,34 ^{**} a,y	0,43 ^{**} a,x	0,16 ^{a,x}	-0,06 ^{a,x}	0,23 ^{a,z}	0,05 ^{a,y}
Engrasamiento												
Visible moderada	-0,51 ^{***} a,y	-0,26 ^{**} b,y	-0,49 ^{***} a,y	-0,31 ^{***} b,x	-0,45 ^{***} a,y	-0,58 ^{***} b,x	-0,50 ^{***} a,y	-0,24 ^{***} b,x	-0,64 ^{***} a,x	-0,47 ^{***} b,x	-0,87 ^{***} a,x	-0,37 ^{**} b,x
Visible leve ⁺	0,51 ^{***} a,y	0,26 ^{**} b,y	0,49 ^{***} a,y	0,31 ^{***} b,x	0,45 ^{***} a,y	0,58 ^{***} b,x	0,50 ^{***} a,y	0,24 ^{***} b,x	0,64 ^{***} a,x	0,47 ^{***} b,x	0,87 ^{***} a,x	0,37 ^{**} b,x
Color												
Rojo pálido	-0,60 ^{***} a,x	-0,21 ^{**} b,x	-0,33 ^{**} a,y	-0,12 ^{b,y}	-0,31 ^{a,y}	-0,06 ^{a,y}	0,03 ^a	-0,14 ^{a,y}	-0,60 ^{***} a,x	-0,28 ^{***} b,x	-0,56 ^{***} a,x	-0,34 ^{a,x}
Rojo brillante ⁺	0,60 ^{***} a,x	0,21 ^{**} b,x	0,33 ^{**} a,y	0,12 ^{b,y}	0,31 ^{a,y}	-0,06 ^{a,y}	-0,03 ^a	0,14 ^{a,y}	0,60 ^{***} a,x	0,28 ^{***} b,x	0,56 ^{***} a,x	0,34 ^{***} b,x
Precio (€/bandeja de 0,3 kg)	-0,70 ^{***} b,x	-0,96 ^{***} a,x	-0,38 [*] b,y	-0,75 ^{***} a,y	-0,57 ^{**} b,x	-0,70 ^{***} a,y	-0,69 ^{***} b,x	-1,18 ^{***} a,x	-0,69 ^{**} a,x	-0,79 ^{***} a,y	-0,88 ^{***} a,x	-0,68 ^{**} b,y
5,7 (medio-alto)	0,53 ^{**} a,x	0,35 ^{b,x}	0,44 ^{**} a,x	0,06 ^{b,x}	0,09 ^{a,y}	-0,23 ^{a,x}	0,19 ^{a,y}	0,01 ^{a,x}	0,15 ^{a,y}	-0,21 ^{a,x}	0,32 ^{a,y}	-0,06 ^{a,x}
4,8 (medio-bajo)	0,68 ^{***} x	0,51 ^{**} x	-0,08 ^{b,y}	0,51 ^{**} a,x	0,08 ^{b,y}	-0,42 ^{***} a,z	0,27 [*] b,y	-0,53 ^{***} a,x	0,45 ^{**} x	0,19 [*] y	0,55 ^{**} a,x	0,40 [*] b,y
3,9 (bajo) ⁺	-0,50 ^{a,x}	0,09 ^{a,x}	0,03 ^{a,x}	0,16 ^{a,y}	0,38 [*] b,y	0,51 ^{**} a,y	0,22 ^{b,x}	0,64 ^{***} a,x	0,09 ^{a,x}	0,81 ^{a,x}	0,01 ^{a,x}	0,34 ^{a,y}
No compra	-0,20 ^{b,y}	-1,07 ^{**} a,z	0,01 ^{b,x}	-0,57 ^{**} a,y	0,10 [*] b,x	0,52 [*] a,y	-0,72 ^{***} a,y	-0,58 ^{**} b,y	0,15 ^{b,x}	0,70 ^{***} a,x	0,23 ^{b,x}	0,66 ^{***} a,x

⁺ Coeficientes estimados cambiando el nivel base de los atributos.

***, ***, Valores estadísticamente diferentes de cero con un nivel de significancia del 10%, 5% y 1 %.

a,b Diferencias significativas de los parámetros entre "antes" y "después" en cada ciudad y cada nivel de información.

xyz Diferencias significativas de los parámetros entre las tres ciudades para el mismo tratamiento (antes y después) y el mismo factor (sin información y con información).

Tabla 3. Desviaciones estándar y parámetros de escala de los modelos multinomial generalizado para los consumidores sin y con información de Barcelona, Zaragoza y Pamplona, antes y después de la evaluación sensorial
Table 3. Standard deviations and scale parameters of the Generalized Multinomial models for consumers with and without information in Barcelona, Zaragoza and Pamplona, before and after the sensory evaluation

Desviaciones estándar independientes de los parámetros obtenidas a partir de los valores de la diagonal de la matriz de Cholesky														
Barcelona						Zaragoza						Pamplona		
	Sin información		Con información			Sin información		Con información			Sin información		Con información	
	Antes	Después	Antes	Después		Antes	Después	Antes	Después		Antes	Después	Antes	Después
Origen														
	0,04	0,13	0,19	0,19**		0,01	0,02	0,15*	0,10		0,01	0,02	0,07	0,31**
Producido localmente*	0,13	0,12	0,21	0,16*		0,01	0,09	0,15*	0,02		0,10	0,06	0,05	0,34**
Dieta														
Convencional ⁺	0,52**	1,52**	0,77***	1,99***		0,84***	1,18***	0,18	1,26***		0,51**	1,27***	0,45	1,35***
Con n-3	0,61**	0,50***	0,41	1,71***		0,30	1,15***	0,22	0,37***		0,36	0,55***	0,43	1,02***
Con CLA	0,80***	0,63***	0,70**	0,43***		0,31	1,03***	0,29	0,92***		0,48**	0,43**	0,54**	1,08***
Con n-3 y CLA	0,70***	1,35***	0,74***	1,76***		0,79***	1,90***	0,29	1,25***		0,37*	1,33***	0,24	0,93***
Engrasamiento														
Visible moderada	1,75***	1,04***	1,78***	1,05***		2,44***	1,14***	1,77***	1,16***		1,6**	1,38***	2,83***	2,05***
Visible leve*	2,10***	1,08***	1,74***	1,12***		2,57***	1,70***	1,65***	1,28***		1,39***	1,26***	2,31***	2,06***
Color														
Rojo pálido	0,07	0,39***	0,72***	0,27***		1,34***	0,69***	0,46***	0,52***		1,13***	0,43	1,38***	0,56***
Rojo brillante*	0,09	0,31***	0,50***	0,39***		1,38***	0,50***	0,50***	0,41***		1,01***	0,40***	1,29***	0,70***
Precio (€/bandeja de 0,3 kg)														
6,6 (alto)	1,44***	1,61***	1,56***	1,15***		1,44***	0,87***	1,03***	1,17***		1,33**	1,57***	1,48***	1,17***
5,7 (medio-alto)	0,69**	0,57**	0,91***	0,62***		0,43*	1,13***	0,41*	0,34*		0,61**	1,09***	0,92**	1,11***
4,8 (medio-bajo)	0,99***	0,75***	1,27***	0,91***		0,76**	0,46***	0,63***	0,66***		0,93***	0,96***	0,80***	2,51***
3,9 (bajo) +	1,48***	0,89***	0,94***	0,81***		0,86***	1,030***	0,55***	0,93***		1,15***	1,40***	1,27***	0,94***
No compra	1,46***	2,56***	1,78***	2,13***		2,51***	2,55***	2,44***	3,00***		2,33***	1,97***	2,27***	2,51***
Parámetros de escala														
Varianza en la escala τ	0,99** ^a	0,14 ^b	0,26* ^a	0,06 ^b		1,42*** ^a	0,09 ^b	0,82 ^a	0,06 ^b		1,02*** ^a	0,15 ^b	1,59*** ^a	0,36 ^{tb}
Parámetro de ponderación γ	0,10 ^a	0,16 ^a	0,10 ^a	0,11 ^a		0,08 ^a	0,08 ^a	0,00 ^b	0,63* ^a		0,01 ^a	0,09 ^a	0,08 ^a	0,09 ^a
LLR	650,65***	585,47***	643,94***	507,65***		671,96***	587,65***	543,70***	590,21***		611,51***	485,78	791,10***	598,49
Pseudo-R ²	0,29	0,26	0,27	0,21		0,27	0,23	0,21	0,23		0,25	0,20	0,34	0,26

* Coeficientes estimados cambiando el nivel base de los atributos.

***, ***, ** Valores estadísticamente diferentes de cero con un nivel de significancia del 10%, 5% y 1%.

^{a,b} Diferencias significativas de los parámetros entre "antes" y "después" en cada ciudad y cada nivel de información.

LLR: Log Likelihood ratio test.

quecida con $n-3$ aumentó significativamente en las tres ciudades. Se puede comprobar cómo este tipo de carne aportó más utilidad a los consumidores en Pamplona que a los de Barcelona y Zaragoza.

Para el nivel de engrasamiento de la carne, los resultados mostraron una preferencia por un contenido visible pero leve de grasa en las tres ciudades tanto antes como después de la experiencia sensorial. En este sentido, se pudo comprobar un patrón bastante destacable después del análisis sensorial. La utilidad otorgada al nivel de engrasamiento visible y leve disminuyó significativamente en la mayoría de los casos analizados. Los consumidores en Pamplona fueron los más sensibles en comparación a los de Zaragoza y Barcelona.

Igualmente, para el color de la carne, se identificó un claro comportamiento de los consumidores. En Barcelona y Pamplona se mostró una preferencia hacia el color rojo brillante de la carne, mientras que en Zaragoza no se presentó una diferencia entre los dos niveles del atributo color. No obstante, esta preferencia disminuyó significativamente después de la experiencia sensorial al haber un desplazamiento de la utilidad hacia niveles más relevantes de los otros atributos, especialmente para los consumidores informados de Barcelona que dejaron de mostrar preferencias por algún color.

En cuanto al atributo precio, tanto antes como después de la experiencia sensorial se pudo comprobar un rechazo del precio alto de la carne en las tres ciudades. Así, en Barcelona y Pamplona los consumidores mostraron una preferencia hacia el precio medio-bajo, mientras que en Zaragoza dicha preferencia la otorgaron al precio más bajo ofrecido. En esta misma línea, es relevante destacar que después del análisis sensorial el rechazo del precio alto de la carne aumentó significativamente, con más énfasis para los consumidores con información, especialmente en Zaragoza

y Barcelona, confirmando que el proceso de enriquecimiento no debe resultar en un precio mayor o igual a 4,8 € por unidad de producto en Barcelona y Pamplona y mayor o igual a 3,9 € en Zaragoza.

Finalmente, respecto a la opción de no compra, los resultados mostraron que los consumidores de Barcelona prefirieron alguno de los productos de carne ofrecidos en el experimento de elección frente a no comprar nada; especialmente después de haber probado los diferentes tipos de carne (el coeficiente correspondiente a no comprar, vuelve a ser negativo y significativo después del análisis sensorial). No obstante, sucede lo contrario para los consumidores en Pamplona, ya que el coeficiente de no comprar fue positivo y significativo principalmente después de la experiencia sensorial, lo que implica que en algunos casos los encuestados no eligieron ninguna de las opciones evaluadas. En el caso de Zaragoza, los consumidores que no recibieron información mostraron un ligero rechazo a algunas de las alternativas, mientras que los que recibieron información eligieron algunos de los productos ofrecidos frente a no elegir ningún producto.

Impacto de la experiencia sensorial sobre la heterogeneidad no observada

Tal y como se ha comentado anteriormente, la heterogeneidad no observada en el experimento de elección se presenta principalmente según dos términos. La heterogeneidad del factor de escala que se estima a través del coeficiente τ y la heterogeneidad alrededor de la media de los atributos y sus niveles que se estima a través de las desviaciones estándar estimadas de la distribución de los parámetros. Para la primera, cuando más grande es el, más heterogeneidad no observada existe y por tanto el grado de aleatoriedad en el proceso de toma de decisiones es más alto y el grado de certeza de los individuos en sus elec-

ciones es más bajo. Para la segunda, cuando más altos son los valores de las desviaciones estándar más heterogeneidad no observada existe alrededor de los atributos.

Analizando los resultados (Tabla 3), se puede comprobar que en las tres ciudades el coeficiente τ disminuyó significativamente después de la experiencia sensorial y de una manera más pronunciada para los consumidores sin información (con excepción de los consumidores con información en Zaragoza)⁵. Ello demostró que la experiencia sensorial formó un escenario homogeneizador en el proceso de decisión y que las elecciones de los consumidores fueron menos aleatorias. No obstante, la heterogeneidad no observada no mostró ningún patrón claro ya que se pudieron comprobar aumentos y disminuciones de los valores para ambos tipos de consumidores y en las tres ciudades⁶.

Impacto de la información sobre la aceptabilidad de los tipos de carne

La aceptabilidad global de las carnes se muestra para las tres ciudades en la Tabla 4. Los resultados expuestos se pueden interpretar desde tres perspectivas. La primera fue comprobar, en cada ciudad, si la información influyó la aceptabilidad global de cada tipo de carne. Así, por ejemplo, se comprobó si la evaluación hedónica de los consumidores en Barcelona de la carne enriquecida con $n-3$ fue diferente para los que recibieron información o los que no. En este sentido, los resultados

mostraron que la aceptabilidad de la carne no presentó diferencias significativas entre las diferentes dietas salvo para la carne convencional en Barcelona. No obstante, a nivel agregado de toda la muestra, los resultados confirmaron un impacto no significativo de la información sobre la aceptabilidad.

La segunda perspectiva fue analizar si, para cada grupo de consumidores y en cada ciudad, los consumidores evaluaron distintamente las cuatro dietas analizadas. Así, por ejemplo, se comprobó si la evaluación sensorial de los consumidores sin información en Barcelona para los cuatro tipos de carne es parecida a la de los consumidores con información para las mismas muestras. Los resultados de los consumidores que no recibieron información mostraron que en Barcelona existieron diferencias significativas entre la aceptabilidad de la dieta $n-3$ respecto a la de las otras carnes, confirmando el por qué la utilidad de la carne enriquecida con $n-3$ en el experimento de elección aumentó significativamente después de la experiencia sensorial. Este patrón se repite igualmente para el mismo tipo de consumidores en Zaragoza y Pamplona, pero también con una aceptabilidad superior y significativa para la carne enriquecida con CLA. Respecto a los consumidores que sí recibieron información, los resultados no muestran cambios significativos a los anteriores. La carne con la aceptabilidad más elevada fue la de la dieta $n-3$ en Zaragoza, Pamplona y Barcelona. En esta última ciudad, se evaluó también positivamente la dieta $n-3$ y CLA.

5. Las comparaciones estadísticas de los factores de escala entre las tres ciudades no están contrastadas debido a que los modelos actuales de GMNL no estiman los coeficientes de este factor a nivel individual. Así, los resultados comparativos del factor de escala entre ciudades se deben de interpretarse teniendo en cuenta este hándicap. No obstante, tal y como propone Fiebig et al. (2010) en su propuesta del GMNL, dichas comparaciones se podrían estimar haciendo que el factor de escala sea una función de la variable de interés, en este caso las ciudades (pp. 8, ecuación 12). No obstante, estos modelos, debido a su complejidad, están por encima de los objetivos de este trabajo pero que merecen ser investigados en futuros trabajos.

6. Al no tener ningún patrón o tendencias claras de los resultados de las desviaciones estándares de los atributos en las tres ciudades, no sería relevante contrastar estadísticamente las diferencias.

Tabla 4. Medias de la aceptabilidad global de la carne de animales alimentados con diferentes dietas para los consumidores sin y con información de Barcelona, Zaragoza y Pamplona

Table 4. Averages of the overall acceptability of meat from animals fed with different diets for consumers with and without information Barcelona, Zaragoza and Pamplona

Información	Convencional		n-3		CLA		n-3 y CLA		Observaciones	
	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con
Barcelona	6,02 ^{a, g, x}	5,36 ^{b, g, y}	6,41 ^{a, f, x}	5,98 ^{a, f, xy}	6,05 ^{a, g, x}	5,76 ^{a, g, x}	6,01 ^{a, g, x}	5,99 ^{a, f, x}	100	106
Zaragoza	5,77 ^{a, g, x}	6,18 ^{a, g, x}	6,19 ^{a, f, x}	6,50 ^{a, f, x}	6,20 ^{a, f, x}	5,96 ^{a, h, x}	5,73 ^{a, g, x}	5,97 ^{a, h, x}	113	115
Pamplona	5,41 ^{a, g, y}	5,52 ^{a, g, y}	5,94 ^{a, f, x}	5,79 ^{a, f, y}	5,87 ^{a, f, x}	5,54 ^{a, g, x}	5,48 ^{a, g, x}	5,38 ^{a, g, x}	109	104
Total	5,73 ^a	5,70 ^a	6,17 ^a	6,10 ^a	6,04 ^a	5,76 ^a	5,74 ^a	5,79 ^a	322	325

^{a,b} Las medias para cada tipo de carne, en una misma fila con distintos superíndices son diferentes ($P < 0,05$). Es decir, comparaciones entre los valores de los consumidores sin información frente a los valores de los consumidores con información para cada tipo de carne.

^{f,g,h} Las medias para cada grupo de consumidores, en una misma fila con distintos superíndices son diferentes ($P < 0,05$). Es decir, comparación de los valores de las 4 muestras de carne en cada grupo de consumidores (sin información y con información) dentro de cada ciudad.

^{x,y} Las medias en una misma columna con distintos superíndices son diferentes ($P < 0,05$).

La tercera perspectiva fue comprobar cómo se evaluó cada tipo de dieta en cada grupo de consumidores y ciudad. Así, por ejemplo, se comprobó si la aceptabilidad de la carne enriquecida con *n*-3 para los consumidores sin información fue diferente entre Barcelona, Zaragoza y Pamplona. Los resultados mostraron un alto grado de homogeneidad en cuanto a las evaluaciones obtenidas. Los valores no presentaron diferencias significativas, excepto dieta convencional con y sin información y dieta enriquecida con *n*-3 con información, donde los consumidores de Pamplona asignaron puntuaciones sensoriales más bajas.

Discusión

Cuando los consumidores en las tres ciudades se enfrentaron por primera vez a un nuevo producto, cuyo conocimiento y experiencia sensorial aún no habían sido formados, su decisión de compra se basó de forma general en el precio y el contenido de grasa visible, mien-

tras que la dieta animal no fue considerada. La importancia relativa de los demás atributos evaluados dependió de la ciudad estudiada. El color de la carne fue relevante para los consumidores de Barcelona y Pamplona y el origen para los consumidores de Zaragoza.

El impacto de la experiencia sensorial y la información demostraron ser factores claves para la creación de las preferencias de los consumidores. Estudios previos también confirmaron la importancia de la evaluación hedónica y la información sobre la aceptación de los productos alimentarios (Stefani *et al.*, 2006) y la disposición a pagar hacia los productos beneficiosos para la salud. En esta misma línea, Napolitano *et al.* (2010) destacaron la importancia de la información sobre la disposición a pagar por la carne de vacuno ecológica. En este estudio, el impacto de la información suministrada dependió de la experiencia sensorial. La información produjo un cambio en las preferencias de los consumidores previo a la experiencia senso-

rial. Sin embargo, las preferencias fueron muy similares para los consumidores con y sin información después de la valoración sensorial de los distintos tipos de carne. En este sentido, cuando los consumidores fueron informados sobre los beneficios saludables que aportaría para la salud humana este nuevo producto, el atributo dieta del animal pasó a ser uno de los factores determinantes de la formación de las preferencias para los consumidores de Barcelona y Zaragoza. Se destaca sin embargo, que los consumidores de Pamplona fueron indiferentes a la información recibida y no cambiaron significativamente sus preferencias, siendo la dieta animal el factor menos relevante en sus decisiones de compra. No obstante, el impacto de la experiencia sensorial sobre las preferencias de los consumidores fue especialmente significativo para los consumidores de Pamplona. Después de haber probado la carne, el precio y la dieta animal fueron los principales factores seguidos por la grasa visible y el color. Una tendencia similar fue observada para los consumidores de Barcelona, aunque la dieta animal y no el precio, fue el factor con más peso en la decisión. Los consumidores de Zaragoza también consideraron el precio y la dieta con prioridad, mientras que el origen de la carne ocupó el tercer lugar en importancia y por último la grasa visible. A diferencia de los consumidores de Barcelona y Pamplona, el color de la carne no fue importante para los consumidores de Zaragoza, mientras que si lo fue su origen.

Los consumidores europeos están cada vez más interesados en cómo se producen los ali-

mentos. Así, Verbeke *et al.* (2010) mostraron como desde el punto de vista del consumidor la carne saludable está asociada con el sistema de producción y a cómo los animales fueron alimentados y tratados. Napolitano *et al.* (2010) indicaron que la información sobre los sistemas de producción puede resultar determinante sobre las preferencias de la carne de vacuno, lo que supone una herramienta potencial para la diferenciación de la carne. Igualmente, en estudios previos realizados en España, la alimentación que recibe el animal se ha identificado como un factor importante en la decisión de compra de los consumidores (Realini *et al.*, 2013).

Según los últimos datos disponibles en el mercado español (Mintel, 2015), los nuevos productos alimentarios con reclamos de salud crecieron un 172.2% en el periodo 2010-2014⁷ de los cuales los productos cárnicos⁸ alcanzaron un crecimiento del 531.8%⁹. La proliferación de estos productos ha llevado a las autoridades públicas responsables de la política alimentaria a nivel europeo de regular continuamente la aparición de estos nuevos reclamos cuya actual normativa autoriza el uso de 222 reclamos (Reglamento 432/2012). Analizando los productos cárnicos, varios reclamos de salud han sido introducidos en España en el periodo 2010-2014. De los reclamos más importantes, en primera posición se encuentra la categoría "aptos para", seguida por el reclamo "sin", el reclamo "ecológico" y finalmente el reclamo "enriquecido y funcional"¹⁰ (Mintel, 2015). Los productos cárnicos funcionales y enriquecidos con compuestos saludables, pese a representar una

7. En el periodo 2010-2014 hubo en el mercado español 12,351 nuevos productos alimentarios con reclamos de salud de los cuales el 11.87% fueron lanzados en el 2010 y el 32.31% en el 2014.

8. La categoría de los productos cárnicos no incluye los productos avícolas y sucedáneos cárnicos.

9. En el periodo 2010-2014 hubo en el mercado español 640 nuevos productos cárnicos con reclamos de salud de los cuales el 6.88% fueron lanzados en el 2010 y el 43.44% en el 2014.

10. El reclamo "apto para" recoge principalmente los productos aptos para los celíacos entre otros. El reclamo "sin" agrupa a las características bajo/sin grasa, bajo/sin colesterol, bajo/sin sal entre otros. El reclamo "enriquecido y funcional" agrupa las características antioxidantes naturales, el *omega-3* y alto en proteína.

pequeña cuota de los nuevos productos cárnicos con reclamos de salud, han experimentado un crecimiento del 0,16% en el año 2010 al 2,97% en el año 2014. Un dato que confirma la constatación de Olmedilla-Alonso *et al.* (2006) de que el desarrollo de los productos cárnicos funcionales tendría un mercado potencial en el futuro. En España, desde el año 2000 fueron introducidos en el mercado 14 productos cárnicos con el reclamo de salud "enriquecido con *n*-3" (Mintel, 2015), principalmente con productos procesados a base de carne de cerdo. No obstante, los productos enriquecidos con *n*-3 a base de carne de ternera fueron irrelevantes.

Datos nacionales indicaron que solo el 5,2% de las innovaciones en alimentación vienen del sector cárnico (CIAA, 2011) y un porcentaje semejante fue encontrado en nuestro estudio utilizando la base de datos Mintel (2015) durante el periodo 2010-2014. Recientemente, Van Wezemael *et al.* (2014) incentivaron a la industria cárnica de vacuno a desarrollar productos con propiedades saludables como una estrategia de diferenciación en el mercado. Sin embargo, los consumidores no estarían dispuestos a comprometer el sabor de los alimentos funcionales por los beneficios eventuales que puedan ejercer sobre la salud (Verbeke, 2006). Los resultados de este estudio demostraron que una carne enriquecida con *n*-3 a través de la modificación de la dieta del animal tiene una aceptabilidad sensorial superior a la de una carne convencional [para más detalles consultar Realini *et al.* (2014) y Barahona *et al.* (2015)]. Estos resultados indican que tanto la información suministrada, especialmente en Barcelona y Zaragoza, como la experiencia sensorial, especialmente en Pamplona, respaldan el desarrollo de estrategias que mejoren la calidad nutricional de la carne de vacuno como una oportunidad de diferenciación de producto para la industria cárnica en España. Antes de la experiencia sensorial, los consumidores mostraron una preferencia hacia la

carne enriquecida con *n*-3 y CLA, mientras que después de la evaluación hedónica se comprobó una preferencia clara hacia la carne enriquecida con *n*-3, aportando más utilidad a los consumidores de Pamplona que a los de Barcelona y Zaragoza. La carne enriquecida con CLA y especialmente la convencional fueron las menos valoradas después de la experiencia sensorial. Los resultados sensoriales y de preferencias de los consumidores de este estudio concuerdan con Grasso *et al.* (2014) y Kraus (2015) que identificaron a los ácidos grasos *n*-3 como uno de los compuestos funcionales más utilizados en el mercado e indicaron que su aplicación en los productos cárnicos es una oportunidad para su industria.

Los consumidores de todas las ciudades evaluadas en el presente estudio prefirieron carne con un engrasamiento leve frente al moderado. Sin embargo, la importancia relativa del nivel de grasa visible en la carne disminuyó después de la experiencia sensorial, mientras que el precio y la dieta fueron priorizados. Tampoco hubo efecto de la información suministrada sobre la importancia de la grasa visible después de probar la carne, excepto en Zaragoza donde su importancia disminuye para los consumidores informados. Una vez que los consumidores informados constatan que la aceptabilidad de la carne enriquecida con *n*-3 es superior a la convencional, la dieta animal pasa a ser más relevante que el nivel de grasa visible en la carne. Kallas *et al.* (2014) indicaron que los consumidores informados están dispuestos a aceptar mayores niveles de grasa si ésta es enriquecida con ácidos grasos saludables.

Los resultados mostraron también que el precio más alto fue la opción con menor preferencia para todos los consumidores, especialmente después de la experiencia sensorial. Sin embargo, la mayor utilidad fue proporcionada por el precio medio-bajo y no por el precio más bajo para los consumidores de

Barcelona y Pamplona, probablemente debido a una percepción negativa de la carne demasiado barata. Se ha visto que el precio es un indicador de calidad y seguridad, asociándose un precio alto a una mayor calidad y un precio demasiado bajo a carne poco segura (Verbeke et al., 2010). Es muy relevante en este sentido comprobar que en Zaragoza, al contrario que en Pamplona y Barcelona, los consumidores informados y con experiencia sensorial que mostraron una preferencia hacia la carne enriquecida condicionan sus elecciones al intervalo más bajo de los precios ofrecidos. Una información clave para la industria cárnica y sus responsables de marketing, para definir políticas de diferenciación de precios más eficientes por ciudad.

El color de la carne fue uno de los factores igualmente importantes para los consumidores de Barcelona y Pamplona, mientras que no lo fue para la decisión de compra de los consumidores de Zaragoza. Se ha indicado que el color es un atributo clave en la comercialización de la carne fresca, ya que es el primer atributo de calidad que ve el consumidor y lo utiliza como indicador de frescura y salubridad. Sin embargo, Taylor (1996) indicó que el color de la carne fresca no está bien correlacionado con su calidad sensorial. No obstante, el consumidor aún demanda carne con un color rojo intenso. Los consumidores de Barcelona y Pamplona prefirieron el color rojo brillante frente al rojo pálido, de acuerdo con Steenkamp y VanTrijp (1996), quienes encontraron una evaluación positiva cuando el color rojo de la carne aumentaba. Estos resultados indican que diferentes estrategias de conservación y presentación de la carne podrían desarrollarse en los mercados de las diferentes ciudades. El envasado al vacío en Zaragoza, donde el color de la carne no fue importante, y el envasado en atmósfera modificada en Barcelona y Pamplona, donde el color rojo brillante es un criterio de elección de la carne, podrían ser formatos a evaluar como opción de envasado en los puntos de venta.

El origen geográfico de la carne fue un factor extrínseco importante para los consumidores de Zaragoza y en menor medida de Pamplona, pero no fue importante para los de Barcelona. Se ha señalado al origen como un indicador de seguridad (Verbeke et al., 2010) y se lo ha vinculado al valor de "localidad", de "sensación de pertenencia del consumidor" (Bernués et al., 2003;), aceptación social y soporte a los productores locales (Panagiotou et al., 2013; Ridley et al., 2015). En el presente estudio, la carne producida localmente fue la preferida frente a otros orígenes nacionales. No obstante, resulta llamativo la no significancia de este atributo para los consumidores de Barcelona (independientemente de la información y experiencia sensorial) y los de Pamplona (después de recibir información y probar la carne), que *a priori* se había esperado una preferencia mayor si consideramos el origen como un descriptor del etnocentrismo y la historia local (Bryła, 2015). Otros autores también mostraron que los consumidores prefieren la carne que proviene de productores locales, del país o región donde residen (Mennecke et al., 2007). La preferencia relativa por la carne producida localmente, indica que la indicación geográfica protegida y las marcas que promueven la carne local tienen de partida un potencial de marketing en España, especialmente en Zaragoza.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por el Instituto Nacional de Investigaciones Agroalimentarias (Proyecto INIA RTA2009-00004-CO2). Los autores agradecen la asistencia proporcionada al personal técnico de la Universidad Pública de Navarra, La Universidad de Zaragoza y del IRTA.

Bibliografía

- Albertí P, Gómez I, Mendizabal JA, Ripoll G, Barahona M, Sarriés V, Insausti K, Beriain MJ, Purroy A, Realini C (2013). Effect of whole linseed and rumen-protected conjugated linoleic acid enriched diets on feedlot performance, carcass characteristics, and adipose tissue development in young Holstein bulls. *Meat Science* 94: 208-214.
- Annett LE, Muralidharan V, Boxall PC, Cash SB, Wismer, WV (2008). Influence of health and environmental information on hedonic evaluation of organic and conventional bread. *Journal of Food Science* 73: 50-57.
- AUS-MEAT (2012). Beef and veal color reference standards. Disponible en http://www.australianmeat.com/Foodservice/Proteins/Beef/Australian_Beef_Chiller_Assessment/ (31 marzo 2016).
- Baba Y, Kallas Z, Costa-Font M, Gil, JM; Realini EC (2016) Impact of hedonic evaluation on consumers' preferences for beef enriched with Omega 3: A Generalized Multinomial Logit Model approach. *Meat Science* 111: 9-17.
- Barahona M, Olleta JL, Sañudo C, Albertí P, Panea B, Pérez-Juan M, Realini CE, and Campo MM (2015). Effects of whole linseed and rumen-protected conjugated linoleic acid enriched diets on beef quality. *Animal* 1:1-9.
- Barreiro-Hurlé J, Gracia A, De-Magistris, T (2009). Market implications of new regulations: impact of health and nutrition information on consumer choice. *Spanish Journal of Agricultural Research* 7: 257-268.
- Bernués A, Olaizola AM, Corcoran K (2003). Extrinsic attributes of red meat as indicators of quality in Europe: an application for market segmentation. *Food Quality and Preference* 14: 265-276.
- Bryła P (2015). The role of appeals to tradition in origin food marketing. A survey among Polish consumers. *Appetite* 91: 302-310.
- Chamorro A, Miranda FJ, Rubio S, Valero V (2013). Análisis de las tendencias de consumo de carne en España. *Eurocarne* 214: 70-78.
- CIAA (2011). Data and trends of the European food and drink industry. Confederation of Food and Drink Industries of the EEC. Disponible en http://www.fooddrinkEurope.eu/uploads/publications_documents/Final_Data_Trends_30.4.2012.pdf (31 marzo 2016).
- Fernández-Ferrín P, Bande-Vilela, B (2013). Regional ethnocentrism: Antecedents, consequences, and moderating effects. *Food Quality and Preference* 30: 299-308.
- Fiebig DG, Keane MP, Louviere J, Wasi N (2010). The generalized multinomial logit model: accounting for scale and coefficient heterogeneity. *Marketing Science* 29: 393-421.
- Gabrielyan G, Mc Cluskey JJ, Marsh TL, Ross CF (2014). Willingness to Pay for Sensory Attributes in Beer. *Agricultural and Resource Economics Review* 43: 125-139.
- García PF, Rodrigo JLN (2001). Las áreas urbanas españolas. Características y tendencias. Universidad de Valencia. III Congreso de Ordenación del Territorio, 3-6 julio 2001, Gijón, España. Disponible en <http://www.uv.es/lejarza/amv/ade-fini/pdf/002.pdf> (31 de marzo 2016)
- Gillis MH, Duckett SK, Sackmann JR, Realini CE, Keisler DH, Pringle TD (2004). Effects of supplemental rumen-protected conjugated linoleic acid or linoleic acid on feedlot performance, carcass quality, and leptin concentrations in beef cattle. *Journal of Animal Science* 82: 851-859.
- Grasso S, Brunton, NP, Lyng JG, Lalor F, Monahan FJ (2014). Healthy processed meat products—Regulatory, reformulation and consumer challenges. *Trends in Food Science & Technology* 39: 4-17.
- Green PE, Rao VR (1971). Conjoint measurement for quantifying judgmental data. *Journal of Marketing Research* 8: 355-363.
- Heid A, Hamm U (2013). Organic consumers' willingness-to-pay for boar meat products before and after tasting product samples. *Organic agriculture* 3: 83-93.
- Kallas Z, Gil JM (2012). A dual response choice experiments (DRCE) design to assess rabbit meat preference in Catalonia A heteroscedastic extreme-value model. *British Food Journal* 114: 1394-1413.

- Kallas Z, Realini CE, Gil JM (2014). Health information impact on the relative importance of beef attributes including its enrichment with polyunsaturated fatty acids (omega-3 and conjugated linoleic acid). *Meat Science* 97: 497-503.
- Kraus A (2015). Development of functional food with the participation of the consumer. Motivators for consumption of functional products. *International Journal of Consumer Studies* 39: 2-11.
- Mennecke BE, Townsend AM, Hayes DJ, Lonergan SM (2007). A study of the factors that influence consumer attitudes toward beef products using the conjoint market analysis tool. *Journal of Animal Science* 85: 2639-2659.
- Mintel (2015). Global New Products Database (GNPD), Food & Drink Category for Spain. Disponible en <http://www.gnpd.com/sinatra/home/> (14 enero 2016).
- Morales R, Aguiar APS, Subiabre I, Realini CE (2013). Beef acceptability and consumer expectations associated with production systems and marbling. *Food Quality and Preference* 29: 166-173.
- Napolitano F, Braghieri A, Piasentier E, Favotto S, Naspetti S, Zanolini R (2010). Effect of information about organic production on beef liking and consumer willingness to pay. *Food Quality and Preference* 21: 207-212.
- Olmedilla-Alonso B, Granado-Lorencio F, Herrero-Barbudo, C, Blanco-Navarro I (2006). Nutritional approach for designing meat-based functional food products with nuts. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 46: 537-542.
- Olmedilla-Alonso B, Jiménez-Colmenero F, Sánchez-Muniz FJ (2013). Development and assessment of healthy properties of meat and meat products designed as functional foods. *Meat Science* 95: 919-930.
- Papanagiotou P, Tzimitra-Kalogianni I, Melfou K (2013). Consumers' expected quality and intention to purchase high quality pork meat. *Meat Science* 93: 449-454.
- Realini CE, Font i Furnols M, Guerrero L, Montossi F, Campo MM, Sañudo C, Nute GR, Alvarez I, Cañequé V, Brito G, Oliver MA (2009). Effect of finishing diet on consumer acceptability of Uruguayan beef in the European market. *Meat Science* 81: 499-506.
- Realini CE, Font i Furnols M, Sañudo C, Montossi F, Oliver MA, Guerrero L (2013). Spanish, French and British consumers' acceptability of Uruguayan beef, and consumers' beef choice associated with country of origin, finishing diet and meat price. *Meat Science* 95: 14-21.
- Realini CE, Kallas Z, Pérez-Juan M, Gómez I, Olleta JL, Beriain MJ, Albertí P, Sañudo C (2014). Relative importance of cues underlying Spanish consumers' beef choice and segmentation, and consumer liking of beef enriched with *n*-3 and CLA fatty acids. *Food Quality and Preference* 33: 74-85.
- Ridley W, Shook S, Devadoss S. (2015). Evaluations of consumers' preference structure for locally-produced beef. *Journal of Food Products Marketing* 21: 1-13.
- Siró I, Kápolna E, Kápolna B, Lugasi A (2008). Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance-A review. *Appetite* 51: 456-467.
- Steenkamp, J, VanTrijp, HCM (1996). Quality guidance: A consumer-based approach to food quality improvement using partial least squares. *European Review of Agricultural Economics* 23: 195-215.
- Stefani G, Romano D, Cavicchi A (2006). Consumer expectations, liking and willingness to pay for specialty foods: Do sensory characteristics tell the whole story? *Food Quality and Preference* 17: 53-62.
- Taylor SA (1996). Modified atmosphere packaging of meat. En: *Meat quality and meat packaging* (Ed. SA Taylor, A Raimundo, M Severini, FJM Smulders), pp. 301-311. ECCEAMST, Utrecht, The Netherlands.
- Train K, Weeks M (2005). Discrete choice models in preference space and willingness-to-pay space. En: *Applications of Simulation Methods in Environmental and Resource Economics* (Ed. A Alberini, R Scarpa), pp. 1-1. Kluwer Academic Publishers, London, Reino Unido.

- Troy DJ, Kerry JP (2010). Consumer perception and the role of science in the meat industry. *Meat Science* 86: 214-226.
- USDA (2007). Official USDA Marbling Photographs reprinted in 2007 by the Livestock and Seed Program and the National Cattlemen's Beef Association. Disponible en <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/QAD912.pdf> (30 marzo 2016).
- Van der Lans IA, Van Ittersum K, De Cicco A, Loseby M (2001). The role of the region of origin and EU certificates of origin in consumer evaluation of food products. *European Review of Agricultural Economics* 28: 451-477.
- Van Wezemael L, Caputo V, Nayga RM, Chrysoschoidis G, Verbeke W (2014). European consumer preferences for beef with nutrition and health claims: A multi-country investigation using discrete choice experiments. *Food Policy* 44: 167-176.
- Verbeke W (2005). Consumer acceptance of functional foods: Sociodemographic, cognitive and attitudinal determinants. *Food Quality and Preference* 16: 45-57.
- Verbeke W (2006). Functional foods: Consumer willingness to compromise on taste for health? *Food Quality and Preference* 17: 126-131.
- Verbeke W, Pérez-Cueto FJA, De Barcellos MD, Krystallis A, Grunert KG (2010). European citizen and consumer attitudes and preferences regarding beef and pork. *Meat Science* 84: 284-292.
- Wagner HS, Howland M, Mann T (2015). Effects of subtle and explicit health messages on food choice. *Health Psychology* 34: 79-82.
- (Aceptado para publicación el 22 de septiembre de 2016)

PREMIOS DE PRENSA AGRARIA 2017 DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO

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

Los premios se regirán de acuerdo a las siguientes

BASES

1. Podrán concursar todos los artículos que versen sobre cualquier tema técnico-económico-agrario.
2. Los artículos que podrán acceder al premio serán todos aquellos que se publiquen en ITEA en el año 2017. 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.

INSCRIPCIÓN EN AIDA

Si desea Vd. pertenecer a la Asociación rellene la ficha de inscripción y envíela a la siguiente dirección:
Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA). Avenida Montañana 930, 50059 Zaragoza.

Si elige como forma de pago la domiciliación bancaria adjunte a esta hoja de inscripción el impreso de domiciliación sellado por su banco.

También puede hacer una transferencia a la cuenta de AIDA (CAI, Ag. 2, Zaragoza, nº ES66-2086-0002-12-3300254819) por el importe de la cuota anual. En ese caso, adjunte un comprobante de la transferencia.

Apellidos:		Nombre:	
NIF:			
Dirección Postal:			
Teléfono:		Fax:	
		e-mail:	
Empresa:			
Área en que desarrolla su actividad profesional:			
		En _____, a ____ de _____ de 20__	
		Firma:	

FORMA DE PAGO (CUOTA ANUAL: 42 EUROS)

☐	Cargo a cuenta corriente (rellenar la domiciliación bancaria)
☐	Transferencia a la cuenta de AIDA ES66-2086-0002-12-3300254819 (adjuntar comprobante)

DOMICILIACION BANCARIA

Sr. Director del Banco/Caja			
Muy Sr. mío,			
Ruego a Vd. se sirva adeudar en la siguiente cuenta corriente (IBAN: 24 caracteres)			
que mantengo en esa oficina, el recibo anual que será presentado por la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA) .			
Atentamente,			
En _____, a ____ de _____ de 20__		Sello de la Entidad:	
Firmado:			

NORMAS PARA LOS AUTORES (actualizado enero 2017)

La revista ITEA es una publicación internacional indexada en las bases de datos de revistas científicas. La revista se publica en español en 4 números (marzo, junio, septiembre y diciembre) por año. De acuerdo con los fines de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA), ITEA publica artículos que hagan referencia a la Producción Vegetal, Producción Animal y Economía Agroalimentaria. Se aceptan contribuciones en formato de nota técnica, artículo de revisión o artículo de investigación. El envío de un artículo implicará que el mismo no haya sido publicado o enviado para publicar en cualquier otro medio de difusión o idioma y que todos los coautores aprueben dicha publicación. Los derechos sobre todos los artículos o ilustraciones publicados serán propiedad de ITEA, que deberá recibir por escrito la cesión o copyright, una vez aceptado el artículo. La publicación de un artículo en ITEA no implica responsabilidad o acuerdo de ésta con lo expuesto, significando solamente que el Comité de Redacción lo considera de suficiente interés para ser publicado.

1. Envío de manuscritos y evaluación

Los manuscritos originales, en español, se enviarán a través de la página web de AIDA (<http://www.aida-itea.org/index.php/revista/revista-envio>). Para ello, los autores deberán registrarse en la aplicación, y seguir las indicaciones pertinentes. El manuscrito se enviará como un único documento Word, incluyendo las tablas y figuras al final del mismo. Los autores deberán incluir en archivo independiente una carta de presentación en la que figure el título, los autores y un listado con 4 potenciales revisores (nombre completo, dirección postal y correo electrónico), que no deberán estar en conflicto de intereses con los autores o el contenido de manuscrito, en cuyo caso el Comité Editorial podrá negarse a colaborar con dichos revisores.

Los manuscritos que no cumplan las normas para autores serán devueltos para su rectificación. El editor correspondiente remitirá el manuscrito a como mínimo 2 revisores que conocerán la identidad de los autores, no así al contrario. Una vez aceptados por el editor, los manuscritos serán revisados por el editor técnico.

Los autores deberán modificar el manuscrito teniendo en cuenta las modificaciones sugeridas por los editores y revisores. La decisión final se comunicará a los autores, que, en caso de solicitarse, deberán modificar el artículo en el plazo de 3 meses desde su comunicación, antes de que sea aceptado definitivamente. Los autores deberán enviar el manuscrito corregido indicando los cambios realizados (por ejemplo, con la función de control de cambios activada), y deberán adjuntar una carta de respuesta a los evaluadores y editores con los cambios realizados. En caso de desacuerdo, los autores deberán justificar al editor debidamente su opinión. Una vez recibidas las pruebas de imprenta del manuscrito, los autores deberán devolver dicho manuscrito corregido en el plazo de 1 semana. Si el editor no recibe una

respuesta por parte de los autores tras 6 meses el artículo será rechazado.

2. Tipos de manuscritos

En la revista ITEA se contemplan tres tipos de manuscritos. Los autores deberán expresar qué tipo de formato han escogido:

- **Los artículos de investigación** tendrán una extensión máxima de 30 páginas con el formato indicado en el siguiente punto. Los apartados de los que constarán son: Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión (o bien, Resultados y Discusión de forma conjunta), Conclusiones y Referencias bibliográficas (ver especificaciones en los siguientes apartados), tablas y figuras.

- **Las notas técnicas**, referidas a trabajos experimentales de extensión reducida, no excederán de 2000 palabras, incluidas Tablas y/o Figuras.

- **Las revisiones bibliográficas** serán una evaluación crítica de una temática que exponga los resultados de otros trabajos, el estado actual de los conocimientos en esa temática y tratará de identificar nuevas conclusiones y áreas de investigación futuras. La extensión máxima será de 30 páginas. Los apartados de una revisión serán: Introducción, los apartados que consideren oportunos los autores y finalizarán con Conclusiones y Referencias bibliográficas (máx. 80), tablas y figuras si los autores lo consideran oportuno.

3. Preparación del manuscrito

Todos los manuscritos se presentarán en hojas de tamaño DIN A4 con márgenes de 2,5 cm y numeración de líneas continua. Se utilizará interlineado doble, fuente Times New Roman tamaño 12 (también en tablas y figuras). Las referencias bibliográficas, tablas y figuras se presentarán al final del documento en hojas separadas (una hoja por tabla y/o figura).

Todos los manuscritos incluirán, en la primera página:

Título: será lo más conciso posible. No incluirá abreviaturas ni fórmulas químicas (excepto símbolos químicos para indicar isótopos). El formato del título será en negrita y formato tipo oración.

Apellido de los autores, precedido de las iniciales del nombre, e indicando con un asterisco el autor para correspondencia. Los autores penúltimo y último irán separados por una "y". En caso de que pertenezcan a distintas instituciones, señalar a cada autor con números superíndices diferentes. Si un autor desea aparecer con dos apellidos, éstos deberán unirse con un guión.

Dirección postal profesional de los autores. Si se desea indicar la dirección actual, deberá escribirse con una letra minúscula como superíndice.

Correo electrónico del autor a quien se va a dirigir la correspondencia.

Ejemplo:

Alternativas al penoxsulam para control de *Echinochloa* spp. y ciperáceas en cultivo de arroz en el nordeste de España

G. Pardo^{1*}, A. Marí¹, S. Fernández-Cavada², C. García-Floria³, S. Hernández⁴, C. Zaragoza¹ y A. Cirujeda¹

*autor para correspondencia: gpardos@aragon.es

El manuscrito incluirá a continuación:

Resumen, que deberá tener un máximo de 250 palabras, e incluirá brevemente los objetivos del trabajo, la metodología empleada, los resultados más relevantes y las conclusiones. Se evitará el uso de abreviaturas.

Palabras clave, un máximo de 6, evitando las ya incluidas en el título.

En inglés: Título del artículo, Resumen, Palabras clave

4. Apartados del manuscrito

El formato de títulos de los apartados será en negrita, el del primer sub-apartado en negrita y cursiva, y el siguiente nivel en cursiva.

- **Introducción:** deberá explicar la finalidad del artículo. El tema se expondrá de la manera más concisa posible, indicando al final los objetivos del trabajo.
- **Material y métodos:** deberá aportar la información necesaria que permita la réplica del trabajo, incluyendo el nombre del fabricante de productos o infraestructuras utilizadas. Los manuscritos deberán incluir una descripción clara y concisa del diseño experimental y de los análisis estadísticos realizados. Se indicará el número de individuos/muestras, valores medios y medidas de variabilidad iniciales.
- **Resultados:** los resultados se presentarán en Tablas y Figuras siempre que sea posible. No se repetirá en el texto la información recogida en las Figuras y Tablas. Se recomienda presentar el valor de significación para que el lector pueda disponer de información más detallada. Puede redactarse de forma conjunta con el apartado de discusión.
- **Discusión:** deberá interpretar los resultados obtenidos, teniendo en cuenta además otros trabajos publicados. Se recomienda utilizar un máximo de 4 referencias para apoyar una afirmación en la discusión, exceptuando en las revisiones.
- **Conclusiones:** a las que se han llegado, así como las posibles implicaciones prácticas que de ellas puedan derivarse (aproximadamente 200 palabras).
- **Agradecimientos:** deberá mencionarse el apoyo prestado por personas, asociaciones, instituciones y/o fuentes de financiación del trabajo realizado.

• **Referencias bibliográficas:** sólo se citarán aquellas referencias relacionadas con el trabajo o que contribuyan a la comprensión del texto. Como máximo se podrán utilizar 40 citas en los artículos de investigación, y 80 en las revisiones bibliográficas. En el manuscrito, se mantendrá el orden cronológico en caso de citar varios autores. Las **citas en el texto** deben hacerse siguiendo los siguientes ejemplos:

*un autor (Padilla, 1974)

*dos autores (Vallace y Raleigh, 1967)

*más de 3 autores: (Vergara *et al.*, 1994)

*mismos autores con varios trabajos (Martín *et al.*, 1971 y 1979)

*autores con trabajos del mismo año: Prache *et al.* (2009a,b)

*Si la cita forma parte del texto: "como indicaban Gómez *et al.* (1969)"

*Leyes y reglamentos: (BOE, 2005) o BOE(2005) si forma parte del texto

Los nombres de entidades u organismos que figuren como autores, por ejemplo Dirección General de la Producción Agraria (DGPA), deberán citarse completos en el texto la primera vez.

Al final del trabajo se referenciarán en orden alfabético, por autor, todas las citas utilizadas en el texto. Se podrán citar trabajos "en prensa", siempre que hayan sido aceptados para su publicación. En casos excepcionales, se aceptarán menciones como "Comunicación personal" o "Resultados no publicados", aunque no constarán entre las referencias bibliográficas. Se indican a continuación ejemplos de **referencias bibliográficas**:

Artículo

Blanc F, Bocquier F, Agabriel J, D'Hour P, Chilliard Y (2006). Adaptive abilities of the females and sustainability of ruminant livestock systems. A review. *Animal Research* 55: 489-510.

Capítulo de libro

Verlander JW (2003). Renal physiology. En: *Textbook of Veterinary Physiology* (Ed. Cunningham JG), pp. 430-467. W.B. the Saunders Company, an Elsevier imprint.

Libro

AOAC (1999). *Official Methods of Analysis*, 16th. Ed. AOAC International, MD, EE. UU. 1141 pp.

Acta de congreso

Misztal I (2013). Present and future of genomic selection at the commercial level. *Book of Abstracts of the 64th Annual Meeting of the EAAP*, 20-30 de agosto, Nantes, Francia, pp. 100.

Fuente electrónica

FAOSTAT (2011). Food and Agriculture Organization statistical database. Disponible en:

<http://faostat.fao.org/default.aspx>

(Consultado: 30 enero 2012).

Documento oficial

MARM (2009). Anuario de estadística agroalimentaria y pesquera 2007. Subsecretaría General Técnica, Ministerio de Medio Ambiente, Medio rural y Marino, 937 pp.

Leyes / Reglamentos

BOE (2005). Real Decreto 368/2005, de 8 de abril, por el que se regula el control oficial del rendimiento lechero para la evaluación genética en las especies bovina, ovina y caprina. Boletín Oficial del Estado, núm. 97, de 23 de abril de 2005, pp. 13918-13937

En aquellas referencias que se hallan consultado electrónicamente o dispongan de DOI, añadir al final "Disponible en:" y la URL donde se haya consultado.

En <http://www.aida-itea.org/> está disponible el fichero de estilo de endnote ITEA.ens URL: <http://www.aida-itea.org/images/files/ITEA.ens.zip> para su descarga.

- **Tablas y Figuras:** su número se reducirá al mínimo necesario, y los datos no deberán ser presentados al mismo tiempo en forma de tabla y de figura. Se recomienda un tamaño de 8 o 16 cm. Las tablas y figuras llevarán numeración diferente y deberán estar citadas en el texto. Sus encabezamientos deberán redactarse de modo que el sentido de la ilustración pueda comprenderse sin necesidad de acudir al texto. Los encabezamientos y pies de figuras deberán aparecer en español e inglés (en cursiva).

Para el diseño de las tablas sólo se usarán filas y columnas, no se usarán tabulaciones ni saltos de línea. No se utilizarán líneas verticales entre columnas ni horizontales entre filas. Sólo se separarán con líneas horizontales los títulos.

Ejemplo de tabla:

Tabla 3. Tarjetas de productos hipotéticos expuestos a los encuestados

Table 3. Hypothetical products cards shown to those surveyed

Nº Tarjeta	Precio €/kg	Tipo de carne	Origen	Sistema
1	22	Lechal	Nacional	Convencional
2	22	Cebo	Extranjero	Ecológico
3	18	Lechal	CLM	Ecológico
4	18	Ternasco	Extranjero	Convencional

Fuente: Díaz *et al.* (2013)

Las figuras se presentarán con la mayor calidad posible. Se podrán presentar en blanco y negro o en color. Los dibujos, gráficos, mapas y fotografías se incluirán como figuras. Para mayor claridad se recomienda el uso, en primer lugar, de líneas continuas; en segundo lugar, de puntos; y en último lugar, de rayas. Se recomienda el uso de símbolos □, ■, ○, ●, △, ▲, ◇, ◆, +, y ×. No utilizar líneas de división horizontales en el gráfico. Incluir barras de error cuando no entorpezcan la interpretación de la figura. En los ejes figurarán las unidades de las medidas referidas (entre paréntesis o separadas por coma). El número de la figura y su leyenda se indicarán en la parte inferior de la misma. Si las figuras se confeccionan con un programa distinto de los del paquete Office deberán ser de una calidad de 300 píxeles por pulgada o superior o escalable. Se enviarán las fotografías por separado como archivos de imagen (jpg, tiff o similar) con una resolución final de al menos 300 píxeles por pulgada.5.

5. Normas de estilo

- Se aplicará el Sistema Internacional de Unidades.
- Los decimales se indicarán en español con una coma (,) y en inglés con un punto (.).
- Las abreviaturas se definirán la primera vez que se citen en el texto.
- Las frases no podrán comenzar con una abreviatura o un número.
- Los nombres de hormonas o productos químicos comenzarán con minúsculas (sulfato de metilo, en vez de Sulfato de Metilo).
- Las fórmulas químicas se nombrarán según las normas IUPAC (p. ej. H₂SO₄ en vez de SO₄H₂) y los nombres comerciales comenzarán con mayúscula (p.ej. Foligón). En el caso de iones, debe indicarse el signo (p. ej. NO₃⁻, SO₄²⁻).
- Los nombres científicos de organismos vivos (botánicos, microbiológicos o zoológicos) deberán incluir en su primera cita la denominación completa de género, especie y del autor. En siguientes apariciones se abreviará el género con la inicial del mismo y se mantendrá el nombre de la especie. Ejemplo: *Papaver rhoeas* L. y posteriormente, *P. rhoeas*.
- Los nombres latinos de géneros, especies y variedades se indicarán en cursiva y los nombres de cultivos entre comillas simples (p. ej. 'Sugar Baby').
- Las llamadas en nota a pie de página o cuadro deberán ser las menos posibles y, en todo caso, se indicarán mediante números correlativos entre paréntesis (p. ej. (1), (2), evitando el uso de asteriscos, letras o cualquier otro signo).
- Los niveles de significación estadística no necesitan explicación (* = P<0,05; ** = P<0,01; ***= P<0,001; NS = no significativo).

Volumen 113

Número 2

Junio 2017

itea

información técnica económica agraria

www.aida-itea.org

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO

