itea

información técnica económica agraria

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO



Volumen 109
Número 4
Diciembre 2013

AIDA

www.aida-itea.org

itea

Información Técnica Económica Agraria
Revista de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario
www.aida-itea.org

2013 - AÑO XLIII
Vol. 109 N.º 4
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: 1699-6887
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-CSIC. España
EDITORES: Azucena Gracia, CITA de Aragón. España
Ramón Isla, CITA de Aragón. España
Albina Sanz, CITA de Aragón. España

COMITÉ DE REDACCIÓN: Alfonso Abecia, Universidad de Zaragoza. España • Pere Albertí, CITA de Aragón. España
Javier Álvarez, Universitat de Lleida. España • Jorge Álvaro, EEAD-CSIC. España
Carlos Calvete, CITA de Aragón. España • Fernando Escriu, CITA de Aragón. España
Cristina Mallor, CITA de Aragón. España • Juan A. Marín, EEAD-CSIC. 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, DGA, 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

La revista Itea 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 con las opiniones vertidas en los artículos firmados que publica, cuya responsabilidad corresponde a sus autores.

Suscripciones y Distribución: Información Técnica Económica Agraria publica anualmente cuatro números por volumen. El precio de la suscripción para 2013 será de 39 €. Se acepta el intercambio con otras revistas. E-mail: jmoreno@aragon.es



Autor de foto y texto: Javier Amor Ranedo

Al viajar por la Cornisa Cantábrica y Galicia llama la atención la presencia de pequeños rebaños de ovejas pastando en fincas particulares. Con la excepción de las zonas vinculadas a la producción de queso, en el resto de la llamada "España Verde" no existe una estructura ganadera ovina importante. Muchos de estos microrrebaños se dedican simplemente a la limpieza de pequeños prados o fincas de las viviendas: lo que algunos denominan "ovejas jardineras". Curiosamente, es frecuente encontrar razas extranjeras como Suffolk, Berrichon o Texel, o cruces de éstas con razas autóctonas. No se trata de un sector ganadero como tal, puesto que su producción es muy escasa, normalmente para autoconsumo y no es susceptible de mejora productiva o técnica. Sin embargo, su función paisajística y ambiental no es desdeñable, contribuyendo al mantenimiento de un paisaje tradicional de pequeños prados que de otra forma se degradarían y desaparecerían.

Editorial

Tras las elecciones de AIDA del año pasado, la revista ITEA renovó en el 2013 tanto su Comité de Redacción como su Comité Asesor. El equipo de redacción continúa la labor de mejora de la revista y tras la consolidación de la gestión "en línea" de las evaluaciones de los artículos por el sistema OJS, se ha logrado dotar de "doi" a los artículos que se publican en ITEA desde el número de junio del 2013. Estos cambios han multiplicado por 4 el número de consultas de los artículos publicados en la página Web, aumentando sensiblemente la visibilidad de la revista ITEA.

Dentro de los cambios previstos para el próximo año, el comité de redacción de ITEA ha decido que la revista dejará de imprimirse en papel, pasando a ser una revista digital. Esta decisión ha tenido que tomarse por el descenso continuado de los socios de AIDA, con la consiguiente disminución de los ingresos, y el incremento de los gastos de la revista en los últimos años. Desde el 2014, en el momento en que aparezca cada número nuevo de la revista, los socios recibirán, por correo electrónico, una alerta con los enlaces para que puedan descargarse los artículos que le interesen, o bien el número completo.

Este año se han mantenido conversaciones con Thomson Reuters para el cambio de clasificación de la Revista ITEA en el Journal Citation Reports (JCR 2012), de "Agricultural Economics and Policy" a "Agronomy" y "Agriculture, Dairy and Animal Science" para el año que viene. No ha sido posible su inclusión en "Multidisciplinary", tal como se solicitó, ya que Thomson Reuters solo adjudica esta categoría a las revistas que no pueden clasificarse en ninguna categoría de las existentes.

Desde la redacción de la revista estamos trabajando con ilusión en su mejora continua y admitimos cualquier sugerencia que consideréis oportuna.

Clara Mª Marín Alcalá
Directora de ITEA

Sumario

Producción Vegetal

Estado de la cuestión del riego por goteo enterrado: Diseño, manejo, mantenimiento y control de la salinidad del suelo.
State of the art of subsurface drip irrigation: Design, management, maintenance and soil salinity control.
R. Salvador y R. Aragüés 395

Presencia de aislamientos homotálicos de *Phytophthora infestans en cultivos de papa* (*Solanum tuberosum* L.) tratados con metalaxil en el Valle Toluca, México.
Ocurrence of homothallic isolates of Phytophthora infestans within potato crops (Solanum tuberosum *L.*) *treated with metalaxil in the Toluca Valley, Mexico*.
C.A. López-Orona, A.R. Martínez-Campos, C.G. Peñuelas-Rivas, T.T. Arteaga-Reyes, C.A. Ruiz-Olmos, M.A. Gómez-Tenorio y D. Palmero 408

Producción Animal

Caracterización del pico preovulatorio de LH en ovejas Rasa Aragonesa portadoras o no del alelo *FecX*^{R} (ROA®).
Preovulatory LH surge of Rasa Aragonesa ewes carrying or not the FecX^{R} *allele (ROA®).*
B. Lahoz, J. Folch, P. Sánchez y J.L. Alabart 415

Influencia de la línea Duroc y del sexo sobre los resultados productivos, calidad de la canal, de la carne y de la grasa de cerdos destinados a la producción de jamón de Teruel.
Influence of Duroc sire line and gender on productive performance and carcass, meat and fat quality of pigs destined to Teruel ham production.
I. Garitano, C. Liébana, E. Feliz de Vargas, A. Olivares y A. Daza 429

Economía Agraria

Satisfacción de los socios con las cooperativas agrarias. Una explicación a partir de la Teoría de los Derechos de Propiedad.
Members' satisfaction with agricultural cooperatives. An explanation from Property Rights Theory.
N. Arcas-Lario, J. F. Martín-Ugedo y A. Mínguez-Vera 443

Integración espacial en el mercado europeo de aceite de oliva.
Spatial Integration of the European Olive Oil Market.
J.A. Roldán-Casas, R. Dios-Palomares y J. Martínez-Paz 458

Estructura de preferencias de los consumidores de carne de cordero en Castilla-La Mancha.
Lamb meat consumer preference structure in Castilla-La Mancha.
M. Díaz, A. Prieto y R. Bernabéu 476

Estado de la cuestión del riego por goteo enterrado: Diseño, manejo, mantenimiento y control de la salinidad del suelo

R. Salvador*,[1] y R. Aragüés**

* Departamento de Suelo y Agua, Estación Experimental de Aula Dei (CSIC), Avda. Montañana 1005, 50059 Zaragoza, España

** Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Diputación General de Aragón (DGA), Unidad de Suelos y Riegos (Unidad Asociada EEAD-CSIC), Avenida Montañana 930, 50059 Zaragoza, España

Resumen

El riego por goteo enterrado (RGE) ha despertado en los últimos años un interés creciente en España debido a que su baja presión de trabajo y su menor coste energético, junto con otras potenciales ventajas comparativas, puede hacerlo más rentable que otros sistemas de riego (aspersión en particular). Este trabajo revisa las principales ventajas y limitaciones del RGE, con un énfasis particular en los problemas de diseño, manejo y mantenimiento del sistema, así como en la salinización potencial del suelo superficial en zonas áridas o semiáridas regadas con aguas de baja calidad. El RGE bien diseñado, manejado y mantenido, ha demostrado ser rentable y sostenible. Sin embargo, el RGE tiene inconvenientes relacionados con las características del agua de riego, del suelo y de los cultivos que pueden comprometer su sostenibilidad y rentabilidad. Las ventajas y limitaciones del RGE deben por lo tanto evaluarse en cada caso particular con el objetivo de proporcionar recomendaciones sólidas a los agricultores.

Palabras clave: Riego por goteo enterrado, calidad del agua, textura, salinidad, germinación.

Abstract
State of the art of subsurface drip irrigation: Design, management, maintenance and soil salinity control

Subsurface drip irrigation (SDI) has attracted an increasing interest in Spain in the last years due to its low operating pressure and lower energy cost that, coupled to other potential advantages, can make it more profitable than other irrigation systems (sprinkler systems in particular). This work reviews the main benefits and constraints of SDI, with special emphasis on design, management and maintenance problems, as well as on the potential salinization of surface soils in arid and semiarid areas irrigated with low quality waters. Well designed, operated and maintained SDI systems have shown to be profitable and sustainable. Nevertheless, SDI has drawbacks in relation to certain irrigation water, soil and crop characteristics that can jeopardize its sustainability and profitability. Therefore, the advantages and limitations of SDI must be evaluated on a case-by-case basis with the objective of providing solid recommendations to farmers.

Key words: Subsurface drip irrigation, water quality, texture, salinity, germination.

---

1. Autores para correspondencia: rsalvador@eead.csic.es

http://dx.doi.org/10.12706/itea.2013.023

Introducción

El riego por goteo enterrado (RGE) consiste en la aplicación de agua de forma localizada bajo la superficie del suelo por medio de emisores con caudales de descarga similares a los del goteo superficial. Este sistema ha despertado en los últimos años un interés creciente entre los agricultores debido principalmente a que trabaja a baja presión y, por lo tanto, consume menos energía que el riego por aspersión.

El RGE se viene utilizando desde hace más de cuatro décadas en diversos lugares del mundo (Camp, 1998). Así, hacia 1970 se realizaron las primeras instalaciones comerciales en plantaciones de azúcar en EEUU. Posteriormente, el RGE fue aplicado en una gran variedad de cultivos incluyendo cítricos, caña de azúcar, piña, algodón, hortícolas, frutales, aguacate, maíz y patata. En los primeros años 80 aumentó el interés por el RGE debido al descenso en los precios del material utilizado y al aumento en los precios de los fertilizantes. A partir de mediados de los años 80 comenzaron a publicarse artículos con información sobre la profundidad de instalación y espaciamiento de los laterales, la inyección de fertilizantes, el rendimiento de los cultivos, las necesidades de agua y de filtración, y comparaciones con otros sistemas de riego.

Este artículo resume la información más relevante existente sobre este sistema de riego, con un énfasis particular sobre las ventajas y limitaciones relacionadas con su diseño y mantenimiento, la implantación de cultivos y el control de la salinidad.

Ventajas a inconvenientes del RGE frente a otros sistemas de riego

El RGE presenta ventajas e inconvenientes que es necesario conocer para una toma de decisiones óptima cuando existen distintos sistemas de riego disponibles (Lamm y Camp, 2007). Las Tablas 1 y 2 resumen respectivamente estas ventajas y limitaciones. En los siguientes apartados se discuten las más relevantes, haciendo énfasis en los principales inconvenientes que pueden en ciertos casos comprometer la sostenibilidad y viabilidad económica de este sistema de riego.

Diseño y manejo del RGE

El diseño correcto de la instalación en RGE es uno de los puntos más importantes debido a las dificultades prácticamente insalvables para modificar una instalación que en su mayor parte está enterrada. Por ello, es necesario optimizar tanto las características del cabezal de riego como las del sistema enterrado.

La topografía y tamaño de la parcela condicionan el diseño de este sistema que en principio es más adecuado para parcelas pequeñas o medianas sin pendiente o con pendientes moderadas. No es recomendable que la pendiente de las líneas de gotero sea mayor del 2%, en cuyo caso será necesaria la utilización de goteros autocompensantes para minimizar las diferencias de caudal entre el primer y último gotero. Este sistema de riego no está aconsejado en parcelas con ondulaciones importantes (Lamm *et al*., 2003).

El cabezal de riego debe tener en cuenta las necesidades de filtrado, que dependen de la calidad del agua de riego, de las características de los goteros y del tamaño máximo de partículas que soporten los mismos sin obturarse. Aunque el riego por goteo requiere presiones de funcionamiento relativamente bajas, el lavado de los filtros puede exigir presiones muy superiores.

En el diseño del riego en parcela hay que tomar decisiones sobre los componentes a instalar que conllevan ventajas e inconvenientes, por lo que es recomendable utilizar

Tabla 1. Resumen de las ventajas potenciales del RGE respecto a otros sistemas de riego citadas por Siefert *et al*. (1975), Phene *et al*. (1987), Phene (1990), Lamm *et al*. (1995), Hutmacher *et al*. (1996), Camp (1998), Ayars *et al*. (1998, 1999, 2001), Ayers *et al*. (1999), Oron *et al*. (1999), Thompson *et al*. (2002), Tingwu *et al*. (2003), Hanson y May (2004), Lamm y Camp (2007) y Thompson *et al*. (2010). Algunas de estas ventajas son comunes al riego por goteo superficial

Table 1. Summary of potential advantages in using subsurface drip irrigation (SDI) as reported by Siefert et al*. (1975), Phene* et al*. (1987), Phene (1990), Lamm* et al*. (1995), Hutmacher* et al*. (1996), Camp (1998), Ayars* et al*. (1998, 1999, 2001), Ayers* et al*. (1999), Oron* et al*. (1999), Thompson* et al*. (2002), Tingwu* et al*. (2003), Hanson and May (2004), Lamm and Camp (2007) and Thompson* et al*. (2010)*

1	**Aumento de la eficiencia en el uso del agua de riego** debido a (1) mayor producción de los cultivos sin incremento en la aplicación de agua, (2) reducción de los usos no beneficiosos del agua (evaporación, escorrentía superficial, percolación profunda), (3) mayor uniformidad y eficiencia del riego, y (4) mayor infiltración y almacenamiento de agua en suelos más secos y menos encostrados.
2	**Reducción del volumen de riego aplicado** (especialmente en zonas áridas y frente a sistemas de riego que mojan toda la superficie del suelo) excepto si se utiliza para la germinación, emergencia e implantación del cultivo.
3	**Independencia de las condiciones meteorológicas (viento y elevadas temperaturas) para el riego,** al contrario que en riego por aspersión.
4	**Mejor manejo de fertilizantes y pesticidas** que se inyectan al sistema localizándose en el lugar y momento más adecuados, lo que aumenta su eficacia y reduce las pérdidas por lavado (especialmente en el caso del nitrógeno).
5	**Menores efectos externos sobre la calidad de las aguas** debido a que la aplicación de riegos frecuentes y ligeros reduce el lavado de nutrientes y agroquímicos por debajo de la zona de raíces.
6	**Reducción de la percolación profunda** y de la recarga de las aguas subterráneas, menor ascenso de los freáticos y menor salinización del suelo en áreas afectadas por freáticos superficiales salinos.
7	**Mayor posibilidad de utilización de aguas residuales** (especialmente en jardines) debido a la reducción del movimiento de patógenos, olores y contacto con humanos y animales. Además, la aplicación de efluentes biológicos con este sistema puede reducir las necesidades de tratamiento de las aguas.
8	**Mejora de la sanidad de los cultivos** y reducción de las enfermedades causadas por patógenos, hongos y bacterias debido a menores valores de humedad en el entorno del cultivo.
9	**Mejor control y reducción del crecimiento de malas hierbas** debido a la menor humedad de la superficie del suelo. Consecuentemente, hay una reducción en el empleo de herbicidas, maquinaria (ahorro de combustible) y personal.
10	**Mejor utilización de aguas de riego salinas** en comparación con el riego por superficie debido a una distribución de sales más adecuada en la zona de raíces de los cultivos.
11	**Incremento en el rendimiento y calidad de la producción** y mayores oportunidades de obtener dobles cosechas en muchos cultivos (aunque en la mayoría de los casos los incrementos son solo del orden del 20% o inferiores).
12	**Mejora de la eficiencia y gestión de las operaciones agrícolas** ya que muchas de ellas pueden realizarse durante el riego. Estas operaciones, al llevarse a cabo en el suelo con la superficie seca, resultan en una menor compactación y encostramiento del suelo.

13	**Menores presiones operacionales y costes energéticos** que en algunos tipos de riego por aspersión.
14	**Mayor ahorro de energía** debido a la reducción en el tráfico de maquinaria y, en algunos casos, a la reducción en las aplicaciones de agua, fertilizantes y pesticidas.
15	**Menores componentes mecanizados** que en el riego por aspersión con sistemas desplazables. La mayor parte de los componentes son plásticos y resistentes a la corrosión.
16	**Mayor flexibilidad de diseño** y adaptabilidad al tamaño y forma de las parcelas que en los equipos pivote. Menores limitaciones en cuanto a la pendiente del terreno que en riego por superficie.
17	**Mayor longevidad (>10 años) en sistemas bien diseñados y mantenidos.** Al ser un sistema enterrado se encuentra protegido de la radiación solar, cambios bruscos de temperaturas, daños de animales y vandalismo.
18	**Mayor rentabilidad,** aunque depende en gran medida de las condiciones y restricciones locales, especialmente en relación con la disponibilidad y coste del agua.

Tabla 2. Resumen de las limitaciones potenciales del RGE respecto a otros sistemas de riego citadas por Camp (1998), Rogers *et al.* (2003), Lamm y Camp (2007), Hanson *et al*. (2008), Roberts *et al*. (2008), Thompson *et al*. (2010) y Hanson (2012)

Table 2. Summary of potential disadvantages in using subsurface drip irrigation (SDI) as reported by Camp (1998), Rogers et al*. (2003), Lamm and Camp (2007), Hanson* et al*. (2008), Roberts* et al*. (2008), Thompson* et al*. (2010) and Hanson (2012)*

1	**Los errores de diseño son difíciles de resolver** porque la mayor parte del sistema está enterrado. Dificultad en monitorizar y evaluar los eventos de riego y el mal manejo del sistema, lo que puede provocar una deficiente uniformidad de distribución del agua, zonas infra- y sobre-regadas, deficiente aireación del suelo, menores rendimientos y elevadas pérdidas de percolación profunda.
2	**Tamaño limitado del bulbo húmedo,** particularmente en suelos de textura gruesa, que puede restringir el desarrollo radicular y hacer críticos tanto el calendario de riego como la dosis de agua y fertilizantes.
3	**Descarga de los emisores superior a la capacidad del suelo para redistribuir el agua aplicada,** alterando los flujos y provocando flujos preferenciales y surgencias de agua en la superficie del suelo.
4	**Insuficiente movimiento del agua hacia la superficie del suelo,** especialmente en suelos de textura gruesa, limitando la germinación y establecimiento de los cultivos y aumentando las necesidades de aplicación de agua para lograr una humedad óptima en la cama de siembra.
5	**Acumulación de sales** sobre las líneas portagoteros y, particularmente, cerca de la superficie del suelo, perjudicando la germinación y emergencia de las plántulas. En ausencia de lluvias que laven las sales, su progresiva acumulación puede limitar seriamente la producción de cultivos sembrados en años sucesivos en estas zonas salinizadas.
6	**Laboreo del suelo limitado por la profundidad de instalación de las líneas portagoteros.** Las líneas superficiales pueden dañarse y/o aplastarse por el tráfico de maquinaria agrícola durante el cosechado, en particular en condiciones de suelo húmedo.
7	**Dificultad de acomodación de cultivos con distintos espaciamientos entre filas a la distancia fija entre las líneas portagoteros.** Algunos cultivos pueden necesitar espaciamientos entre líneas portagoteros tan pequeños que resultan económicamente inviables.

8	**Elevada necesidad de filtrado y manejo complejo de la calidad** del agua debido a que no existe la oportunidad de una limpieza manual de los emisores.
9	**Operaciones de mantenimiento de la instalación muy elevadas**, entre las que se incluyen el control estricto de fugas, los tratamientos preventivos para impedir la intrusión de raíces en los goteros, los lavados periódicos de las partículas de suelo y otros precipitados acumulados en las líneas portagoteros, y la instalación de válvulas antivacío capaces de evacuar el aire de las tuberías. Todo ello aumenta los costes operacionales que pueden comprometer la viabilidad económica del sistema.
10	**Mayor coste inicial de la inversión que en riego por aspersión** (cobertura total y sobre todo pivotes), en especial en parcelas medianas y grandes con topografía regular. Los costes pueden ser en torno a un 50% mayores que los de una cobertura total. Esto hace que el sistema sea difícil de rentabilizar si hay poca disponibilidad de agua o energía o si los cultivos no tienen una alta productividad económica.
11	**Problemas ecológicos a la hora de abandono de las líneas portagoteros.** No está resuelto el procedimiento para eliminar los restos del goteo enterrado de una parcela.

programas de simulación que ayuden a tomar el conjunto de decisiones más adecuadas para cada instalación individual (Rodríguez y Gil, 2012). Las consideraciones más importantes a tener en cuenta son:

1. **Grosor de la línea portagoteros**: Las líneas portagoteros con paredes más gruesas tienen un coste superior, pero son mucho más resistentes frente a roturas accidentales en el laboreo o aplastamientos por el paso de maquinaria o por colapso del terreno. Un aplastamiento de la tubería producirá una falta de uniformidad o incluso la ausencia de riego en la parte de la línea portagoteros posterior a la zona aplastada. La disolución de minerales solubles como el yeso puede asimismo provocar cárcavas que favorecen el aplastamiento o rotura de las líneas.
2. **Longitud de la línea portagoteros**: La longitud máxima determina la variación entre los caudales de los emisores. Una diferencia de caudal entre el primer y último emisor del 10% es la más deseable, entre el 10 y 20% es tolerable y valores más altos son inaceptables. Cuanto mayor es la longitud de las líneas, más económica es la instalación, por lo que es necesario llegar a un compromiso razonable entre economía y calidad del riego para cada una de las parcelas. Se recomienda ser conservador con los datos de pérdidas de carga proporcionados por los fabricantes y reservar un margen de pérdida de carga disponible a la hora de seleccionar la longitud de las tuberías a instalar.
3. **Profundidad de la línea portagoteros:** La profundidad ideal depende de la estructura y textura del suelo, del patrón de desarrollo de las raíces, de la profundidad de los aperos a emplear, de la permanencia de un mismo cultivo en la parcela y, principalmente, de si el RGE se va a utilizar o no para la germinación y nascencia del cultivo (Charlesworth y Muirhead, 2003). Conforme mayor es la profundidad de instalación, menores son las posibilidades de intrusión de raíces y de aplastamiento de las líneas, pero mayores son las dificultades para la germinación óptima de las semillas, que requieren mayores dosis de riego, produciendo mayores pérdidas de agua (y fertilizantes) por percolación profunda. Según Camp (1998), la profundidad de la línea portagoteros puede encontrarse entre 0,02 y 0,70 m. Como norma general, se recomiendan pro-

fundidades de entre 0,40 y 0,45 m en suelos de textura arcillosa y de 0,25-0,35 m en suelos con textura más arenosa (Lamm *et al*., 2003). Si la germinación se produce con RGE, se recomiendan profundidades de entre 0,20 y 0,30 m, aunque ello favorece la aparición de malas hierbas que aumentan el gasto en herbicidas y provoca una mayor evaporación de agua desde la superficie del suelo húmedo y una mayor salinización potencial del suelo superficial. Estos problemas han conducido a que más del 90% de los agricultores encuestados en California utilicen el riego por aspersión en lugar del RGE para la germinación e implantación del cultivo (Burt y Styles, 1994).

4. **Espaciamiento de la línea portagoteros:** El mejor espaciamiento es el que coincide con el espaciamiento entre las líneas del cultivo, de tal manera que la línea portagoteros se disponga en la vertical de la línea del cultivo. Si este espaciamiento no es económicamente viable, se recomienda disponer una línea portagoteros entre cada dos líneas de cultivo. Cuanto mayor es el espaciamiento, menor es en general el rendimiento del cultivo. Un espaciamiento de 1,5 m entre líneas portagoteros es el más recomendable en términos económicos (Camp, 1998), excepto en cultivos que cubren toda la superficie del suelo en los que el espaciamiento no debe superar 1 m (Charlesworth y Muirhead, 2003).
5. **Distancia entre goteros:** esta distancia viene determinada por el tipo (textura) de suelo, el espaciamiento entre plantas y la calidad del agua de riego. Esta distancia debe ser menor en suelos de textura gruesa, plantas menos espaciadas y aguas de riego de elevada salinidad. Generalmente, para distancias entre líneas dentro de lo aconsejable, la distancia entre goteros se encuentra entre 0,3 y 0,6 m.
6. **Goteros:** La obturación de los goteros es la razón más importante de fallo del sistema (Lamm *et al*., 2003) ya que al estar embutidos en las líneas portagoteros enterradas no es posible su sustitución. Por este motivo, se han de seleccionar emisores con paredes algo mayores que las que se instalarían en superficie. Se debe encontrar el óptimo económico entre calidad (y precio) de los goteros y la separación entre ellos para conseguir una instalación robusta sin perder demasiada uniformidad de riego. Los goteros deben ser autocompensantes y antisucción. Algunos instaladores prefieren goteros de alto caudal porque son menos sensibles a obturaciones aunque con estos goteros las líneas deban ser más cortas. Además, la conductividad hidráulica del suelo debe ser mayor que la descarga de los emisores para evitar sobrepresiones que pueden provocar la entrada de partículas de suelo en el emisor al cesar el riego, flujos preferenciales y surgencias en la superficie.
7. **Caudalímetros y transductores de presión:** Tanto los caudalímetros como los transductores de presión han de ser suficientes para garantizar una correcta visualización del funcionamiento de la red. De esta forma, si aparece algún problema en la misma será rápidamente detectado y reparado.
8. **Tuberías de vaciado y limpieza:** Estas tuberías se instalan conectando el final de las líneas portagoteros y se utilizan para el vaciado y limpieza de la instalación así como para proporcionar agua por el extremo de salida de las líneas portagoteros. La posibilidad de suministrar agua por los dos extremos de las líneas permite seguir regando zonas afectadas por obturaciones o aplastamiento de las líneas portagoteros. Estas tuberías deben diseñarse con una velocidad mínima de vaciado de 0,5 m/s para evitar la acumulación de sedimentos (Lamm *et al*., 2003).
9. **Ventosas y válvulas anti-retorno:** Una correcta instalación de válvulas antiretorno evita la entrada de tierra en los goteros por

la succión que se produce al finalizar cada evento de riego. Asimismo, se recomienda instalar en los puntos más altos de la red ventosas antivacío capaces de evacuar el aire que alberguen las tuberías.

En las instalaciones de RGE bien diseñadas y mantenidas se han obtenido buenas eficiencias de aplicación del agua después de hasta 20 años de funcionamiento (Enciso-Medina *et al*., 2011). Las mayores eficiencias se alcanzaron en instalaciones que trabajaban entre el 65 y 100% de su presión nominal. Se han realizado numerosos estudios comparando las distintas opciones de instalación, y hay que resaltar que la combinación óptima para una zona puede no serlo para otra, ya que la uniformidad y eficiencia del riego viene determinada en gran medida por el suelo existente en la parcela.

El RGE debe diseñarse, como cualquier otro sistema de riego, para satisfacer las máximas necesidades de riego de los cultivos. El mantenimiento de las instalaciones debe evitar la obturación de goteros y permitir alcanzar uniformidades de riego óptimas de entre el 80 y 90%, salvo en zonas con pendientes en las que se aceptan valores de entre el 70 y 85% (Lamm y Camp, 2007).

Antes de la instalación del RGE es necesario analizar el suelo y el agua de riego. En el suelo se debe cuantificar la textura a distintas profundidades, la velocidad de infiltración y la capacidad de retención de agua que afectan a la distribución del agua. Aún así, en suelos con poca estructura, los perfiles de humedad pueden ser muy diferentes para suelos con textura muy similar. También conviene conocer la salinidad del suelo y la posible existencia de yeso. En el agua de riego se debe medir: Conductividad eléctrica, pH, cationes y aniones principales, Relación de Adsorción de Sodio, Nitrato, Boro, Fe, Mn, H_2S, sólidos totales en suspensión, población de bacterias y presencia de aceite (Rogers *et al*., 2003).

El manejo de la calidad del agua de riego es una consideración crítica en el RGE. Por ello, suele ser necesario inyectar productos químicos, como ácidos y cloro, que minimicen la obturación química y biológica de los emisores. Sin embargo, la adición de estos y otros productos químicos puede ser perjudicial para los cultivos sensibles a los mismos. Rogers *et al*. (2003) revisaron en profundidad los principales problemas de calidad de las aguas y las recomendaciones acerca de los tratamientos más efectivos para prevenir la obturación física, química y biológica de los emisores (Tabla 3).

La intrusión de raíces en los emisores es otro problema relevante. Además, las raíces de cultivos perennes pueden atenazar las líneas portagoteros y reducir o suprimir el flujo de agua. Ruskin *et al*. (1990) han discutido la incorporación de herbicidas de liberación controlada en los emisores (en este caso trifluralina) que evitaron la intrusión de raíces por un período de 10 años. Sin embargo, el beneficio de esta práctica depende del cultivo implantado. Actualmente existen goteros que incorporan herbicidas para evitar la intrusión de raíces, además de barreras físicas de diseños variados cuyo objeto es dificultar la penetración de las raíces al interior del gotero. Además de las medidas citadas anteriormente, el riego frecuente contribuye también a evitar este tipo de obturaciones.

El RGE aporta agua de forma no uniforme en el suelo, aunque debe proporcionar a todas las plantas la misma oportunidad de acceder al agua de riego. La uniformidad inicial del sistema de riego puede verse afectada por obturaciones de los goteros, roturas producidas por animales o máquinas, o por aplastamiento de las líneas portagoteros. En cuanto a la frecuencia de riego, ésta resulta importante únicamente en cultivos con raíces muy profundas o en suelos muy profundos y arenosos. Sin embargo, puede haber beneficios asociados a riegos frecuentes y ligeros ya que disminuyen la percolación profunda.

Tabla 3. Tratamientos a aplicar al agua de riego para prevenir obturaciones en sistemas de microrriego. Adaptado de Hanson *et al*. (1994) y Rogers *et al*. (2003).
Table 3. Water treatments to prevent clogging in microirrigation systems. Adapted from Hanson et al*. (1994) and Rogers* et al*. (2003)*

Problema	Opciones de tratamiento
Precipitación de carbonatos (precipitado blanco) Nivel en el agua de riego: HCO_3 mayor de 2.0 meq/l pH mayor de 7.5	Acidificación del agua con ácido a elección (nítrico, sulfúrico, clorhídrico, muriático, ureas ácidas…) siguiendo uno de estos dos patrones: • Inyección continua manteniendo el pH entre 5 y 7. • Inyección periódica manteniendo el pH por debajo de 4 diariamente entre 30 y 60 minutos.
Precipitación de hierro (precipitado rojizo) Nivel en el agua de riego: Concentraciones de hierro mayores de 0.1 ppm	– Oxigenación y precipitación del hierro oxidado (mejor tratamiento para altas concentraciones de 10 ppm o mayores). – Precipitación por cloración inyectando cloro para precipitar el hierro en una proporción de 1 ppm de cloro por 0.7 ppm de hierro. – Reducción del pH por debajo de 4 diariamente entre 30 y 60 minutos.
Precipitación de manganeso (precipitado negro) Nivel en el agua de riego: Concentraciones de manganeso mayores de 0.1 ppm	– Inyección de 1 ppm de cloro por cada 1.3 ppm de manganeso antes del filtrado.
Bacterias ferruginosas (limos rojizos) Nivel en el agua de riego: Concentraciones de hierro mayores de 0.1 ppm	– Inyección de cloro en una proporción de 1 ppm de cloro libre continuamente, o en una proporción de 10 a 20 ppm durante 30 a 60 minutos al día.
Bacterias sulfurosas (limos blancos algodonosos) Nivel en el agua de riego: Concentraciones de sulfuros mayores de 0.1 ppm	– Inyección continua de cloro en una proporción de 1 ppm por 4 a 8 ppm de sulfuro de hidrógeno o – Inyección intermitente de 1 ppm de cloro libre entre 30 y 60 minutos diariamente.
Bacterias limosas, algas	– Inyección de cloro en una proporción de 0.5 a 1 ppm continuamente o – Inyección de cloro a 20 ppm durante 20 minutos al finalizar cada riego.
Sulfuro de hierro (material negro arenoso) Nivel en el agua de riego: Concentraciones de hierro y sulfuros mayores de 0.1 ppm	– Disolución del hierro mediante inyección continúa de ácido para bajar el pH a valores de entre 5 y 7.

RGE y salinidad

El riego por goteo es un sistema recomendado para el uso de aguas salinas debido a su capacidad para aplicar riegos frecuentes a dosis bajas que permiten mantener un adecuado volumen de suelo con contenidos de agua relativamente elevados en la zona radicular de los cultivos. Esta humedad del suelo alta y constante reduce las fluctuaciones de salinidad de la solución del suelo y favorece el lavado continuo de sales.

La fracción de lavado (FL) en sistemas de riego por aspersión y por superficie disminuye con la profundidad, exponiendo gran parte de las raíces a salinidades relativamente altas. Por el contrario, en riego por goteo las mayores FL se alcanzan cerca de los emisores, donde la salinidad de la solución del suelo es solo ligeramente más elevada que la del agua de riego (Shalhevet, 1994). El método clásico de cálculo de la FL basado en un balance de agua (FL = (R – ETc)/R en ausencia de lluvias) es inadecuado en riego por goteo (Hanson *et al.*, 2008; Hanson, 2012), ya que proporciona una FL promedio para el total de la parcela regada que no es aplicable a este sistema donde la FL disminuye radialmente con la distancia al emisor. Por ello, estos autores definieron la fracción de lavado localizada (FLL) como la FL actual representativa del dominio de raíces (es decir, de la tasa de extracción del agua del suelo por los cultivos) en el entorno de los emisores. Así, el método del balance de agua resulta en valores promedio de FL cero o negativos cuando el riego aplicado es igual o menor a la ET del cultivo (ETc), mientras que el valor de la FLL próximo a los emisores puede ser positivo para riegos aplicados inferiores a la ETc. Por lo tanto, para la misma cantidad de agua aplicada, el riego por goteo resulta en valores inferiores de salinidad en las zonas próximas a los emisores (donde mayor es la densidad de raíces) que el riego por aspersión o por superficie (donde una parte importante de raíces puede localizarse a profundidades con bajas FL y elevadas salinidades). De ahí que el riego por goteo esté recomendado sobre otros sistemas de riego cuando se utilizan aguas de riego salinas.

A pesar de los beneficios del riego por goteo para el control de la salinidad, deben tenerse en cuenta cinco problemas potencialmente relevantes relacionados con la salinidad de la solución del suelo (Hoffman y Shannon, 2007; Hanson, 2012): (1) si el manejo del sistema tiene como objetivo minimizar el uso del agua, pueden acumularse las sales de forma muy importante en los bordes del bulbo húmedo y en la superficie del suelo, particularmente en RGE, (2) debido a la acumulación de sales en la periferia del bulbo mojado, el emplazamiento de los emisores en relación a las plantas es crítico en cultivos sensibles a la salinidad, ya que si las líneas de goteo se desplazan de las líneas del cultivo las raíces pueden exponerse a zonas de menor humedad y mayor salinidad, (3) cualquier interrupción en la aportación de agua (como en ciertos períodos del riego deficitario regulado) o un aumento de las necesidades de riego más allá de los niveles previstos, puede conducir a pérdidas de rendimiento debido al exceso de salinidad, (4) lluvias relativamente elevadas pueden desplazar las sales acumuladas en los bordes del bulbo húmedo y en la superficie del suelo hacia la zona radicular, (5) el reposicionamiento de las líneas de cultivo entre campañas puede ocasionar problemas de uniformidad en la germinación e implantación del cultivo si la siembra se efectúa en las zonas donde se acumularon las sales en la campaña anterior.

Las sales acumuladas en superficie en riego por goteo superficial pueden desplazarse por la lluvia hacia la zona de raíces de los cultivos. Oron *et al*. (1999) indicaron que este problema puede minimizarse utilizando el RGE porque el frente salino se desplaza a profun-

didades mayores de suelo, fuera de la zona principal de raíces. Sin embargo, numerosos resultados de ensayos de campo y modelos de simulación (Hydrus en particular) demuestran que el ascenso continuo de agua en el RGE produce una acumulación adversa de sales por encima de las líneas portagoteros conforme el agua es evapotranspirada. Dado que en el RGE el único flujo entre las líneas portagoteros y la superficie del suelo es ascendente y no existe un flujo descendente de lavado de sales, esta acumulación de sales es, en ausencia de lluvias, irreversiblemente progresiva a lo largo de la campaña de crecimiento (evapotranspiración) del cultivo (Hanson y Bendixen, 1995; Dasberg y Or, 1999).

La tasa de acumulación de sales depende de varios factores incluyendo la calidad (salinidad) del agua (Ayars *et al*., 1993) y la evapotranspiración (Burt *et al*., 2003). Por ello, la acumulación de sales en RGE es particularmente preocupante en zonas áridas y semiáridas donde las elevadas evapotranspiraciones y las bajas precipitaciones asociadas a aguas de riego salinas, pueden resultar en concentraciones de sales extremadamente altas en o cerca de la superficie del suelo. Estos valores elevados de salinidad pueden ser especialmente negativos en parcelas replantadas en campañas sucesivas, en cuyo caso debe tenerse especial cuidado en el emplazamiento de las plantas para evitar las zonas de elevada salinidad. En términos generales, los problemas de salinidad en RGE no son relevantes en climas con precipitaciones superiores a 450 mm (Thompson *et al*., 2010), así como si se utilizan aguas de riego de excelente calidad (CE < 0,5 dS/m).

El lavado de sales sobre las líneas de goteo enterradas es a menudo necesario. Dado que el RGE no proporciona la forma de lavar estas sales, debe utilizarse otro sistema de riego de apoyo salvo en aquellos casos en que la precipitación sea suficiente para este lavado. Así, en zonas con precipitaciones insuficientes se suele instalar un sistema de aspersión con cobertura móvil para conseguir tanto el lavado de sales como la germinación de semillas. La necesidad de utilizar un segundo sistema de riego puede comprometer la sostenibilidad económica del RGE.

El diseño del RGE puede afectar a la severidad de los problemas de salinidad. Las líneas portagoteros superficiales conducen a mayores acumulaciones de sal en superficie debido a la mayor humedad y evaporación del suelo superficial (Oron *et al*., 1999; Roberts *et al*., 2008), pero necesitan de menores cantidades de lluvia para reducir la salinidad de esta sección de suelo de menor espesor que la que se produce en líneas portagoteros más profundas (Hanson y Bendixen, 1995). Las líneas portagoteros con un menor espaciamiento entre ellas y con goteros más próximos entre si favorecen la uniformidad del riego y un alto contenido de agua en el suelo que permite un mejor control de la salinidad en la zona de raíces (Ayars *et al*., 1999). Asimismo, el mejor control de la salinidad se obtiene cuando las líneas portagoteros y las líneas de plantación coinciden, ya que la mayor densidad de raíces se alcanza cerca de las líneas portagoteros que es la zona del suelo con una mayor FL y una menor salinidad (Hanson, 2012).

Conclusiones

El riego por goteo enterrado (RGE) es un sistema que, bien diseñado, manejado y mantenido, ha demostrado su utilidad, rentabilidad y sostenibilidad en numerosos casos y, en particular, en cultivos perennes regados con aguas de buena calidad donde las líneas portagoteros pueden instalarse en profundidad eliminando así los problemas derivados de saturar la superficie del suelo (evaporación, crecimiento de malas hierbas, problemas sanitarios, etc).

Sin embargo, en otros casos como el RGE en cultivos anuales regados con aguas de baja calidad en zonas áridas y semiáridas, puede ocasionar problemas que es necesario diagnosticar antes de su instalación. En particular, hay tres aspectos que han de ser tenidos especialmente en cuenta:

1. Diseño y manejo: el diseño inicial correcto del RGE es fundamental, ya que los errores cometidos no pueden corregirse fácilmente dado que la mayor parte de la instalación se encuentra enterrada. Este diseño debe incorporar equipos (sistemas de elevado filtrado, tuberías de lavado, manómetros, ventosas, emisores autocompensantes y antisucción con incorporación de herbicidas de liberación controlada que limiten la intrusión de raíces, etc.) y tratamientos preventivos del agua de riego que minimicen las obturaciones físicas, químicas y biológicas de los emisores. Estos equipos y tratamientos, innecesarios en otros sistemas de riego, pueden comprometer la viabilidad económica del RGE.
2. Germinación y establecimiento del cultivo: el humedecimiento apropiado de la superficie del suelo para alcanzar la germinación y establecimiento uniforme del cultivo puede exigir elevadas dotaciones de agua, especialmente en suelos de textura gruesa. La necesaria instalación superficial de las líneas portagoteros limita el laboreo del suelo y pueden verse dañadas o aplastadas por el tráfico sobre la parcela. Asimismo, es deseable que las distancias entre las líneas portagoteros coincidan con las distancias entre las líneas de cultivos en rotación para favorecer la uniformidad de la plantación.
3. Salinidad: La acumulación de sales entre la superficie del suelo y la línea portagoteros debido al efecto combinado de la evapoconcentración de las sales disueltas por evapotranspiración y la ausencia de lavado por encima de la línea portagoteros es un aspecto de especial relevancia en zonas donde la precipitación es insuficiente para el lavado de sales. Tanto los problemas de germinación como los de salinidad pueden exigir el uso temporal de otros sistemas de riego con un coste añadido que puede comprometer la sostenibilidad económica del RGE.

El resultado final derivado de estas y otras consideraciones detalladas en esta revisión es que el diseño, manejo y mantenimiento del RGE, junto con la calidad del agua de riego y el tipo de suelo, son los aspectos fundamentales que determinan su sostenibilidad. En consecuencia, la evaluación en cada caso particular de las ventajas y limitaciones del RGE es estrictamente necesaria para proporcionar recomendaciones sólidas a los agricultores acerca de la viabilidad y rentabilidad económica de este sistema de riego.

Bibliografía

Ayars JE, Schoneman RA, Soppe RW, Mead RM, 1998. Irrigating cotton in the presence of shallow ground water. Drainage in the 21st century: Food production and the environment, Proc. Seventh Int. Drainage Symposium, ASA E, Orlando, FL, March, pp. 82-89.

Ayars JE, Hutmacher RB, Schoneman RA, Vail SS, Pflaum T, 1993. Long term use of saline water for irrigation. Irrig. Sci., 14: 27-34.

Ayars JE, Phene CJ, Hutmacher RB, Davis KR, Schoneman RA, Vail SS, Mead RM, 1999. Subsurface drip irrigation of row crops: A review of 15 years of research at the Water Management Research Laboratory. Agric. Water Manage., 42: 1-27.

Ayars JE, Schoneman RA, Dale F, Meson B, Shouse P, 2001. Managing subsurface drip irrigation in the presence of shallow ground water. Agric. Water Manage., 47: 242-264.

Burt CM, Styles SW, 1994. Drip and Microirrigation for Trees, Vines, and Row Crops Irrigation Training and Research Center, California Polytechnic State University, San Luis Obispo, CA. 261 pgs.

Burt CM, Al-Amoudi O, Paolini A, 2003. Salinity patterns on row crops under subsurface drip irrigation on the Westside of the San Joaquin Valley of California. ITRC Report No. R 03-004.

Camp CR, 1998. Subsurface drip irrigation: A review. Trans. ASAE, 41(5): 1353-1367.

Charlesworth PB, Muirhead WA, 2003. Crop establishment using subsurface drip irrigation: A comparison of point and area sources. Irrig. Sci., 22: 171-176.

Dasberg S, Or D, 1999. Applied Agriculture: Drip Irrigation. Springer-Verlag, New York, NY.

Enciso-Medina J, Multer WL, Lamm FR, 2011. Management, maintenance, and water quality effects on the long-term performance of subsurface drip irrigation systems. Appl. Engr. Agric. 27(6): 969-978.

Hanson B, Schwankl L, Grattan SR and Prichard T, 1994. Drip Irrigation for Row Crops. Water Management Series #93-05. University of California, Davis. Davis, CA.

Hanson BR, Bendixen WE, 1995. Drip irrigation controls soil salinity under row crops. Calif. Agric., 49(4): 19-23.

Hanson BR, May DM, 2004. Effect of subsurface drip irrigation on processing tomato yield, water table depth, soil salinity, and profitability. Agric. Water Manage., 68: 1-17.

Hanson B, Hopmans JW, Šim nek J, 2008. Leaching with Subsurface Drip Irrigation under Saline, Shallow Groundwater Conditions. Soil Science Society of America, Vadose Zone Journal, 7(2): 810-818.

Hanson BR, 2012. Drip Irrigation and Salinity (Chapter 17). In: Wallender, W.W., Tanji, K.K. (Eds.). Agricultural Salinity Assessment and Management., Second Edition, ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 71. American Society of Civil Engineers, Reston, Va, pp. 539-559.

Hoffman GJ, Shannon MC, 2007. Salinity (Chapter 4). In: F.R. Lamm, J.E. Ayars, F.S. Nakayama (Editors), Microirrigation for Crop Production. Elsevier B.V. Pp. 131-160.

Hutmacher RB, Mead RM, Shouse P, 1996. Subsurface drip: Improving alfalfa irrigation in the west. Irrig. J. 45: 48-52.

Lamm FR, Manges HL, Stone LR, Khan AH, Rogers DH, 1995. Water requirement of subsurface drip-irrigated corn in northwest Kansas. Trans. ASAE, 38(2): 441-448.

Lamm FR, Rogers DH, Alam M, Clark GA, 2003. Design Considerations for Subsurface Drip Irrigation (SSDI) Systems. Irrigation Management Series- Reports of Kansas State University. 8 pp.

Lamm FR, Camp CR, 2007. Subsurface Drip Irrigation (Chapter 13). In: F.R. Lamm, J.E. Ayars, F.S. Nakayama (Editors), Microirrigation for Crop Production. Elsevier B.V. Pp. 473-551.

Oron G, DeMalach Y, Gillerman L, David I, Rao VP, 1999. Improved saline-water use under subsurface drip irrigation. Agric. Water Manage., 39: 19-33.

Phene CJ, Phene RC, 1987. Drip irrigation systems and management. ASPAC Food and Fertilizer Tech. Ctr., Taiwan, ROC; Ext. Bull. No. 244. 24 pp.

Phene CJ, 1990. Drip irrigation saves water (pp. 645-650). In: Proc. Conservation 90, The National Conference and Exposition: Offering Water Supply Solutions for the 1990's. Phoenix, AZ. 12–16 Aug. 1990. Am. Water Resour. Assoc., Middleburg, VA.

Roberts TL, White SA, Warrick AW, Thompson TL, 2008. Tape depth and germination method influence patterns of salt accumulation with subsurface drip irrigation. Agric. Water Manage., 95: 669-677.

Rodríguez L y Gil M, 2012. A Review of Subsurface Drip Irrigation and Its Management. In: Water Quality, Soil and Managing Irrigation of Crops. Teang Shui Lee (Editor). Pp 175-194.

Rogers DH, Lamm FR, Alam M, 2003. SDI Water Quality Assessment Guidelines. K-State Research and Extension.

Ruskin R, Van Voris P, Cataldo DA, 1990. Root intrusion protection of buried drip irrigation devices with slow-release herbicides. In: Proc. 3rd Nat. Irrigation Symp., 211-216. St. Joseph, Mich.: ASAE.

Shalhevet J, 1994. Using water of marginal quality for crop production: Major issues. Agric. Water Manage., 25: 233-269.

Siefert WJ Jr, Hiler EA, Howell TA, 1975. Trickle irrigation with water of different salinity levels. Trans. ASAE,18(1): 89-94.

Thompson TL, Doerge TA, Godin RE, 2002. Subsurface drip irrigation and fertigation of broccoli: I. Yield, quality, and nitrogen uptake. Soil Sci. Soc. Am. J., 66: 186-192.

Thompson TL, Roberts T, Lazarovitch N, 2010. Managing soil surface salinity with subsurface drip irrigation. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World 1-6 August 2010, Brisbane, Australia. Pp. 40-42 (Published on DVD).

Tingwu L, Juan X, Guangyong L, Jianhua M, Jianping W, Zhizhong L, Jianguo Z, 2003. Effect of drip irrigation with saline water on water use efficiency and quality of watermelons. Water Resour. Manage., 17: 395-408.

(Aceptado para publicación el 7 de mayo de 2013)

Presencia de aislamientos homotálicos de *Phytophthora infestans en cultivos de papa* (*Solanum tuberosum* L.) tratados con metalaxil en el Valle Toluca, México

C.A. López-Orona[*,**], A.R. Martínez-Campos[*], C.G. Peñuelas-Rivas[***], T.T. Arteaga-Reyes[*], C.A. Ruiz-Olmos[****], M.A. Gómez-Tenorio[****] y D. Palmero[*****,1]

* Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales. Km. 14.5 Autopista Toluca-Atlacomulco. San Cayetano de Morelos. Toluca, Estado de México. C.P. 50295. México

** Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Agronomía. Carretera Culiacán-Eldorado Km. 17.5. Cualiacán de Rosales, Sinaloa. C.P. 80398. México

*** Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. C.P. 50090. México

**** Universidad de Almería (UAL), Dpto. Producción Vegetal, Cañada de San Urbano s/n. 04120 15 Almería, España

***** Universidad Politécnica de Madrid. EUIT Agrícola. Ciudad Universitaria s/n. C.P. 28040. Madrid. España

Resumen

El objetivo del presente trabajo es presentar la existencia de cepas homotálicas de *Phytophthora infestans* en los cultivos de papa tratados con metalaxil. Los aislamientos de *Phytophthora infestans* fueron obtenidos de cultivos comerciales de papa del municipio de Zinacantepec, Estado de México (México). Cada aislamiento a estudiar se enfrentó a los aislados de referencia J104 (A1) y J204 (A2) y se cultivó solo en el mismo medio para comprobar su homotalismo. La valoración de la resistencia de los aislados estudiados se determinó bajo la metodología planteada por el FRAC (Fungicide Resistance Action Committee), donde los aislamientos que mostraron más de 40% de crecimiento relativo al testigo en presencia de 5.0 μg/ml (ingrediente activo) de metalaxil fueron considerados como resistentes a la materia activa. Se encontró que de los 5 aislamientos del año 2011, dos aislamientos fueron homotálicos, y de los 15 aislados de 2012 se encontraron cuatro homotálicos. Dichos aislamientos homotálicos, fueron siempre resistentes al metalaxil. Los aislados estudiados procedían de cultivos de papa que fueron tratados con metalaxil. Los resultados obtenidos respecto al homotalísmo sugieren una posible relación con el uso del metalaxil, aunque podrá no ser la única causa, dado que aislamientos heterotálicos de la misma procedencia también son resistentes al fitosanitario.

Palabras clave: Resistencia a fungicidas, oosporas, mildiu.

Abstract

Ocurrence of homothallic isolates of *Phytophthora infestans within potato crops* (*Solanum tuberosum* L.) treated with metalaxil in the Toluca Valley, Mexico

This paper presents the ocurrence of homothallic isolates of *Phytophthora infestans* within potato crops treated with metalaxyl. Isolates of *P. infestans* were obtained from potato crops within the municipal-

1. Autor para correspondencia: daniel.palmero@upm.es

http://dx.doi.org/10.12706/itea.2013.024

ity of Zinacantepec, State of Mexico (Mexico). Each isolate was confronted with the reference isolates J104 (A1) and J204 (A2) and cultivated in the same medium just to check the homotallism. The measurement of the metalaxyl resistance of the isolates studied was determined under the methodology proposed by the FRAC (Fungicide Resistance Action Committee), where the isolates that showed more than 40% growth relative to the control in the presence of 5.0 mg (active ingredient) of metalaxyl / ml were considered resistant. Results show that two out of the five isolates collected in 2011 were homothallic. Regarding the fifteen isolates collected in 2012, four were homothallic. Such homothallic isolates were resistant to metalaxyl. Keeping in mind that the studied isolates were sampled in potato crops treated with metalaxyl and that showed resistance to this fungicide, the results suggest a possible relationship with and use of metalaxyl and the homotallism. However, it may not be the only reason because heterothallic isolates from the same origin are also resistant to metalaxyl.

Key words: Fungicide resistance, oospores, mildew.

Introducción

La enfermedad del tizón tardío, causada por el patógeno *Phytophthora infestans* ha resurgido en los últimos años como una amenaza significativa para la producción de papa y tomate en todo el mundo (Fry *et al*., 1997). Esto puede atribuirse en gran medida a los cambios genéticos en el patógeno. Las poblaciones de *P. infestans* del centro de México son muy diversas, lo que indica que esta área es el centro de origen del agente patógeno (Goodwin, *et al*., 1992). La reproducción sexual de *P. infestans* produce oosporas, las cuales son capaces de sobrevivir en el suelo durante muchos años, resistiendo condiciones ambientales adversas. Las oosporas son importantes en el ciclo del oomicete, ya que el micelio y los esporangios son incapaces de sobrevivir a largo plazo, y aparte necesitan de una planta huésped. En muchos agroecosistemas, las oosporas germinan al inicio de una temporada, lo cual representa el inóculo inicial para las epidemias (Grunwald y Flier, 2005). El ciclo sexual mejora la aptitud del patógeno mediante la generación de genotipos recombinantes que pueden ser más patogénicos o resistentes a los productos químicos (Gavino *et al*., 2000). El objetivo de esta comunicación es presentar la existencia de cepas homotálicas de *P. infestans* en los cultivos de papa que son tratados con metalaxil.

Materiales y métodos

Aislamientos

Los aislamientos utilizados en este estudio fueron obtenidos a partir de plantas de patata infectadas con *Phytophthora infestans* de cultivos comerciales del municipio de Zinacantepec (Fig. 1), este municipio destina 611 ha de secano y 147 ha en regadío para el cultivo de papa, ubicándose como el segundo municipio productor de papa del Estado de México. La mayoría de los aislamientos fueron obtenidos de cultivos de patata cv. *Alpha*, susceptible al patógeno. Veinte aislados fueron transferidos a partir de punta de hifa a medio de cultivo V8 y mantenidos a una temperatura de 19ºC en oscuridad.

El código y número de los aislados se resumen en Tabla 1.

Determinación del tipo de compatibilidad

Los aislados fueron enfrentados para determinar su tipo de compatibilidad con los aislados de referencia J104 (A1) y J204 (A2) que fueron proporcionados por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (México). Los enfrentamientos se realizaron bajo una temperatura de 15ºC y en oscuridad utilizando medio agar-jugo V8, de manera que cada ais-

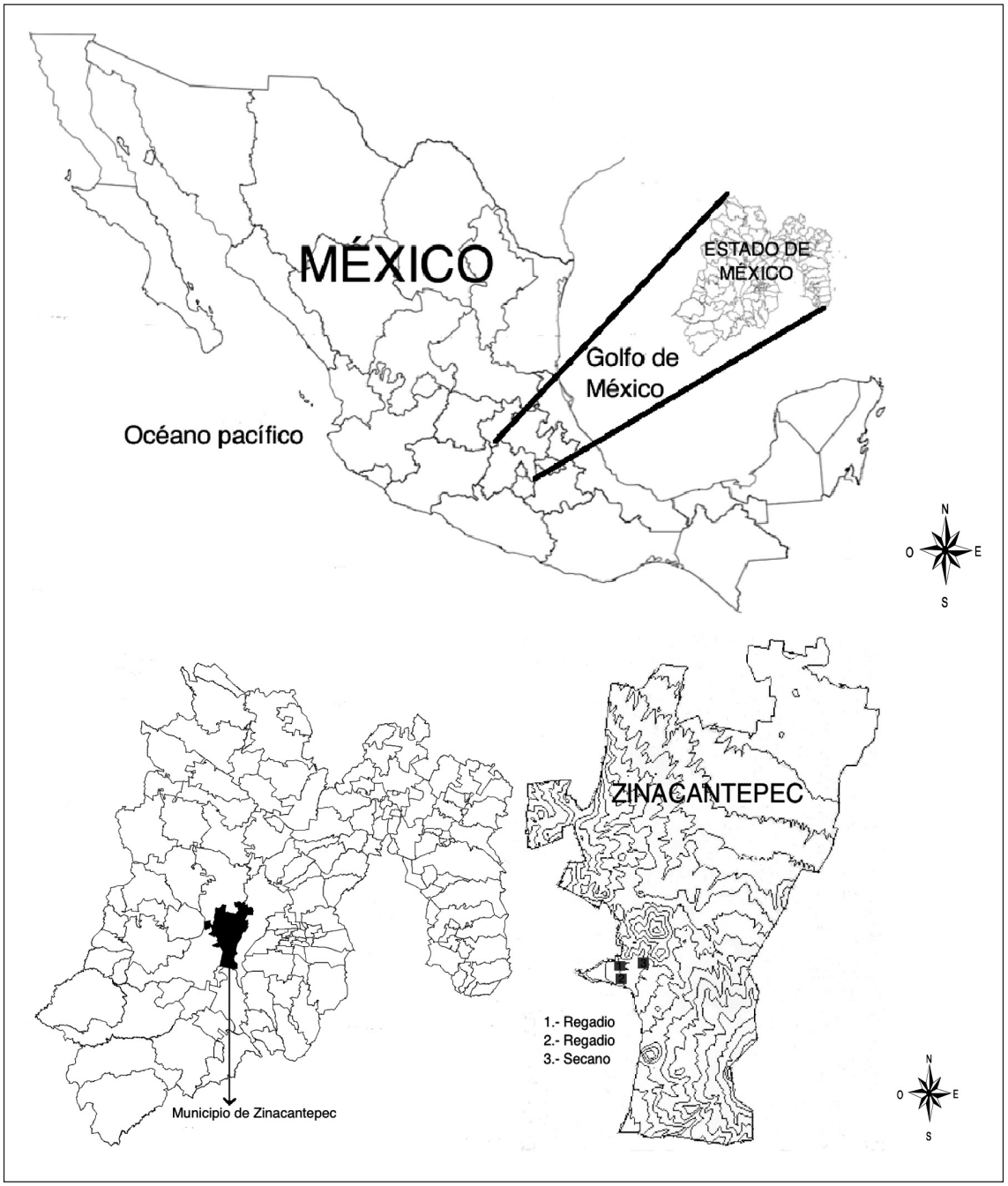


Figura 1. Localización de los predios de papa de donde se obtuvieron los aislados de *Phytophthora infestans* (Zinacantepec, Estado de México. México).
Figure 1. Location of potato farms where isolates of Phytophthora infestans *were obtained. (Zinacantepec, State of Mexico. Mexico).*

Tabla 1. Código de aislados de *Phytophthora infestans* obtenidos de *Solanum tuberosum* en distintas localidades y años
Table 1. Codes of Phytophthora infestans *isolates from* Solanum tuberosum *in different locations and years*

Localidad	Año	Código
La Peñuela	2011	LP1
	2011	LP2
	2011	LP3
	2011	LP4
	2011	LP5
	2012	LPT1
	2012	LPT2
	2012	LPT3
	2012	LPT4
	2012	LPT5
	2012	LPT6
Raíces	2012	RR1
	2012	RR2
	2012	RT1
	2012	RT2
Buenavista	2012	BV1
	2012	BV2
	2012	BVT1
	2012	BVT2
	2012	BVT3

lado a estudiar se enfrentó a los aislados de referencia y se cultivó solo en el mismo medio para comprobar su homotalismo. Se realizaron observaciones diarias para observar la presencia de oosporas a partir del tercer día de contacto entre los aislados de referencia y los originarios del campo, hasta que fueron encontrados oogonios, anteridios y oosporas.

Valoración de la resistencia al metalaxil

La valoración de la resistencia se determinó bajo la propuesta planteada por el FRAC (Fungicide Resistance Action Committee, 1992), donde el cálculo se hace a partir del crecimiento relativo (CR) expresado por:

CR = (DMCF/DMCT) x 100

Donde, **DMCF:** diámetro medio de la cepa crecida en agar-jugo V8 con una concentración determinada de fungicida.

DMCT: diámetro medio de la cepa crecida en agar-jugo V8 sin fungicida (testigo).

Partiendo del criterio empleado por Goodwin *et al*. (1996) donde el testigo (sin fungicida) fue considerado como 100% del crecimiento, los aislamientos que mostraron más de 40% de crecimiento relativo al testigo en presencia de 5.0 μg de metalaxil (ingrediente activo)/ml fueron considerados resistentes.

Las dosis ensayadas fueron 0, 0.1, 0.5, 1.0 y 5.0 μg/ml incorporados al medio de cultivo (agar-jugo V8) después de la esterilización y de enfriado el medio para evitar degradar el producto. Se realizaron 3 repeticiones por aislamiento de *P. infestans*. La siembra de cada placa de Petri se realizó mediante una pastilla de 8 mm de diámetro tomada del borde del crecimiento activo de una colonia en agar-jugo V8. La incubación se hizo en estufa y en oscuridad a 19ºC. Dos diámetros perpendiculares para cada aislado fueron medidos a los 9 días de incubación y después promediados. Se estudiaron un total de 20 aislados procedentes de campos tratados con metalaxil.

Resultados y discusión

Los resultados experimentales muestran que, de los 5 aislados del año 2011, 2 aislados fueron homotálicos y los otros 3 fueron del tipo A1. De los 15 aislados de 2012 estudiados, 6 fueron del tipo A1, 5 del tipo A2 y 4 homotálicos. Los aislados homotálicos encontrados fueron capaces de producir órga-

Tabla 2. Porcentaje de crecimiento relativo *in vitro* de los aislados de *Phytophthora infestans* recuperados de tejidos de *Solanum tuberosum* infectados
Table 2. Percentage of relative growth of isolates of Phytophthora infestans *isolated from* Solanum tuberosum *in different locations and years*

Aislado[a]	Tipo de compatibilidad	Crecimiento en metalaxil relativo al testigo[b]
		5.0 μl/ml
LPT6	A1	47.74 ± 0.08
LPT1	A2	46.38 ± 0.13
RT1	Homotálico	45.50 ± 0.08
LPT3	Homotálico	45.38 ± 0.06
RR1	Homotálico	45.20 ± 0.08
BV2	A1	44.65 ± 0.08
LPT5	A2	44.30 ± 0.14
LPT2	Homotálico	43.96 ± 0.08
LP4	A1	43.41 ± 0.39
LP5	Homotálico	43.40 ± 0.14
LP3	A1	42.89 ± 0.64
BVT3	A2	42.40 ± 0.08
RR2	A1	42.08 ± 0.14
LPT4	A1	41.96 ± 0.08
LP2	Homotálico	41.36 ± 0.36
LP1	A1	40.45 ± 0.78
BVT1	A2	38.82 ± 0.14
BV1	A1	37.43 ± 0.14
BVT2	A1	36.42 ± 0.08
RT2	A2	35.44 ± 0.14

[a] Listado en orden decreciente de crecimiento relativo a la presencia de 5.0 μl de metalaxil por ml.

[b] Determinado por un ensayo de crecimiento radial. El valor indicado es el promedio y desviación estándar de tres repeticiones.

nos sexuales (anteridios anfiginios y oogonios) por si mismos en las placas donde se cultivaron solos y fueron capaces de producir órganos sexuales cuando se emparejaron con los aislados de referencia. Dichos aislados homotálicos fueron resistentes al metalaxil. Estos resultados difieren de los encontrados por Grünwald *et al*. (2001), quienes realizaron un estudio de aislados colectados en el la región del Valle de Toluca en los años 1997 y

1998, encontrando una frecuencia equitativa 1:1 de los tipos de compatibilidad A1 y A2, pero no relataron haber encontrado aislamientos homotálicos. No obstante, Fernández *et. al*. (2005) estudiaron una población de 27 aislados obtenidos de cultivo de papa en el Estado de Michoacán (México), donde encontraron 2 aislados homotálicos, y una proporción 1:1 en los tipos A1 y A2. La presencia de aislados homotálicos podría estar ligada al uso de metalaxil, Groves y Ristaino (2000), demostraron que ciertos aislados heterotálicos fueron capaces de producir oosporas al exponerlos a diversos fungicidas, así los aislamientos resistentes a metalaxil produjeron mayor número de oosporas que los sensibles a metalaxil. En Israel (Rubin y Cohen, 2004 y 2006) y España (Segura *et al*., 2007) se han descrito aislados de *Phytophthora infestans* que, sin ser homotálicos, presentaban los dos tipos de compatibilidad. Teniendo presente que los aislados estudiados procedían de cultivos de papa que recibían tratamientos con metalaxil y que mostraron resistencia a este fungicida, los resultados obtenidos respecto al homotalismo sugieren una posible relación con el uso del metalaxil. Todos los aislamientos homotálicos mostraron resistencia al metalaxil "*in vitro*" (Tabla 2). Una posible interpretación es que el metalaxil puede estar influenciando en el homotalismo, pero tal vez no sea el único factor.

Agradecimientos

Los autores agradecemos al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca de manutención otorgada a López Orona para la realización de sus estudios de Doctorado, y a la Universidad Autónoma del Estado de México por la financiación de este proyecto de investigación. López Orona agradece a la Universidad Autónoma de Sinaloa el apoyo otorgado por parte del Programa de Doctores Jóvenes.

Bibliografía

Fernández Pavia SP, Rodríguez Alvarado G, Garay Serrano E, Belmar Díaz CR, Sturbaum AK, Flier W y Lozoya Saldaña H, 2005. Caracterización de aislamientos de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary provenientes de Michoacán, México. Revista Mexicana de Fitopatología 23: 191-197.

FRAC, 1992. FRAC methods for monitoring the sensitivity of fungal pathogens to phenylamide fungicides. EPPO Bulletin 22, 297-322.

Fry WE and Goodwin SB, 1997. Resurgence of the Irish potato famine fungus. Bioscience 47: 363-371.

Gavino PD, Smart CD, Sandrock RW, Miller JS, Hamm PB, Lee TY, Davis RM, Fry WE, 2000. Implications of sexual reproduction for *Phytophthora infestans* in the United States: generation of an aggressive lineage. Plant Disease 84, 731-735.

Gisi U and Cohen Y, 1995. Resistance to phenylamide fungicides: A case study with *Phytophthora infestans* involving mating type and race structure. Annu. Rev. Phytopathol. 34: 549-572.

Goodwin SB, Sujkowski LS, Fry WE, 1996. Widespread distribution and probable origin of resistance to metalaxyl in clonal genotypes of *Phytophthora infestans* in the United States and Western Canada. Phytopathology, 86, 793-800.

Goodwin SB, Spielman LJ, Matuzsak JM, Bergeron SN and Fry WE, 1992. Clonal diversity and genetic differentiation of *Phytophthora infestans* populations in northern and central Mexico. Phytopathology. 82: 955-961.

Groves CT and Ristaino JB, 2000. Commercial fungicide formulations induce in vitro oospore formation and phenotypic change in mating type in *Phytophthora infestans*. Phytopathology 90: 1201-1208.

Grünwald NJ, Flier WG, Sturbaum AK, Garay-Serrano E, van den Bosch TBM, Smart CD, Matuszak JM, Lozoya-Saldaña H, Turkensteen LJ and Fry WE, 2001. Population structure of *Phytophthora infestans* in the Toluca valley region of central Mexico. Phytopathology 91: 882-890.

Grunwald NJ, Flier WG, 2005. The biology of *Phytophthora infestans* at its center of origin. Ann. Rev. Phytopathol. 43, 171-190.

Rubin E and Cohen Y, 2006. An improved method for infecting tomato leaves or seedlings with oospores of *Phytophthora infestans* used to investigate F1 progeny. Plant Dis. 90: 741-749.

Rubin E and Cohen Y, 2004. Oospores Associated with Tomato Seed May Lead to Seedborne Transmission of *Phytophthora infestans.* Phytoparasitica 32(3): 237-245.

Segura JM, de Cara M, Santos M and Tello J, 2007. *Phytophthora infestans* Mating Types on Tomato (*Solanum lycopersicum*) in Southern Spain. Plant Disease. 91: 109.

(Aceptado para publicación el 10 de mayo de 2013)

Caracterización del pico preovulatorio de LH en ovejas Rasa Aragonesa portadoras o no del alelo *FecX^R* (ROA®)

B. Lahoz*, J. Folch, P. Sánchez y J.L. Alabart

Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (CITA) de Aragón, 50059 Zaragoza, España

Resumen

La presencia del alelo *FecX^R* en heterocigosis produce un incremento de la tasa de ovulación y prolificidad, así como una mayor respuesta a la eCG. Sin embargo, todavía se desconocen sus posibles efectos sobre la descarga preovulatoria de LH, lo cual es esencial para realizar la inseminación artificial en el momento óptimo. Con este objetivo, se extrajeron muestras sanguíneas a intervalos de 4-6 horas durante las 72 horas siguientes a la retirada de una esponja (FGA, 30 mg), de 50 ovejas adultas agrupadas en 5 lotes en función de su genotipo (R+ y ++; portadoras y no portadoras) y tratamiento hormonal (sin eCG, 240 ó 480 UI). Las concentraciones de LH se analizaron mediante un kit comercial ELISA. No se observó ninguna diferencia significativa en el pico preovulatorio de LH entre ovejas R+ y ++. La eCG adelantó la descarga preovulatoria de LH en ambos genotipos, sin diferencias entre ovejas R+ tratadas con 240 ó 480 UI. Estos resultados demuestran que la presencia de *FecX^R* no afecta al pico preovulatorio de LH, independientemente de la dosis utilizada. Por lo tanto, la dosis de eCG que se aplique a las ovejas R+ estará en función de las necesidades y posibilidades de la explotación para asumir una mayor prolificidad y multiplicidad de partos. En las ovejas ++ tratadas con eCG se recomienda seguir inseminando a las 54 ± 1 horas de retirar las esponjas, como se hace habitualmente, ya que se observó una buena sincronización del pico preovulatorio de LH a las 37 horas.

Palabras clave: BMP15, inseminación artificial, ovino, ovulación, PMSG, prolificidad.

Abstract

Preovulatory LH surge of Rasa Aragonesa ewes carrying or not the *FecX^R* allele (ROA®)

The presence of the *FecX^R* allele in heterozygosity (R+) increases ovulation rate and prolificacy in Rasa Aragonesa ewes, and leads to a greater response to eCG. However, their potential effects on preovulatory LH surge are still unknown, which is essential to establish the optimum time for artificial insemination. With this aim, blood samples were taken at 4-6 hours intervals during 72 hours after the removal of a 30 mg FGA sponge, from 50 adult ewes divided in 5 groups depending on their genotype (R+ and ++; carriers and non-carriers) and hormonal treatment (without eCG, 240 or 480 IU). The LH concentrations were analyzed using a commercial ELISA kit. There was no significant difference on the time of the preovulatory LH surge between R+ and ++ ewes. Treatment with eCG significantly advanced the preovulatory LH discharge in both genotypes, with no difference between R+ ewes treated with 240 or 480 IU. These results demonstrate that the presence of the *FecX^R* allele did not affect the preovulatory LH surge, regardless of eCG dose. Therefore, the dose of eCG that should be applied to R+ ewes could be a decision of the farmer depending on the needs and possibilities of the farm to manage

* Autor para correspondencia: blahozc@aragon.es

http://dx.doi.org/10.12706/itea.2013.025

greater prolificacy and multiple births. In ++ ewes treated with eCG it is recommended to continue with the established protocol and inseminate 54 ± 1 hours after sponge withdrawal, as it is usually done, since a good synchronization of the preovulatory LH peak was observed at 37 hours.

Key words: Artificial insemination, BMP15, ovine, ovulation, PMSG, prolificacy.

Introducción

La Rasa Aragonesa es una raza autóctona mediterránea principalmente explotada en sistemas semi-extensivos orientados a la producción de cordero ligero. En las condiciones estructurales de Aragón, los resultados reproductivos son de vital importancia para la rentabilidad y viabilidad de estas explotaciones, siendo esencial el número de corderos vendidos por oveja (Pardos *et al*., 2008). Por ello, desde el año 1994, se está llevando a cabo un programa de selección por prolificidad en las ganaderías de esta raza. En 2007, se observó que determinados animales del programa presentaban una prolificidad muy elevada que no se correspondía con la esperada por una herencia poligénica clásica, lo que dio lugar al descubrimiento de un nuevo polimorfismo en el gen *BMP15* (alelo $FecX^{R}$), localizado en el cromosoma X, que produce un aumento de la prolificidad en portadoras heterocigotas (R+) y esterilidad en homocigotas (RR; Martínez-Royo *et al*., 2008). Este aumento de la prolificidad de las ovejas R+ (+0,35 corderos/parto) se debe a un aumento de su tasa de ovulación (+0,63 cuerpos lúteos/oveja; Lahoz *et al*., 2011). Dichas ventajas productivas han suscitado un creciente interés en las ganaderías por la introducción de esta variante génica, explotándose con el nombre comercial de ROA® (Rasa Oviaragón), cuyas ventajas económicas han sido recientemente cuantificadas (Pardos *et al*., 2010).

La Rasa Aragonesa es una raza con un anestro estacional moderado, presentando celos entre un 20 y 40% de las ovejas entre finales de invierno y principios de verano, siendo algo mayor el porcentaje de animales cíclicos determinado por progesterona (Sierra, 1969; Alonso de Miguel, 1979; Forcada *et al*., 1992; Folch y Alabart, 1999). Como consecuencia, la producción de corderos y sus precios sufren fluctuaciones a lo largo del año, traduciéndose en menores precios en el primer semestre del año y mayores en el segundo. El porcentaje de corderos vendidos en el segundo semestre ha demostrado ser uno de los factores que más inciden en el balance económico de las explotaciones (Pardos *et al*., 2008; Fantova *et al*., 2011). Para mejorar la fertilidad y prolificidad durante la época de anestro estacional, así como para la utilización de la inseminación artificial (IA) a tiempo fijo durante todo el año dentro del programa de mejora genética, el uso de tratamientos hormonales, principalmente de esponjas intravaginales y eCG, es una práctica habitual en las ganaderías.

Se sabe que la aplicación de la dosis habitual de eCG (480 UI) a las ovejas portadoras de la mutación en heterocigosis produce un importante aumento en la tasa de ovulación que conlleva un aumento importante en los partos triples o de orden superior. Por el contrario, se ha demostrado que aplicando 240 UI a ovejas R+ se obtiene una tasa de ovulación similar a cuando se aplica 480 UI a ovejas no portadoras (++), lo que debe tenerse en cuenta por parte del ganadero en relación a su capacidad de gestión de los partos múltiples (Lahoz *et al*., 2011). Sin embargo, se desconocen los posibles efectos que puedan tener tanto el genotipo como la utilización de diferentes dosis de eCG sobre la aparición y agrupación de celos y, por tanto, si debe modificarse el momento de aplicar la IA. Según Jabbour y Evans (1991), la causa más común de fallo de la IA sería la asincronía entre la IA

y la ovulación. Es por tanto necesario estudiar si la presencia del alelo *FecX*^{R} afecta al momento y concentración de las ovulaciones, lo cual constituye el objetivo del presente trabajo. Para ello, se determinó la aparición del pico preovulatorio de LH en ovejas portadoras heterocigotas y no portadoras, tratadas o no con dos dosis diferentes de eCG.

Material y métodos

Todos los experimentos se llevaron a cabo de acuerdo a las recomendaciones de la Unión Europea (2003/65/CE) y normativa española (RD 1201/2005, BOE 252/34367-91) para el uso y cuidado de animales en experimentación. El procedimiento fue aprobado por el comité de ética del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (Número de registro: CITA 2011-08).

Animales y diseño experimental

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones del CITA (Zaragoza, España) en noviembre de 2011 (estación sexual). Se utilizaron 50 ovejas adultas, multíparas y secas, con un intervalo al parto anterior superior a tres meses, de raza Rasa Aragonesa, siendo 30 de ellas portadoras heterocigotas del alelo *FecX*^{R} (R+), y 20 ovejas no portadoras (++). Los animales estaban mantenidos en el mismo rebaño en idénticas condiciones de explotación. Previamente al inicio del experimento los animales se dividieron en 5 lotes similares en peso y condición corporal (Russel *et al*., 1969), dependiendo del genotipo de *BMP15* y del tipo de tratamiento hormonal, tal y como se muestra en la tabla 1. Las diferencias en peso y condición corporal entre lotes no fueron estadísticamente significativas.

Tabla 1. Características de los lotes experimentales: número de ovejas, genotipo, tratamiento hormonal, peso y condición corporal
Table 1. Characteristics of the experimental groups: number of ewes, genotype, hormonal treatment, weight and body condition score

Lote	Nº ovejas	Genotipo	Dosis eCG[1]	Peso (kg)[2]	CC[2]
Sin eCG					
++ 0	10	++	–	52,3 ± 2,4	2,9 ± 0,1
R+ 0	10	R+	–	58,3 ± 2,0	2,8 ± 0,1
Con eCG					
++ 480	10	++	480 UI	51,5 ± 1,9	2,9 ± 0,1
R+ 480	10	R+	480 UI	58,0 ± 3,1	2,9 ± 0,1
R+ 240	10	R+	240 UI	56,9 ± 1,7	2,7 ± 0,1

++: Ovejas de genotipo salvaje.

R+: Ovejas heterocigotas para el alelo *FecX*^{R}.

[1] Sincropart® PMSG 6000 UI, CEVA Salud Animal SA (Barcelona, España). Todas las ovejas recibieron previamente una esponja de 30 mg de FGA (Sincropart® 30 mg; CEVA Salud Animal SA; Barcelona, España).

[2] medias ± error estándar.

CC: Condición corporal.

Tratamiento hormonal

Se insertó a las 50 ovejas el mismo día una esponja vaginal de 30 mg de FGA (Sincropart® 30 mg; CEVA Salud Animal SA; Barcelona, España), que permaneció durante 14 días. En el momento de la retirada, 10 ovejas ++ y 10 ovejas R+ no recibieron ningún tratamiento hormonal (lotes "++0" y "R+0", respectivamente). Las 30 ovejas restantes recibieron en ese mismo momento una única dosis de eCG (Sincropart® PMSG 6000 UI, CEVA Salud Animal SA; Barcelona, España) de la siguiente manera: 10 ovejas ++ y 10 ovejas R+ recibieron 480 UI de eCG (dosis estándar utilizada en IA en las ganaderías de esta raza; lotes "++480" y "R+480", respectivamente), y 10 ovejas R+ recibieron 240 UI de eCG (lote "R+240").

No se utilizaron machos para detección de celos con el fin de reproducir las condiciones de IA de las ganaderías, así como para evitar un posible adelanto de la descarga preovulatoria de LH y de la ovulación (Signoret y Cognié, 1975; Maxwell 1986; Romano *et al*., 2001).

Toma de muestras sanguíneas

Se tomaron muestras de sangre de todas las ovejas mediante punción yugular utilizando tubos con heparina de litio. La toma de muestras se inició en el momento de la retirada de la esponja de FGA (0 h), a intervalos de 6 horas durante las 24 horas siguientes y cada 4 horas desde las 24 hasta las 72 horas (17 muestras por animal). Inmediatamente tras la obtención, las muestras fueron centrifugadas durante 25 minutos a 2100 x g para obtener el plasma que fue congelado a -20ºC y almacenado hasta su posterior análisis de LH.

Determinación de la tasa de ovulación

Con el objetivo de verificar la ocurrencia de la ovulación, ésta se determinó en todos los animales por endoscopia siete días después de la retirada de la esponja, siguiendo la metodología descrita previamente (Lahoz *et al*., 2011).

Análisis hormonales

Las muestras se analizaron mediante un kit ELISA comercial (LH-DETECT, ReproPharm, INRA Tours, Nouzilly, France), siguiendo las instrucciones del fabricante. El límite de detección fue 0,3 ng/ml. Los coeficientes de variación intraanálisis e interanálisis fueron los siguientes: para un pool de 28,2 ng/ml, 7,4 y 10,9%; para un pool de 45,5 ng/ml, 6,7 y 10,4%, respectivamente. Las muestras con valores sospechosamente anómalos se volvieron a analizar.

Análisis estadístico

Para la caracterización de la descarga preovulatoria de LH se consideraron las siguientes variables: Su concentración máxima (ng/ml), tiempo al pico preovulatorio de LH, comienzo, final y duración del pico preovulatorio de LH (en horas tras la retirada de la esponja) y área del pico preovulatorio de LH [(ng/ml)•h].

El tiempo al pico preovulatorio de LH se calculó como las horas transcurridas desde la retirada de la esponja hasta el momento de máxima concentración de LH. La hora de comienzo del pico preovulatorio de LH se determinó como la de la toma anterior al pico de LH con una concentración por debajo del límite de detección más cercana al pico preovulatorio. De igual modo, la hora del final del pico preovulatorio de LH se determinó como la de la toma posterior al pico de LH con una concentración por debajo del límite de detección más cercana al pico preovulatorio de LH. La duración del pico preovulatorio de LH se calculó como la diferencia entre ambas horas. El área bajo el pico de LH se calculó mediante la regla trapezoidal.

Dichas variables, junto con el peso y la condición corporal, se analizaron mediante ANOVA,

utilizando el procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc., 2011). El modelo incluyó el genotipo y la dosis de eCG jerarquizada al genotipo como efectos fijos. La normalidad de los residuos se comprobó con el test de Jarque-Bera (Procedimiento AUTOREG de SAS), aplicando la corrección para muestras finitas (Lawford, 2005). La falta de normalidad sólo se observó en la concentración máxima de LH. Mediante el procedimiento TRANSREG de SAS, se determinó que la transformación más conveniente para esta variable era la transformación logarítmica. La homogeneidad de las varianzas se comprobó mediante el test de Levene. La falta de homogeneidad se observó en las siguientes variables: horas al pico preovulatorio de LH, y comienzo y final del mismo. En dichas variables, la significación corregida por comparaciones múltiples de las diferencias entre las medias de mínimos cuadrados (LSMEANS) se determinó mediante el método MaxT con simulación y corrección de Satterthwaite para los grados de libertad (Westfall *et al*., 2011a). Para el resto de variables, se aplicó el ajuste por etapas de Shaffer con simulación (Shaffer, 1986; Westfall, 1997), incluyendo restricciones lógicas. En ambos casos se utilizó el comando LSMESTIMATE (Westfall *et al*., 2011b).

Las correlaciones se analizaron mediante el procedimiento CORR de SAS.

Resultados

Observación de las ovulaciones y valores anómalos de LH

Todas las ovejas ovularon, aunque en dos de ellas no se pudo determinar exactamente el número de cuerpos lúteos por la presencia de adherencias a nivel del ovario. Una oveja del lote ++0 fue eliminada del estudio ya que no presentó pico preovulatorio de LH, presentando una concentración máxima de 0,4 ng/ml a las 6 horas de la retirada de la esponja. Dicha oveja presentó dos cuerpos lúteos de aspecto más reciente comparado con el resto de ovejas. Una oveja del lote ++480 fue eliminada por presentar un pico débil de LH anormalmente retrasado (concentración máxima a las 60 horas de 8,76 ng/ml). En el momento de la endoscopia presentó dos cuerpos lúteos. Mientras que en la mayoría de ovejas las concentraciones basales de LH estuvieron por debajo del límite de detección (datos no presentados), una oveja del lote R+240 presentó una LH basal extremadamente alta (5,9 ± 0,6 ng/ml; media ± DS), y cinco cuerpos lúteos, por lo que también fue excluida del estudio (Figura 2). Todas las ovejas presentaron el pico preovulatorio de LH a partir de las 24 horas tras la retirada de la esponja.

Efecto del alelo *FecX*^{R}

No se observó ninguna diferencia significativa en ninguna de las variables estudiadas entre ovejas de los genotipos R+ y ++, independientemente de si fueron tratadas o no con eCG. Las concentraciones medias de LH no fueron significativamente diferentes entre los dos genotipos, y el pico preovulatorio de LH apareció en tiempos muy similares (Tabla 2, Figura 1).

Efecto del tratamiento con eCG

El tratamiento con eCG adelantó significativamente el pico preovulatorio de LH, su comienzo y finalización, en ambos genotipos, mientras que no tuvo ningún efecto sobre el resto de variables. Cuando no se aplicó eCG, el pico preovulatorio de LH se produjo a las 48,4 ± 2,7 h en las ovejas ++ y a las 52,8 ± 2,6 h en las ovejas R+ (NS).

En las ovejas ++, el tiempo transcurrido desde la retirada de la esponja hasta el pico preovulatorio de LH fue 11,1 horas menor en las ovejas tratadas con eCG ($P < 0,01$), comenzando y

Tabla 2. Características del pico preovulatorio de LH en ovejas portadoras heterocigotas del alelo *FecX*^{R} y no portadoras, tratadas o no con dos dosis diferentes de eCG (240 y 480 UI). Medias de mínimos cuadrados (LSMEANS) ± error estándar

Table 2. Characteristics of preovulatory LH surge in FecX^{R} *heterozygous carrier and non-carrier ewes, treated or not with two different doses of eCG (240 and 480 IU). Least squares means (LSMEANS) ± standard error*

Genotipo	++			R+		Significación (P <)	
Dosis de eCG (UI)	0	480	0	480	240	Genotipo	Dosis eCG*
Numero de ovejas	9	9	10	10	9	–	–
Tiempo al pico (h)	48,4 ± 2,7^{a}	37,3 ± 0,7^{b}	52,8 ± 2,6^{ac}	40,8 ± 2,2^{d}	40,9 ± 1,6^{b}	NS	0,001
Comienzo del pico (h)	43,6 ± 2,9^{a}	31,6 ± 0,8^{b}	45,6 ± 2,7^{c}	34,0 ± 1,8^{d}	35,6 ± 1,4^{d}	NS	0,001
Final del pico (h)	59,1 ± 2,8^{a}	46,2 ± 1,0^{b}	64,0 ± 2,6^{a}	50,4 ± 2,4^{b}	51,1 ± 1,6^{b}	NS	0,001
Duración del pico (h)	15,6 ± 0,4	14,7 ± 0,9	18,4 ± 0,9	16,4 ± 1,3	15,6 ± 0,8	0,1	NS
Conc. máxima (ng/ml)	51,0 ± 8,4	49,8 ± 5,9	40,3 ± 4,3	33,0 ± 4,5	45,5 ± 5,8	0,1	NS
Área del pico (ng/ml)·h	271,0 ± 31,0	265,4 ± 31,0	228,4 ± 29,4	204,9 ± 29,4	271,9 ± 31,0	NS	NS

Diferencias entre dosis de eCG sólo dentro de cada genotipo: Dentro de una misma fila, $^{a,b}P < 0,01$; $^{c,d}P < 0,05$.

++: Ovejas de genotipo salvaje.

R+: Ovejas heterocigotas para el alelo *FecX*^{R}.

* Dosis dentro de Genotipo. Sincropart® PMSG 6000 UI, CEVA Salud Animal SA (Barcelona, España).

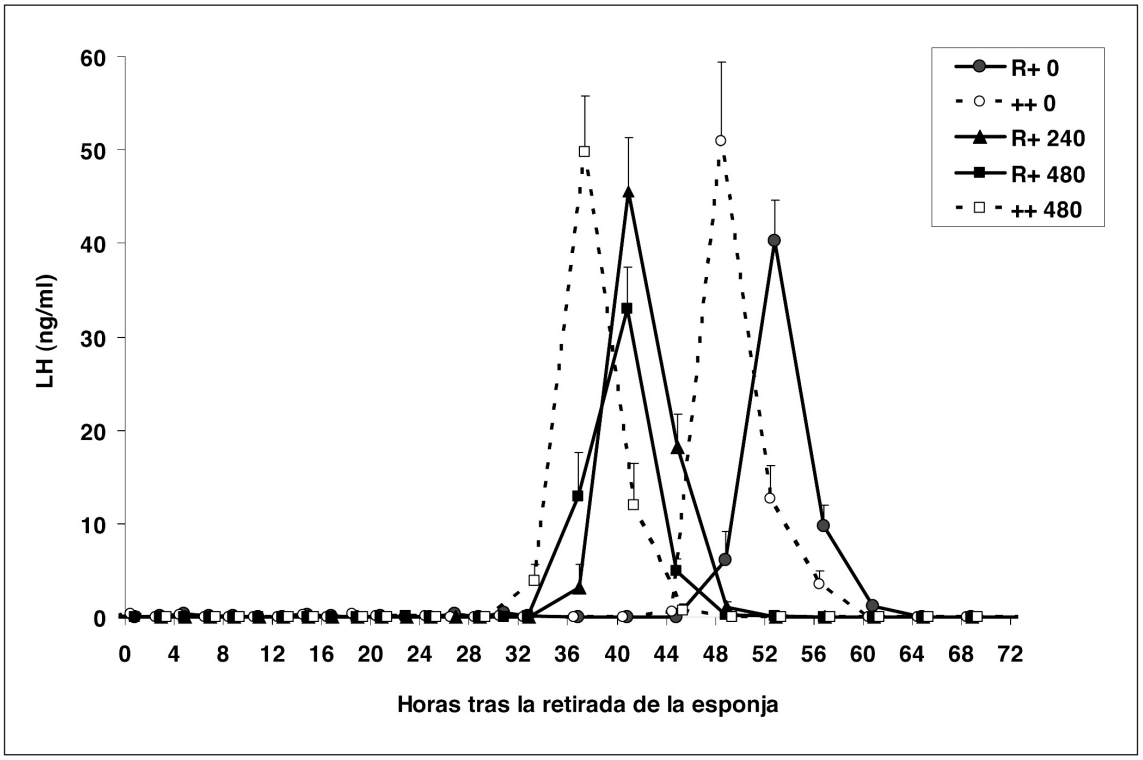


Figura 1. Pico preovulatorio de LH en ovejas portadoras heterocigotas del alelo *FecX*^{R} y no portadoras, tratadas o no con dos dosis diferentes de eCG (240 y 480 UI). Se han representado las medias y errores estándar de cada grupo.

++: Ovejas de genotipo salvaje.

R+: Ovejas heterocigotas para el alelo *FecX*^{R}.

Figure 1. Preovulatory LH surge in FecX^R *heterozygous carrier and non-carrier ewes, treated or not with two different doses of eCG (240 and 480 IU). Means and standars errors of each group are shown.*

finalizando 12 y 12,9 horas antes, respectivamente (ambos P < 0,01), sin afectar a la duración, concentración máxima o área del mismo.

En las ovejas R+, la eCG adelantó el pico preovulatorio de LH respecto a las ovejas R+ no tratadas, tanto cuando se trataron con 480 UI (-12 h, P < 0,05), como con 240 UI (-11,9 h, P < 0,01). Tanto en las ovejas R+480 como en las R+240, la descarga preovulatoria de LH comenzó antes (-11,6 h y -10 h; ambos P < 0,05), y finalizó antes (-13,6 h y -12,9 h; ambos P < 0,01). No se observó ninguna diferencia significativa en ninguna de las variables estudiadas entre las ovejas R+ tratadas con 480 UI o con 240 UI de eCG.

Aunque la eCG adelantó la aparición del pico preovulatorio de LH en ambos genotipos, los picos de LH mostraron rangos diferentes, como puede verse en la figura 2. Cuando se aplicó la dosis estándar de 480 UI a las ovejas ++, se obtuvo una gran sincronización en el pico preovulatorio de LH, con un 90% de animales que lo presentaron entre las 36 y 40 horas tras la retirada. Cuando se aplicó la

eCG a las ovejas R+, se observó una mayor dispersión en la presentación de los picos preovulatorios de LH en comparación con las ovejas ++. No hubo diferencias entre aplicar 240 o 480 UI de eCG.

En todos los grupos se observó una correlación muy significativa entre la concentración máxima de LH y el área del pico preovulatorio de LH (+0,87; P < 0,001). En las ovejas R+ sin tratamiento, se observó una correlación positiva entre el área del pico preovulatorio de LH y la tasa de ovulación posterior (+0,83; P < 0,01), y una tendencia a la significación entre la concentración máxima de LH y la tasa de ovulación (+0,57; P < 0,1); Figura 3. No se observó ninguna correlación significativa entre la tasa de ovulación y ambas variables en ovejas ++, o en ambos genotipos cuando fueron tratados con eCG.

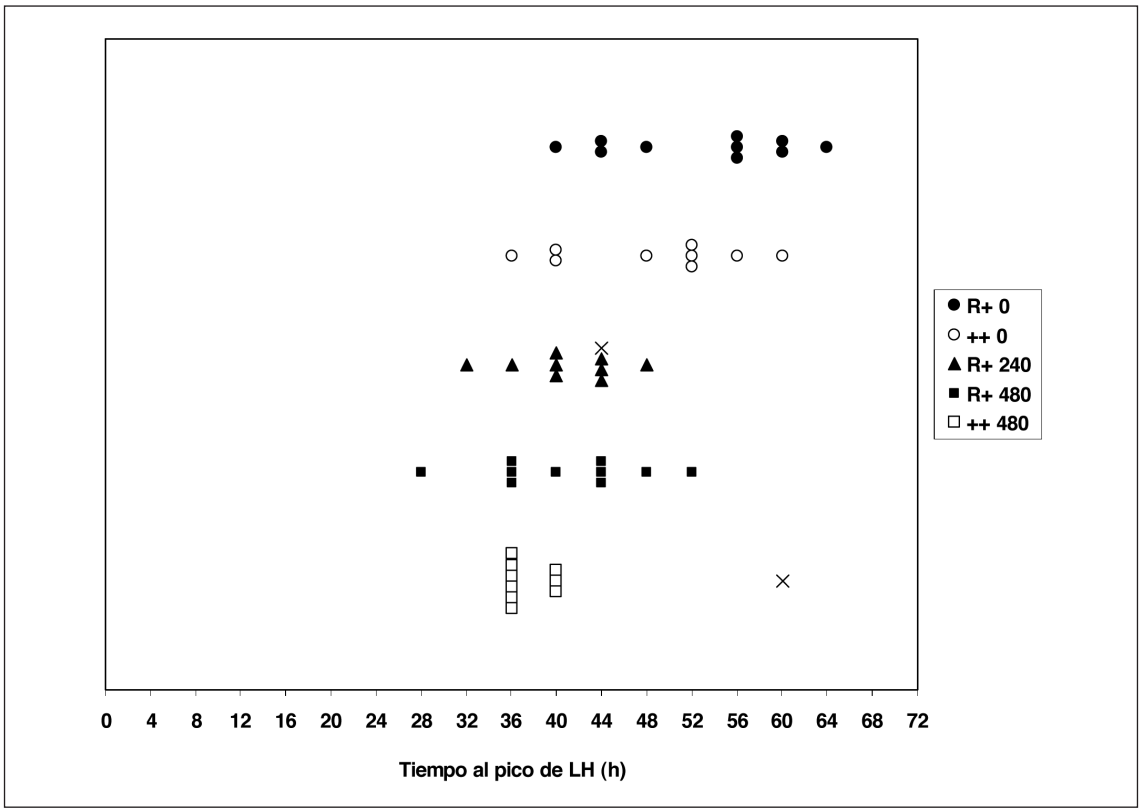


Figura 2. Sincronización de los picos preovulatorios de LH en cada uno de los lotes de ovejas portadoras heterocigotas del alelo *FecX*^{R} y no portadoras, tratadas o no con dos dosis diferentes de eCG (240 y 480 UI). Se han representado los valores individuales de cada animal (Dotplot).

El tiempo al pico de LH corresponde con las horas desde la retirada de las esponjas de 30 mg de FGA hasta el momento de máxima concentración de LH. Las ovejas excluidas del estudio por presentar valores anómalos se han representado con el símbolo "x".

Figure 2. Synchronization of preovulatory LH surges in experimental groups of FecX^{R} *heterozygous carrier and non-carrier ewes, treated or not with two different doses of eCG (240 and 480 IU). Individual values for each ewe are shown (Dotplot).*

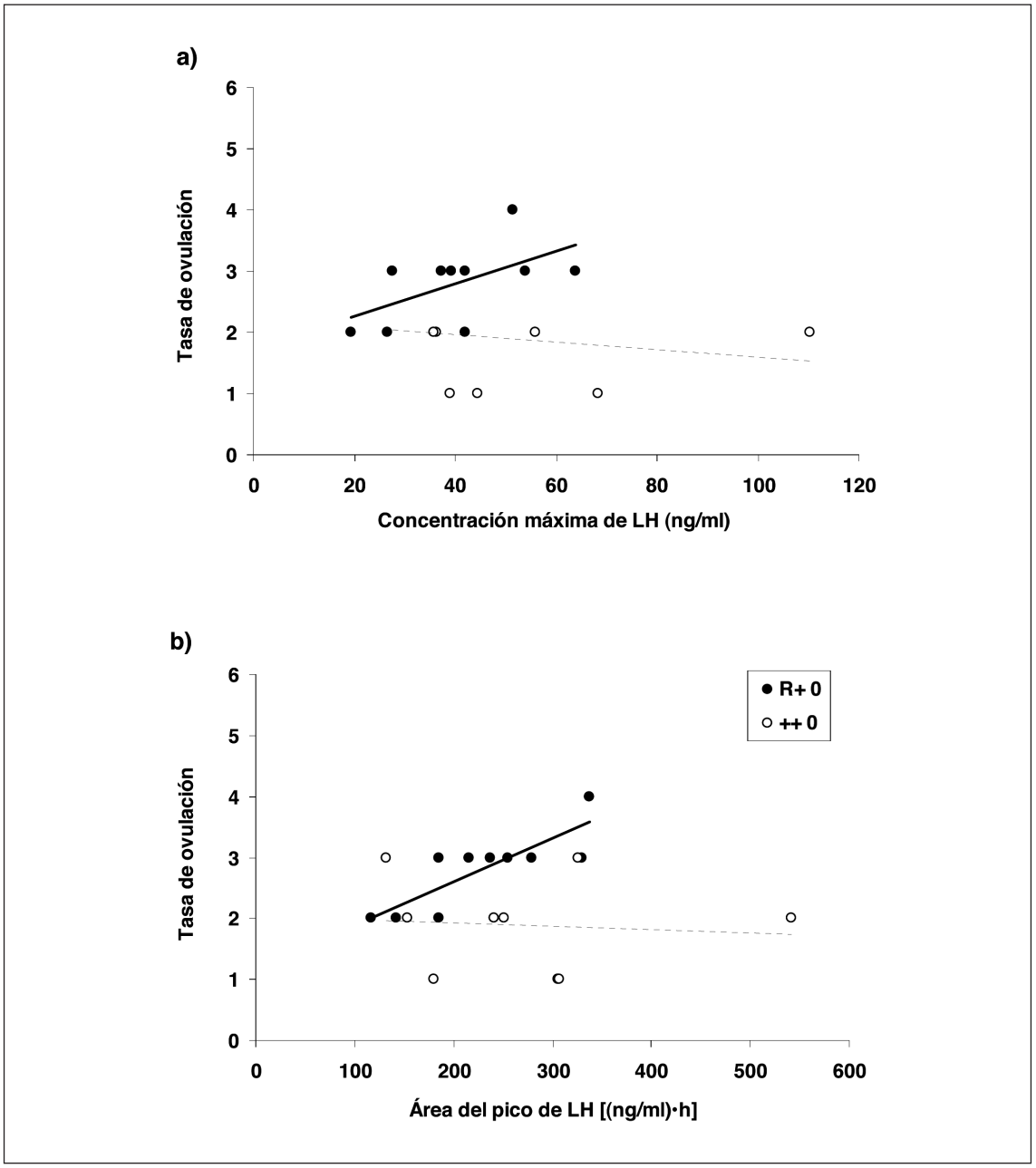


Figura 3. Correlación entre: a) la concentración máxima de LH y la tasa de ovulación; b) el área del pico preovulatorio de LH y la tasa de ovulación; en ovejas portadoras heterocigotas del alelo *FecX*^{R} (R+) y no portadoras (++) no tratadas con eCG.

Figure 3. Correlation between: a) the maximum concentration of LH and ovulation rate, b) the area of the preovulatory LH surge and ovulation rate, in FecX^{R} *heterozygous carrier and non-carrier ewes not treated with eCG.*

Discusión

Nuestros resultados muestran que la presencia del alelo *FecX*^{R} no afecta al pico preovulatorio de LH en ovejas Rasa Aragonesa. Estos resultados concurren con los observados por otros autores que han estudiado mutaciones similares localizadas en genes pertenecientes a la familia del TGF-β, como son *BMP15* y su receptor *BMPR-1B*. Así, Shackell *et al*. (1993) observaron que las ovejas de raza Inverdale heterocigotas portadoras de una mutación similar (*FecX*^{I}) en el mismo gen (*BMP15)* no presentaban diferencias en relación a los niveles plasmáticos de P4, inhibina, o de gonadotropinas pituitarias en relación a ovejas no portadoras. De igual modo, Campbell *et al*. (2003) tampoco observaron diferencias endocrinas en ovejas Booroola homocigotas para esta mutación.

Por el contrario, en ovejas de raza Lacaune homocigotas para la mutación *FecL*^{L}, se han encontrado importantes diferencias endocrinas entre ovejas silvestres (++) y portadoras (LL). En concreto, se ha observado que el pico preovulatorio de LH estaba adelantado en las ovejas portadoras de la mutación (Drouilhet *et al*., 2010). Hay que tener en cuenta que, aunque esta mutación también incrementa la tasa de ovulación, no se trata de una mutación en el gen *BMP15*, como es el caso del polimorfismo hiperprolífico *FecX*^{L} también descrito en esta raza (Bodin *et al*., 2007), sino en otro gen recientemente identificado en el cromosoma 11. Además, estudios recientes parecen indicar que el incremento de la tasa de ovulación debido a *FecL*^{L} se produciría siguiendo una ruta fisiológica diferente a la que siguen los miembros de la superfamilia del TGF-β (Mansanet *et al*., 2012), por lo que no puede compararse directamente.

El tratamiento con esponjas de FGA y eCG en ovejas se aplica en Aragón (España) desde hace años con fines genéticos o comerciales (Folch *et al.*, 1979). Actualmente, es una práctica muy habitual. Sirva a modo de ejemplo que durante el año 2012, dentro del programa de selección de la UPRA-Grupo Pastores constituido por 204.360 ovejas (a 30/12/2012), se realizaron 9.835 tratamientos con esponja + eCG para realizar IA (datos cedidos por la Asociación). Ese mismo año, de las más de 400.000 ovejas que forman parte de la Cooperativa Carnes Oviaragón S.C.L., 35.588 (alrededor del 10%) recibieron un tratamiento de esponja + eCG para realizar monta natural. A pesar de ello, hasta donde nosotros conocemos no existen datos publicados sobre el pico preovulatorio de LH en estas condiciones, lo cual es importante de cara a futuras decisiones, especialmente a la hora de planificar la IA. En los estudios previos realizados en ovejas de esta raza se determinó la concentración del pico de LH cuando fueron tratadas sólo con una esponja de FGA (42,5 ng/ml; Alabart *et al*., 1988). En estudios posteriores se observó que aplicando un tratamiento de superestimulación con FSH/LH, o FSH/LH más GH, el tiempo al pico así como la concentración máxima fueron 32,0 h y 34,3 ng/ml, y 34,6 h y 27,1 ng/ml, respectivamente, algo inferiores a los observados en el presente estudio (Folch *et al*., 2001). En estudios anteriores realizados en condiciones similares (esponjas intravaginales de FGA y 500 UI de eCG) pero en ovejas de raza Manchega, se observó que el pico de LH apareció de media a las 37,1 h y las ovulaciones ocurrieron a las 64,3 horas de media (entre las 61 y 66 horas tras la retirada de la esponja), con un intervalo constante del celo al primer incremento de la concentración de LH (3,4 horas; López-Sebastian, 1991). Cumming *et al*. (1973), también observaron que en ovejas sincronizadas con progestágenos el intervalo entre el pico preovulatorio de LH y la ovulación era constante (entre 21 y 26 horas). Por lo tanto, a partir de nuestros datos podríamos estimar que el momento de ovulación en las ovejas Rasa Aragonesa tratadas con eCG estaría en torno a las 61-66 horas. Teniendo en cuenta

que la IA a tiempo fijo en las ganaderías se realiza a las 54 ± 1 h, y que el tiempo estimado de migración de los espermatozoides desde la vagina hasta el oviducto es de 8-10 horas (Hunter *et al*., 1980; Druart *et al*., 2009), nuestros resultados parecen indicar que el momento de IA que se viene utilizando en las ganaderías es adecuado.

La eCG adelantó la descarga preovulatoria de LH en todas las ovejas, tal y como ya describieron Cognié *et al*. (1970). Sin embargo, los patrones de agrupación de los picos preovulatorios de LH obtenidos en ambos genotipos fueron distintos. En las ovejas R+ tratadas con ambas dosis de eCG se obtuvo una menor sincronización que en las ovejas ++ tratadas. Las causas de dichas diferencias no pueden ser dilucidadas en el presente trabajo; tal vez pudieran estar relacionadas con diferencias en su foliculogénesis y tasa de ovulación.

En resumen, la respuesta de LH a la aplicación de eCG fue similar en ambos genotipos, ya que no se observó ninguna diferencia significativa en ninguna de las variables estudiadas relacionadas con la LH entre ovejas portadoras o no. Por lo tanto, en el caso de realizar IA a ovejas R+, se harían extensivas las recomendaciones sobre el momento de IA de las ovejas ++. Tampoco se encontraron diferencias en relación a la dosis de eCG aplicada cuando se compararon los resultados entre las ovejas R+ tratadas con 480 UI o con 240 UI de eCG. Estos resultados son importantes porque posibilitan la elección de la dosis de eCG a aplicar a las ovejas R+ en función de la capacidad de gestión de los partos múltiples del ganadero, sin afectar a la descarga preovulatoria de LH, y por tanto, a los resultados de la IA. Con una dosis reducida de eCG en las ovejas R+ (240 UI), se obtendrá una tasa de ovulación similar a la de ovejas ++ tratadas con una dosis estándar de 480 UI, sin que esto afecte a su pico preovulatorio de LH. Si se aplicase una dosis estándar de 480 UI de eCG a las R+, se lograría una mayor prolificidad debido a un aumento del porcentaje de partos triples y de orden superior, pero sin que se viese afectado el pico preovulatorio de LH.

Estudios previos llevados a cabo en ganaderías de Oviaragón-Grupo Pastores sobre resultados de fertilidad de más de 16.000 ovejas inseminadas a tiempo fijo utilizando 480 UI de eCG mostraron que las hembras R+ tuvieron una fertilidad igual o superior a la de las ovejas no portadoras (Alabart *et al*., 2009). Resultados similares se obtuvieron en trabajos experimentales realizados con un número más reducido de animales en las instalaciones del CITA (Zaragoza, España). Se observó que la fertilidad del lote ++480 fue del 40%, mientras que la de los lotes R+480 y R+240 fue del 61% y 58%, respectivamente (Datos no publicados). Con los resultados del presente estudio, se demostraría que no se debieron a diferencias en la descarga preovulatoria de LH. Al tratarse de fertilidad al parto, podrían estar relacionados con la mayor tasa de ovulación de la ovejas R+, o bien con otros parámetros relacionados con la fertilidad que no han sido estudiados todavía en este genotipo.

En las ovejas portadoras del alelo *FecX*^{R} se observó una correlación significativa entre el área total del pico de LH, su concentración máxima y la tasa de ovulación, como puede verse en la figura 3. Hasta donde nosotros conocemos, no existen trabajos similares al respecto. En trabajos previos llevados a cabo por nuestro equipo, se observó que las ovejas R+ tratadas con FSH presentaban un mayor número de folículos ováricos de un menor diámetro respecto a las ovejas ++ (Lahoz *et al*., 2013). Estos resultados apoyarían la hipótesis según la cual las ovejas *Fec* heterocigotas tendrían un mayor número de folículos de menor diámetro susceptibles de ovular (Fabre *et al*., 2006).

En conclusión, el tratamiento actualmente comercializado de esponjas vaginales de 30 mg de FGA y 480 UI de eCG induce una buena sin-

cronización del pico preovulatorio de LH en ovejas ++ Rasa Aragonesa adultas en otoño. La presencia del alelo *FecX*^{R} no tuvo ningún efecto sobre el pico preovulatorio de LH, independientemente de la dosis de eCG utilizada. Estos datos refuerzan la recomendación de que la dosis de eCG aplicada a las ovejas R+ deberá adaptarse a las necesidades y posibilidades de la explotación, sin que afecte a los resultados de la IA. No es recomendable modificar el momento de realizar la IA cervical a tiempo fijo en ninguno de los dos genotipos.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado con fondos del Proyecto TRACE PET-2008-0076. B. Lahoz disfruta de una beca predoctoral INIA. Los autores quieren agradecer a E. Echegoyen y a R. Mozo su colaboración en la toma de muestras, y a los compañeros de UPRA-Grupo Pastores la cesión de los datos sobre tratamientos hormonales.

Bibliografía

Alabart JL y Folch J,1988. Immunization against androstenedione of Rasa Aragonesa ewes submitted to two moderate feeding levels in winter. 11th International Congress on Animal Reproduction and Artificial Insemination. Dublin, Ireland, June 26-30, 1988, pp. 488.

Alabart JL, Martínez-Royo A, Lahoz B, Calvo JH, Martí JI, Jurado JJ, Vijil E, Fantova E, Folch J, 2009. Fertilidad y prolificidad de las ovejas portadoras o no portadoras del alelo *FecX*^{R} inseminadas en las ganaderías de UPRA-Grupo Pastores. XXXIV Congreso nacional de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia. Barbastro (Huesca), España, 16-19 de septiembre de 2009, pp. 387-392.

Alonso de Miguel M, 1979. La actividad sexual de la oveja Rasa Aragonesa durante el periodo denominado de anestro estacionario. Algunos factores que la modifican. Simposio sobre reproducción de ovinos y bovinos de carne. Ed. INIA. Monografía nº 42: 11-40.

Bodin L, Di Pasquale E, Fabre S, Bontoux M, Monget P, Persani L, Mulsant P, 2007. A novel mutation in the bone morphogenetic protein 15 gene causing defective protein secretion is associated with both increased ovulation rate and sterility in Lacaune sheep. Endocrinology 148: 393-400.

Campbell BK, Baird DT, Souza CJ, Webb R, 2003. The *FecB* (Booroola) gene acts at the ovary: in vivo evidence. Reproduction 126: 101-111.

Cognié Y, Mariana JC, Thimonier J, 1970. Etude du moment d'ovulation chez la brebis normale ou traitée par un progestagène associé ou non a une injection de PMSG. Annales De Biologie Animale Biochimie Biophysique 10: 15-24.

Cumming IA, Buckmaster JM, Blockey MAD, Goding JR, Winfield CG, Baxter RW, 1973. Constancy of interval between luteinizing-hormone release and ovulation in the ewe. Biology of Reproduction 9(1): 24-29.

Drouilhet L, Taragnat C, Fontaine J, Duittoz A, Mulsant P, Bodin L, Fabre S, 2010. Endocrine characterization of the reproductive axis in highly prolific Lacaune sheep homozygous for the *FecL*^{L} mutation. Biology of Reproduction 82(5): 815-824.

Druart X, Cognié J, Baril G, Clement F, Dacheux JL, Gatti JL, 2009. In vivo imaging of in situ motility of fresh and liquid stored ram spermatozoa in the ewe genital tract. Reproduction 138(1): 45-53.

Fabre S, Pierre A, Mulsant P, Bodin L, Di Pasquale E, Persani L, Monget P, Monniaux D, 2006. Regulation of ovulation rate in mammals: contribution of sheep genetic models. Reproductive Biology and Endocrinology 4: 20.

Fantova E, Pardos L, Bru Ch, Buñuel M, Cuartielles I, Larraz V, 2011. Influencia de la estacionalidad de la producción de corderos en explotaciones ovinas de carne en Aragón. XXXVI Congreso nacional de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia. San Sebastian, España, 5-7 de octubre de 2011, pp. 265-268.

Folch J, Alonso M, Cognié Y, Roca M, Ibañez I, Urbieta J, 1979. La inseminación artificial ovina en las ganaderías de carne del Valle del Ebro. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 36: 9-14.

Folch J y Alabart JL, 1999. Respuesta al efecto macho de ovejas Rasa Aragonesa según su estado cíclico tratadas o no con melatonina en primavera. VIII Jornadas sobre Producción Animal, Zaragoza (España), 11-13 May 1999. ITEA-Información Técnica Económica Agraria, Vol. Extra 20, 2: 651-653.

Folch J, Ramon JP, Cocero MJ, Alabart JL, Beckers JF, 2001. Exogenous growth hormone improves the number of transferable embryos in superovulated ewes. Theriogenology 55(9): 1777-1785.

Forcada F, Abecia JA, Sierra I, 1992. Seasonal changes in oestrus activity and ovulation rate in Rasa Aragonesa ewes maintained at two different body condition levels. Small Ruminant Research 8(4): 313-325.

Hunter RHF, Nichol R, Crabtree SM, 1980. Transport of spermatozoa in the ewe: timing of the establishment of a functional population in the oviduct. Reproduction Nutrition Development 20(6): 1869-1875.

Jabbour HN y Evans G, 1991. Fertility of superovulated ewes following intrauterine or oviductal insemination with fresh or frozen-thawed semen. Reproduction Fertility and Development 3(1): 1-7.

Lahoz B, Alabart JL, Jurado JJ, Calvo JH, Martínez-Royo A, Fantova E, Folch J, 2011. Effect of the *FecX*^{R} polymorphism in the bone morphogenetic protein 15 gene on natural or equine chorionic gonadotropin-induced ovulation rate and litter size in Rasa Aragonesa ewes and implications for on-farm application. Journal of Animal Science 89: 3522-3530.

Lahoz B, Alabart JL, Folch J, Sánchez P, Echegoyen E, Cocero MJ, 2013. Influence of the *FecX*^{R} allele in heterozygous ewes on follicular population and outcomes of IVP and ET using LOPU-derived oocytes. Reproduction in Domestic Animals. Doi: 10.1111/rda.12150. In press.

Lawford S, 2005. Finite-sample quantiles of the Jarque-Bera test. Applied Economics Letters 12: 351-354.

López-Sebastian A, 1991. Descarga preovulatoria de LH y momento de la ovulación en ovejas con celo inducido mediante progestágeno y PMSG. Investigación Agraria 6: 123-131.

Mansanet C, Drouilhet L, Bardou P, Sary J, Tabet K, Bodin L, Mulsant P, Fabre S, 2012. Identification of the *FecL* fecundity major gene controlling prolificacy in the Lacaune sheep breed. 17th International Congress on Animal Reproduction (ICAR). Vancouver, Canadá, July 29 - August 2, 2012. Reproduction in Domestic Animals 47(SI, Suppl. 4): 491-492.

Martínez-Royo A, Jurado JJ, Smulders JP, Martí JI, Alabart JL, Roche A, Fantova E, Bodin L, Mulsant P, Serrano M, Folch J, Calvo JH, 2008. A deletion in the bone morphogenetic protein 15 gene causes sterility and increased prolificacy in Rasa Aragonesa sheep. Animal Genetics 39: 294-297.

Maxwell WMC, 1986. Artificial insemination of ewes with frozen-thawed semen at a synchronized estrus. 1. Effect of time of onset of estrus, ovulation and insemination on fertility. Animal Reproduction Science 10: 301-308.

Pardos L, Maza MT, Fantova E, Sepúlveda W, 2008. The diversity of sheep production systems in Aragon (Spain): characterisation and typification of meat sheep farms. Spanish Journal of Agricultural Research 6(4): 497-507.

Pardos L, Fantova E, Bru Ch, Buñuel M, Cuartielles I, Larraz V, 2010. Influencia de la presencia del alelo ROA y de la selección por prolificidad poligénica en los resultados económicos de explotaciones ovinas de carne en Aragón. XXXV Congreso nacional de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia. Valladolid, España, 16-19 de septiembre de 2010, pp. 461-465.

Romano JE, Abella DF, Villegas N, 2001. A note on the effect of continuous ram presence on estrus onset, estrus duration and ovulation time in estrus synchronized ewes. Applied Animal Behaviour Science 73(3): 193-198.

Russel AJF, Doney JM, Gunn RG, 1969. Subjective assessment of body fat in live sheep. Journal of Agricultural Science, Cambridge 72: 451-454.

SAS Institute Inc. 2011. SAS OnlineDoc® 9.3. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Shackell GH, Hudson NL, Heath DA, Lun S, Shaw L, Condell L, Blay LR, McNatty KP, 1993. Plasma gonadotropin concentrations and ovarian characteristics in Inverdale ewes that are heterozygous for a major gene (*FecX*^{I}) on the X Chromosome that influence ovulation rate. Biology of Reproduction 48(5): 1150-1156.

Shaffer JP, 1986. Modified Sequentially Rejective Multiple Test Procedures. Journal of the American Statistical Association 81: 329–335.

Sierra I, 1969. Posibilidades de industrialización de las empresas de Ganado Ovino de aptitud cárnica en el valle del Ebro. Archivos de Zootecnia 18: 70-113.

Signoret JP y Cognié Y, 1975. Determination of the moment of ovulation in ewe and sow. Influence of environment end hormonal treatment. Annales De Biologie Animale Biochimie Biophysique 15: 205-214.

Westfall PH, 1997. Multiple Testing of General Contrasts Using Logical Constraints and Correlations. Journal of the American Statistical Association 92: 299-306.

Westfall PH, Tobias RD, Wolfinger RD, 2011a. Approximate Multiple Comparisons under Heteroscedasticity: The MaxT Method for Multiple Comparisons under Heteroscedasticity. In: Westfall PH, Tobias RD, Wolfinger RD, 2011. Multiple Comparisons and Multiple Tests Using SAS®, Second Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc., pp. 282-284.

Westfall PH, Tobias RD, Wolfinger RD, 2011b. Multiple Comparisons and Multiple Tests Using SAS®, Second Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc., pp. 282-284.

(Aceptado para publicación el 25 de abril de 2013)

Influencia de la línea Duroc y del sexo sobre los resultados productivos, calidad de la canal, de la carne y de la grasa de cerdos destinados a la producción de jamón de Teruel

I. Garitano*, C. Liébana**, E. Feliz de Vargas*, A. Olivares*** y A. Daza****,1

* Diputación Provincial de Teruel
** Consejo Regulador de la Denominación de Origen Jamón de Teruel
*** Departamento de Producción Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad Complutense de Madrid
**** Departamento de Producción Animal. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid

Resumen

Según un diseño experimental factorial que observó dos líneas paternales comerciales de la raza Duroc: M (magra) y G (grasa), y dos sexos (machos castrados *vs* hembras) se utilizaron 43 cerdos Duroc x (Landrace x Large White) destinados a la producción de Jamón de Teruel. La fase de cebo transcurrió entre los 22,50 y 125,26 kg, y todos los animales consumieron el mismo pienso durante el periodo experimental. Los cerdos procedentes de la línea G consumieron más pienso que los de la M y los machos castrados exhibieron mayor consumo y crecimiento que las hembras. Los cerdos derivados de la línea G tuvieron valores superiores del perímetro del jamón, espesor de grasa a nivel de la décima costilla y cobertura grasa a nivel del músculo *Biceps femoris*. El espesor de grasa a nivel de la décima costilla fue superior en los machos castrados que en las hembras. El porcentaje rechazado de canales de hembras en el matadero fue superior que el de machos castrados. La línea paterna no tuvo efecto sobre los porcentajes de humedad (H), proteína (P) y grasa intramuscular (GIM) del músculo *Longissimus dorsi*, pero el pH del lomo, tomado 45 minutos después del sacrificio (pH_{45}), fue superior en los cerdos procedentes de la línea M que en los de la G. Los machos castrados tuvieron mayor porcentaje de GIM que las hembras. Los cerdos procedentes de la línea G tuvieron mayores proporciones de C10:0, C15:1, C16:0 y total de ácidos grasos saturados (Σ SAT) y menores proporciones de C20:3 n-9 y C20:4 n-6 que los de la línea M. Los machos castrados tuvieron proporciones superiores de C14:0, C16:1, C18:1n-9 y total de ácidos grasos monoinsaturados (Σ MONO) e inferiores proporciones de C18:2 n-6, total de ácidos grasos poliinsaturados (Σ POLI) y n-6 (Σ n-6) que las hembras. El porcentaje de GIM afectó a las proporciones: C14:0, C16:0, C17:0, C18:1n-9, C18:2 n-6, C20:1, C20:4 n-6, Σ SAT, Σ MONO, Σ POLI, Σ n-6 y a las relaciones Σ n-6/Σ n-3 y Σ POLI/ Σ SAT y detectadas en la GIM. Se concluye que la utilización de una línea paterna Duroc grasa no afecta negativamente a los resultados productivos, incrementa ligeramente el engrasamiento de la canal y satura la GIM. Los machos castrados presentan una canal más adecuada que las hembras para la producción del jamón de Teruel.

Palabras clave: Crecimiento, sexo, resultados productivos, canal, grasa intramuscular, ácidos grasos, genética, género.

1. Autor para correspondencia: argimiro.daza@upm.es
http://dx.doi.org/10.12706/itea.2013.026

Abstract

Influence of Duroc sire line and gender on productive performance and carcass, meat and fat quality of pigs destined to Teruel ham production

According to a factorial design that observed two commercial sire line of the Duroc breed: M (lean) and G (fat), and two genders (castrated males *vs* females), 43 Duroc x (Landrace x Large White) pigs were used. The growing-finishing period lasted from 22,50 to 125,16 kg of live weight and all animals were given the same feed during such period. The pigs from G line consumed more feed than those from M line. Castrated males had greater feed intake and average daily gain than females. The pigs from G line showed higher values of ham perimeter, fat thickness at the level of the 10th rib and *Biceps femoris* muscle. The fat thickness at the level of the 10th rib was higher in castrated males than in females. The rejected percentage of female carcasses in the slaughter-house was higher in females than in castrated males. The sire line had no effect on moisture, protein and intramuscular fat percentages of *Longissimus dorsi* muscle. However, the loin pH, measured 45 min after slaughter, was higher in pigs from M line than in those from G line. Castrated males had more intramuscular fat percentage than females. The pigs from G line had higher C10:0, C15:1, C16:0 and total saturated fatty acids, and lower C20:3 n-9 and C20:4 n-6 proportions than those from M line. Castrated males had higher C14:0, C16:1, C18:1n-9 and total monounsatureted fatty acids and lower C18:2 n-6 and total polyunsaturated and n-6 fatty acids proportions than females. The intramuscular fat percentage affected to C14:0, C16:0, C17:0, C18:1n-9, C18:2 n-6, C20:1, C20:4 n-6, total saturated, monounsaturated, polyunsaturated, n-6 proportions and Σ n-6/Σ n-3 and Σ POLI/ Σ SAT ratios detected in intramuscular fat. It is concluded that the use of a G sire line has not negative effect on productive performance, increases lightly the carcass fatness and saturates the intramuscular fat. Castrated males show more adequate carcasses than females to Teruel ham production.

Key words: Growth, carcass, intramuscular fat, fatty acids, genetic, gender.

Introducción

España es el primer país productor de jamón del mundo con una producción anual en torno a 38,5 millones de piezas y 250.000 toneladas (MAGRAMA, 2011). Dentro de la esfera productiva del cerdo blanco la única Denominación de Origen (DO) existente en España es la del Jamón de Teruel que ha generado, en los últimos años, alrededor de medio millón de piezas anuales (Consejo Regulador Denominación de Origen Jamón de Teruel, 2012). La DO Jamón de Teruel exige cerdos derivados de padres Duroc y madres 1/2 Landrace y 1/2 Large White, un peso canal mínimo de 86 kg y un espesor graso mínimo a nivel del músculo *Gluteus medius* de 16 mm, de manera que un problema frecuente que se presenta en su marco productivo es el elevado porcentaje de canales, sobre todo de hembras, que es rechazado en el matadero, fundamentalmente, como consecuencia de no alcanzar el valor mínimo precitado de espesor graso (Latorre *et al*., 2008 y 2009).

Actualmente, el cerdo que genera la producción porcina intensiva logra, generalmente, unos índices técnicos adecuados y una buena calidad de la canal, pero la calidad de la carne puede ser deficiente. Así, el bajo grado de engrasamiento de las canales tiene una repercusión negativa sobre el proceso de elaboración del jamón curado y el escaso contenido de grasa intramuscular (GIM) incide desfavorablemente en algunas características importantes inherentes a la calidad de la carne como son la terneza, jugosidad, sabor y aroma (Ruiz *et al*., 2000). Como consecuencia, los productores de cerdos pesados destinados a la producción de Jamón de Teruel están muy interesados en aumentar el espesor de grasa a nivel del músculo *Gluteus*

medius y el contenido de GIM pero sin incrementar apreciablemente el coste de producción. Para ello, se ha recurrido a varias estrategias genéticas basadas en la utilización de líneas de la raza Duroc, el aumento del peso al sacrificio (Latorre *et al*., 2008 y 2009) y estrategias nutricionales durante las fases de crecimiento y/o acabado (Daza *et al*., 2010 y 2012; Garitano *et al*., 2012).

Algunos trabajos previos han estudiado el efecto de la línea paterna y del sexo sobre los resultados productivos y la calidad de la canal y de la carne de cerdos pesados (Latorre *et al*., 2003 y 2008; Peinado *et al*., 2008) y asimismo disponemos de algún experimento que ha valorado distintas líneas Duroc en relación a la calidad de la canal y de la carne de cerdos destinados a la producción de Jamón de Teruel (Altarriba *et al*., 2005). Sin embargo, en el contexto productivo del Jamón de Teruel, según nuestro conocimiento, no se cuenta con información suficiente sobre la influencia de la línea paterna y del sexo sobre algunas características inherentes a la calidad de la canal y de la carne y, sobre todo, sobre la composición en ácidos grasos de la grasa intramuscular, aspectos que constituyen los objetivos fundamentales del presente experimento.

Material y métodos

Los procedimientos experimentales usados en el presente experimento estuvieron de acuerdo con la normativa reflejada en el Boletín Oficial del Estado (2005) sobre la protección de los animales utilizados para experimentación y otros fines científicos.

Se utilizaron 44 cerdos de tipo genético Duroc x (Landrace x Large White), 22 machos castrados y 22 hembras, de manera que 22 animales (11 machos y 11 hembras) procedieron de un macho perteneciente a una línea comercial Duroc magra (en adelante línea paterna Duroc M) y otros 22 animales (11 machos y 11 hembras) de otra línea comercial Duroc más grasa que la anterior (en adelante línea paterna Duroc G). El peso medio inicial de los cerdos fue de 22,50 kg y el peso final 125,26 kg. Un macho castrado procedente de la línea Duroc G murió al comienzo del experimento. Durante todo el periodo experimental todos los cerdos consumieron un pienso único formulado a base de cereales y soja-44 (33% cebada; 21% trigo; 22% maíz; 19% soja-44; 1,7% melaza; 0,5% L-lisina-50; 0,6% carbonato de calcio; 1,2% fosfato bicálcico; 0,5% sal y 0,5% corrector vitamínico-mineral) que contenía 3.070 kcal de EM/kg, 15,72% de proteína bruta (PB), 0,91% de lisina, 2,10% de grasa bruta y 9,1 g/kg de C18:2 n-6 (FEDNA, 2010). Un día antes del sacrificio se estimó, en el animal vivo, el espesor de grasa dorsal a nivel de la última costilla (EGUL*) utilizando un aparato de ultrasonidos (RTU, Kretz Technick Inc 600 V-32, Sonovet, Austria).

En el matadero se obtuvo el peso de las canales y, mediante cinta métrica, se determinaron la longitud interna de la canal (distancia entre el borde anterior de la sínfisis isquiopubiana y el borde anterior de la primera costilla en su punto medio), longitud del jamón (distancia entre el borde anterior de la sínfisis isquiopubiana y el punto medio de la articulación tarsometatarsiana) y perímetro del jamón (PeJ) por su mayor diámetro. Mediante un calibrador o pie de rey se obtuvieron los espesores de grasa a nivel del músculo *Gluteus medius* (EGM), última (EGUC) y décima costilla (EG10C) y utilizando un endoscopio se determinó el espesor de la grasa de cobertura del jamón medido en todos los animales en un mismo punto del músculo *Biceps femoris*. Mediante un pH-metro digital (Crison-507, Crison Instruments SA, Barcelona, España) se determinaron los valores de pH del lomo (en el músculo *Longissimus dorsi*) y del jamón (en el músculo *Gluteus medius*), aproximadamente, 45 minutos después del sacrificio.

De la región distal del músculo *Longissimus dorsi* se recabaron 29 muestras elegidas al

azar (15 de la línea paterna Duroc M y 14 de la G, 13 de machos castrados y 16 de hembras) para la determinación de los porcentajes de humedad (H), P y GIM y del perfil de ácidos grasos de la GIM.

Las muestras fueron congeladas a -20º C hasta que fueron analizadas. Los contenidos de H y de P del tejido muscular se determinaron mediante una modificación del método de Weende (AOAC, 1999). La GIM del músculo se extrajo siguiendo el procedimiento descrito por Marmer y Maxwell (1981). Los extractos lipídicos fueron metilados en presencia de metóxido de sodio y se analizaron mediante cromatografía gaseosa utilizando un aparato Hewlett-Packard HP-6890 (Avondale, PA, EEUU) equipado con un detector de ionización de llama y una columna capilar HP-Innowax (100 m x 0,32 mm x 0,25 μm de polietilenglicol) (López-Bote *et al.,* 2003).

Los datos obtenidos de crecimiento, se estudiaron, considerando a la réplica de 11 animales (dos réplicas según línea paterna y otras dos según sexo) como unidad experimental, mediante análisis de varianza que incluía, como efectos fijos, a la línea paterna y al sexo y el peso inicial de los cerdos como covariable. Para estudiar las características de la canal y de la carne y composición en ácidos grasos de la GIM se consideró al cerdo como unidad experimental Las características de la canal y de la carne se estudiaron mediante un análisis de covarianza que consideró a la línea paterna y sexo como efectos fijos, la interacción entre ambos factores y el peso canal como covariable. La composición en ácidos grasos de la GIM se estudió mediante un análisis de varianza que incluyó los factores de variación anteriores, y un análisis adicional de covarianza, que incluía al porcentaje de GIM como covariable, fue realizado al observarse que el porcentaje de GIM tenía efecto significativo sobre la proporción de algunos ácidos grasos. La comprobación de la distribución normal de los datos recabados se llevó a cabo mediante el test de Shapiro y Wilk y cuando los datos de alguna variable no se ajustaban a una distribución normal se transformaron a arcsen $(x/100)^{0,5}$. Cuando en los diversos análisis indicados alguna covariable no era significativa ($P > 0,05$) era retirada del modelo estadístico. Las medias obtenidas se cotejaron por el test de Scheffe. Además, se realizaron análisis de correlación, regresión simple y múltiple para relacionar variables de calidad de la canal de la carne y de la grasa. Todos los análisis fueron realizados mediante el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (1999).

Resultados

En la Tabla 1 aparece reflejada la influencia de la línea paterna y del sexo sobre las variables productivas. La línea paterna no afectó a la ganancia media diaria ni al índice de transformación del pienso, aunque los cerdos procedentes de la línea paterna Duroc G consumieron más pienso que los de la Duroc M. Los machos castrados exhibieron un mayor consumo y crecimiento que las hembras, aunque el sexo no tuvo efecto significativo sobre el índice de transformación del pienso.

Los cerdos derivados de la línea paterna Duroc G tuvieron valores superiores del PeJ, EG10C y cobertura grasa a nivel del músculo *Biceps femoris* que los derivados de la línea Duroc M, mientras que las restantes características de la canal estudiadas no estuvieron afectadas por la línea paterna (Tabla 2). El EG10C fue significativamente superior en los machos castrados que en las hembras y el espesor graso, estimado en vivo, mediante ultrasonidos tendió ($P < 0,10$) a ser mayor en los machos castrados que en las hembras (Tabla 2). La interacción línea paterna x sexo fue significativa ($P < 0,05$) para la variable espesor de la grasa de cobertura del jamón. En la línea paterna Duroc M, menos grasa, los machos castrados exhibieron mayor espesor de

Tabla 1. Efecto de la línea paterna (LP) y del sexo (S) sobre los resultados productivos
Table 1. Effect of sire line (LP) and gender (S) on growth performance

Variable	Línea paterna		Sexo					
	Duroc	Duroc	Macho	Hembra	eem	P	P	P
	M	G				LP	S	cov P_i
n	2 (22)	2(21)	2(21)	2(22)				
P_i (kg)	22,14	22,94	22,40	22,69	0,41	0,14	0,65	–
P_f (kg)	124,20	126,37	127,44	123,13	1,25	0,24	0,019	0,0009
GMD (g)	782	799	807	774	9,61	0,24	0,019	0,15
CMP (kg)	2,16	2,25	2,26	2,15	0,019	0,0013	0,0004	0,96
IT (kg/kg)	2,77	2,82	2,80	2,78	0,044	0,46	0,77	0,26

eem = error estándar de la media, n = nº de réplicas, ( ) = nº de animales, P_i = peso inicial, P_f = peso final, GMD = ganancia media diaria, CMP = consumo medio diario de pienso, IT = índice de transformación del pienso.

la grasa de cobertura del jamón que las hembras (16,94 *vs* 14,75), mientras que en la línea Duroc G, más grasa, no se detectaron diferencias significativas entre sexos.

La relación obtenida entre el espesor graso a nivel del músculo *Gluteus medius* (EGM) y el espesor graso determinado por ultrasonidos en el animal vivo (EGUL) y el peso al sacrificio (P_f) fue:

$$EGM = -18{,}166 + 0{,}574\ EGUL + 0{,}238\ P_f\ (R^2 = 0{,}25,\ RSD = 4{,}92,\ P < 0{,}003,\ n = 43)$$

La línea paterna no tuvo efecto significativo sobre el porcentaje de canales rechazado en el matadero por el controlador de la Denominación de Origen Jamón de Teruel, aunque el porcentaje rechazado de canales de hembras fue significativamente superior que el de machos castrados. La interacción línea paterna por sexo fue significativa para esta variable. El porcentaje rechazado de canales en la línea M fue significativamente superior en hembras que en machos castrados (54,50 *vs* 9,09% respectivamente), mientras que en la línea G el sexo no tuvo efecto significativo (27,30% de rechazo en hembras frente al 10% en machos castrados).

La línea paterna no tuvo influencia significativa sobre los porcentajes de H, P y GIM del músculo *Longissimus dorsi*, pero el pH_{45} del lomo fue significativamente superior en los cerdos procedentes de la línea paterna Duroc M que en los procedentes de la línea Duroc G (Tabla 3). Los machos castrados tuvieron mayor porcentaje de GIM y menor porcentaje de H que las hembras, y el pH_{45} del lomo fue superior en las hembras que en los machos. La interacción línea paterna x sexo fue significativa ($P < 0{,}05$) para las variables pH_{45} del lomo y del jamón. En los animales procedentes de la línea paterna Duroc M, tales variables fueron significativamente superiores en las hembras que en los machos castrados (pH_{45} en el lomo de 6,31 *vs* 5,72 y en el jamón 6,05 *vs* 5,75) mientras que en los derivados de la línea Duroc G, entre machos y hembras, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 2. Efecto de la línea paterna (LP) y del sexo (S) sobre las características de la canal
Table 2. Effect of sire line(LP) and gender(S) on carcass characteristics

Variable	Línea paterna		Sexo						
	Duroc	Duroc	Macho	Hembra	eem	P	P	P	P
	M	G				LP	S	LPxS	cov PC
n	22	21	21	22					
PC (kg)	98,02	99,81	100,56	97,27	1,40	0,49	0,23	0,21	–
RC (%)	79,36	78,55	79,06	78,84	0,47	0,23	0,75	0,63	0,78 (1)
LC (cm)	88,64	88,78	88,54	88,87	0,51	0,85	0,65	0,31	0,0001
CC	1,11	1,11	1,11	1,11	0,006	0,63	0,64	0,34	0,0001
LJ (cm)	50,19	50,21	49,90	50,51	0,28	0,95	0,14	0,52	0,0054
Pe J (cm)	75,68	77,87	78,86	76,68	0,46	0,003	0,78	0,39	0,0001
EGM (mm)	24,13	26,54	25,94	24,73	1,06	0,14	0,43	0,10	0,010
EGUC(mm)	30,62	32,10	31,89	30,84	0,86	0,26	0,40	0,78	0,0040
EG10C(mm)	36,77	40,06	40,42	36,42	1,00	0,032	0,008	0,50	0,0014
EGUL(mm)	23,32	24,08	24,49	22,91	0,69	0,43	0,10	0,42	0,073
EGCJ(mm)	15,84	18,65	17,42	17,07	0,51	0,0008	0,63	0,018	0,089
CR (%)	31,81	18,64	9,54	40,91	8,9	0,29	0,016	0,049	0,099

eem = error estándar de la media, n = nº de animales, (1) = covariable peso al sacrificio, PC = peso canal, RC = rendimiento a la canal, LC = longitud interna de la canal, CC = compacidad de la canal (PC/LC), LJ = longitud del jamón, PeJ = perímetro del jamón, EGM = espesor graso a nivel del músculo *Gluteus medius* del jamón, EGUC = espesor graso a nivel de la última costilla, EG10C = espesor graso a nivel de la décima costilla, EGUL = espesor graso, tomado mediante aparato de ultrasonidos, a nivel de la última costilla un día antes del sacrificio, EGCJ = espesor de la grasa de cobertura del jamón. CR = canales rechazadas en el matadero.

La relación, obtenida mediante regresión, entre el porcentaje de GIM y el de H en el *Longissimus dorsi* respondió a la ecuación:

$$GIM = 64{,}58 - 0{,}802\ H$$
$$(R^2 = 0{,}59,\ RSD = 1{,}86,\ P < 0{,}0001,\ n = 29)$$

Pero cuando, junto con la H, se incluyó también como variable independiente el porcentaje de P, la ecuación de regresión múltiple resultante fue:

$$GIM = 109{,}56 - 1{,}09\ H - 1{,}051\ P$$
$$(R^2 = 0{,}75,\ RSD = 1{,}58,\ P < 0{,}0001\ n = 29)$$

Mediante análisis de correlación se estudió la relación entre el porcentaje de GIM y los espesores de grasa subcutánea según línea paterna. En los cerdos procedentes de la línea M los coeficientes de correlación obtenidos entre el porcentaje de GIM y los espesores grasos a nivel de *Gluteus medius*, décima y última costilla fueron 0,33 ($P < 0{,}23$), 0,50 ($P < 0{,}05$) y 0,43 ($P < 0{,}10$) respectivamente, mientras que en los derivados de la línea paterna G tales valores fueron -0,10 ($P < 0{,}72$), 0,16 ($P < 0{,}57$) y 0,05 ($P < 0{,}86$).

Tabla 3. Efecto de la línea paterna (LP) y del sexo (S) sobre la composición del músculo *Longissimus dorsi* (1) y sobre el valor de pH_{45} del lomo y del jamón
Table 3. Effect of sire line(LP) and gender(S) on composition of Longissimus dorsi *muscle and loin and ham* pH_{45}

Variable	Línea paterna		Sexo						
	Duroc	Duroc	Macho	Hembra	eem	P	P	P	P
	M	G				LP	S	LPxS	cov PC
n	15	14	13	16					
Humedad (%)	74,45	73,29	72,85	74,84	0,66	0,23	0,036	0,57	0,42
Proteína (%)	22,17	22,30	22,14	22,33	0,32	0,77	0,68	0,73	0,70
GIM (%)	4,93	5,51	6,54	4,13	0,62	0,73	0,025	0,27	0,58
pH_{45} lomo	6,02	5,68	5,70	6,00	0,057	0,0002	0,001	0,0007	0,21
	(22)	(21)	(21)	(22)					
pH_{45} jamón	5,90	5,78	5,78	5,90	0,06	0,17	0,17	0,037	0,29
	(22)	(21)	(21)	(22)					

(1) = región distal, n = nº de observaciones, eem = error estándar de la media, GIM = grasa intramuscular, PC = covariable peso canal ( ) = número de observaciones para pH_{45} del lomo y del jamón.

En la Tabla 4 aparece reflejado el perfil de ácidos grasos de la GIM obtenido sin incluir en el modelo estadístico la covariable porcentaje de GIM. Los cerdos procedentes de la línea paterna Duroc G tuvieron mayores proporciones de C10:0, C15:1, C16:0 y Σ SAT, menores proporciones de C20:3 n-9 y C20:4 n-6 y tendieron ($P < 0,1$) a tener mayor proporción de C16:1 y menores proporciones de Σ POLI y Σ n-6 que los procedentes de la línea paterna Duroc M. Los machos castrados tuvieron mayores proporciones de C14:0, C16:1, C18:1n-9 y de Σ MONO y menores proporciones de C18:2 n-6, Σ POLI y Σ n-6 y tendieron ($P < 0,1$) a presentar mayor proporción de C16:0 y menores proporciones de C17:0 y C20:4 n-6 que las hembras. La relación C18:1n-9/C18:0 fue significativamente superior en machos castrados, y el cociente C16:1/C16:0 tendió a ser mayor en machos que en hembras, mientras que la relación Σ POLI/ Σ SAT fue significativamente ($P < 0,05$) superior en los cerdos procedentes de la línea Duroc M y en las hembras. Para ningún ácido graso la interacción línea paterna por sexo fue significativa.

El porcentaje de GIM afectó significativamente a las proporciones de ácidos grasos: C14:0, C16:0, C17:0, C18:1n-9, C18:2 n-6, C20:1, C20:4 n-6, Σ SAT, Σ MONO, Σ POLI y Σ n-6 y a las relaciones Σ n-6/Σ n-3 y Σ POLI/ Σ SAT. En la Tabla 5, en la que aparecen los coeficientes de correlación entre el porcentaje de GIM y las proporciones de los ácidos grasos anteriores, puede observarse que los coeficientes de correlación obtenidos para los ácidos grasos C14:0, C16:0, C18:1n-9, C20:1, Σ SAT y Σ MONO fueron positivos, mientras que para los C17:0, C18:2 n-6, C20:4 n-6, Σ POLI y Σ n-6 y las relaciones Σ n-6/Σ n-3 y y Σ POLI/ Σ SAT fueron negativos.

Tabla 4. Efecto de la línea paterna (LP) y del sexo (S) sobre la composición en ácidos grasos (% de ácidos grasos totales) de la grasa del músculo *Longissimus dorsi* (1)
Table 4. Effect of sire line(LP) and gender (S) on fatty acid composition of fat from Longissimus dorsi *muscle*

Ácido graso	Línea paterna		Sexo						
	Duroc	Duroc	Macho	Hembra	eem	P	P	P	P
	M	G				LP	S	LPxS	% GIM
n	15	14	13	16					
C10:0	0,082	0,15	0,098	0,13	0,015	0,005	0,13	0,75	0,58
C12:0	0,073	0,071	0,070	0,074	0,0073	0,86	0,71	0,26	0,43
C14:0	1,23	1,27	1,31	1,19	0,029	0,27	0,007	0,63	0,0004
C15:1	0,010	0,032	0,020	0,022	0,005	0,009	0,84	0,57	0,78
C16:0	22,78	23,74	23,63	22,90	0,27	0,019	0,07	0,85	0,0014
C16:1	3,14	3,36	3,42	3,09	0,088	0,098	0,018	0,37	0,43
C17:0	0,26	0,25	0,23	0,27	0,016	0,82	0,09	0,68	0,036
C18:0	12,97	13,14	12,90	13,21	0,20	0,57	0,30	0,12	0,33
C18:1n-9	43,87	44,65	45,23	43,29	0,66	0,41	0,05	0,20	0,017
C18:2 n-6	10,31	9,11	8,85	10,57	0,57	0,15	0,046	0,40	0,0025
C18:3 n-3	0,39	0,40	0,39	0,40	0,017	0,91	0,70	0,27	0,84
C18:4	0,067	0,042	0,040	0,069	0,013	0,21	0,14	0,13	0,98
C20:0	0,18	0,17	0,18	0,17	0,008	0,66	0,60	0,66	0,36
C20:1	0,77	0,71	0,76	0,72	0,03	0,15	0,30	0,94	0,05
C20:3 n-9	0,37	0,30	0,32	0,35	0,020	0,024	0,20	0,33	0,61
C20:4 n-6	3,20	1,99	2,15	3,04	0,33	0,018	0,077	0,54	0,0018
Σ SAT	37,68	39,03	38,57	38,14	0,43	0,039	0,49	0,50	0,016
Σ MONO	47,94	49,05	49,62	47,36	0,71	0,29	0,036	0,15	0,005
Σ POLI	14,38	11,91	11,79	14,49	0,90	0,07	0,05	0,43	0,0021
Σ n-6	13,52	11,10	11,00	13,61	0,88	0,07	0,05	0,44	0,016
Σ n-3	0,46	0,44	0,43	0,47	0,024	0,54	0,29	0,11	0,87
C16:1/C16:0	0,13	0,14	0,14	0,13	0,003	0,42	0,07	0,27	0,63
C18:1n-9/C18:0	3,40	3,41	3,51	3,29	0,077	0,98	0,05	0,062	0,40
Σ MONO/ Σ SAT	1,27	1,26	1,29	1,24	0,021	0,57	0,16	0,090	0,66
Σ n-6/ Σ n-3	29,77	25,46	25,83	29,41	1,73	0,092	0,16	0,62	0,0001
Σ POLI/ Σ SAT	0,39	0,29	0,29	0,39	0,031	0,047	0,049	0,58	0,011

n = nº de observaciones, eem = error estándar de la media, % GIM = covariable porcentaje de grasa intramuscular, Σ SAT, Σ MONO, Σ POLI, Σ n-6 y Σ n-3 = suma de los ácidos grasos saturados (SAT), monoinsaturados (MONO), poliinsaturados (POLI), n-6 y n-3 respectivamente.

Tabla 5. Coeficientes de correlación entre el porcentaje de GIM del Longissimus dorsi y la proporción de ácidos grasos para los que la influencia del porcentaje de GIM fue significativa (P < 0,05)
Table 5. Correlation coefficients between intramuscular fat percentage of Longissimus dorsi and fatty acids proportions for those the influence of intramuscular fat percentage was significant

Ácido graso	Coeficiente de correlación con % GIM	Valor de P
C14:0	0,70	0,0001
C16:0	0,59	0,0008
C17:0	-0,48	0,0078
C18:1n-9	0,54	0,0026
C18:2 n-6	-0,68	0,0001
C20:1	0,40	0,031
C20:4 n-6	-0,59	0,0010
Σ SAT	0,43	0,020
Σ MONO	0,53	0,0033
Σ POLI	-0,68	0,0001
Σ n-6	-0,68	0,0001
Σ n-6/ Σ n-3	-0,74	0,0001
Σ POLI/ Σ SAT	-0,69	0,0001

n (nº de observaciones) = 29, Σ SAT, Σ MONO, Σ POLI, Σ n-6 y Σ n-3 = suma de los ácidos grasos saturados (SAT), monoinsaturado.

s (MONO), poliinsaturados (POLI), n-6 y n-3 respectivamente.

Discusión

Entre la descendencia de tres líneas paternales Duroc del ámbito productivo del Jamón de Teruel Altarriba *et al*. (2005) no observaron, como en nuestro experimento, diferencias significativas de la ganancia media diaria. El mayor consumo medio diario de pienso de los cerdos procedentes de la línea G puede explicarse por la relación positiva entre grado de engrasamiento y consumo (Blanchard *et al*., 1999; Morales *et al*., 2002 y 2003). El menor apetito de los cerdos magros se explica simplemente porque el coste energético de su ganancia es más bajo que en los cerdos grasos (Labroue, 1995). Se admite que el crecimiento de los machos castrados es superior que el de las hembras porque tienen un consumo medio diario de pienso más elevado, mientras que las hembras logran un índice de transformación del alimento más favorable (Augspurger *et al*., 2002; Latorre *et al*., 2003). Sin embargo, en nuestro estudio el sexo no afectó significativamente al índice de transformación del pienso, lo que concuerda con los resultados encontrados por Friesen *et al.* (1994), Cisneros *et al*. (1996) y Peinado *et al*. (2008), aunque en este experimento, dado el escaso número de réplicas disponibles para las variables consumo e índice de transformación del pienso los resultados referidos a las mismas deben ser considerados con cautela.

Como cabría esperar los cerdos procedentes de la línea paterna G tuvieron canales más engrasadas que los derivados de la línea paterna M. El mayor PeJ observado en la descendencia de la línea G se debe, probablemente, al mayor espesor de la cobertura grasa del jamón detectado en estos animales. Altarriba *et al*. (2005) también observaron mayores espesores de grasa dorsal en los cerdos descendientes de líneas Duroc grasas, y, como en nuestro trabajo, no encontraron efecto de la línea paterna sobre el rendimiento a la canal. Aunque la línea paterna no tuvo influencia estadísticamente significativa sobre el porcentaje rechazado de canales en el matadero, en este experimento el valor numérico de tan importante variable fue superior en los cerdos derivados de la línea paterna M que en los de la G.

Como en nuestro estudio, en otros experimentos (Latorre *et al*., 2008; Garitano *et al*., 2012) el sexo no tuvo influencia significativa en el rendimiento a la canal, longitud de la canal y longitud del jamón, y de acuerdo con Latorre *et al*. (2004), Correa *et al*. (2006), Latorre *et al*. (2008) y Garitano *et al.* (2012) los machos castrados generaron canales más engrasadas que la hembras. De acuerdo con Latorre *et al.* (2003) y Peinado *et al.* (2008) los machos castrados son preferidos por la industria para la elaboración del jamón. En este estudio el porcentaje rechazado de canales en el matadero, no aceptables para la producción de jamón, como consecuencia de no tener el espesor de grasa exigido a nivel del *Gluteus medius* fue muy superior en las hembras que en los machos castrados en los cerdos derivados de la línea Duroc M. Este aspecto constituye un problema grave para los productores de cerdos destinados a la producción de Jamón de Teruel. Por ello en este experimento, hemos relacionado, mediante regresión múltiple la variable EGM con variables que el porcinocultor puede estimar con facilidad en el animal vivo antes del sacrificio (grasa de ultrasonidos y peso vivo). La ecuación obtenida indica que la grasa medida por ultrasonidos y el peso del cerdo, conjuntamente, sólo explican el 25% de la variabilidad del EGM. Aunque el coeficiente de determinación (R^2) de la ecuación de regresión múltiple calculada ha sido muy bajo y la desviación residual estándar (RSD) muy alta, plantear ecuaciones de esta estructura, utilizando muestras poblacionales de mayor tamaño que las del presente experimento, puede tener interés para predecir la variable EGM en el animal vivo antes del sacrificio y, por ende, reducir el número de canales eliminadas en el matadero, no aptas para la producción del Jamón de Teruel, derivadas de valores de EGM inferiores a 16 mm.

Los valores de GIM en el músculo *Longissimus dorsi* fueron superiores a los detectados por Altarriba *et al*. (2005) en cerdos procedentes de tres líneas paternas de la raza Duroc. Estas diferencias pueden ser explicadas porque nuestras muestras fueron recogidas de la zona caudal del músculo y porque, en este experimento, para la extracción de la GIM se utilizó el método de Marmer y Maxwell (1981), con el que se obtienen valores más elevados cuando se compara con otros métodos al uso (Vicente *et al*., 2009).

La línea paterna G de Duroc considerada más grasa no generó una descendencia con más GIM, lo cual quizás pueda explicarse porque la diferencia entre el grado de engrasamiento entre las dos líneas estudiadas no haya sido la suficiente. Como en el presente trabajo, la mayoría de los experimentos han observado que el porcentaje de GIM es superior y el de H menor en los machos castrados que en las hembras (Cisneros *et al*., 1996; Latorre *et al*., 2003; Latorre *et al*., 2009). Algunos experimentos han observado mayor contenido de P en las hembras (Beattie *et al*., 1999; Latorre *et al*., 2004); Latorre *et al*., 2009) aunque otros estudios (Latorre *et al*., 2003; Serrano *et al*., 2008b; Garitano *et al*., 2012), como en nuestro estudio, no han encontrado

efecto significativo del sexo sobre tal variable. Cuando, mediante regresión, se relacionó el porcentaje de GIM con el de H, el porcentaje de H explicó el 59% de la variabilidad del porcentaje de GIM, pero cuando en la ecuación de regresión además se incluyó el porcentaje de P como variable independiente los porcentajes de H y de P, conjuntamente, explicaron el 75% de la variabilidad del porcentaje de GIM. Por lo tanto, el planteamiento de ecuaciones de regresión como las expresadas en este experimento podrían ser útiles para predecir, aceptablemente, el porcentaje de GIM en función del de H o, conjuntamente, del de H y P. Los coeficientes de correlación entre el porcentaje de GIM y los espesores de grasa dorsal subcutánea, obtenidos en los cerdos descendientes de la línea paterna M fueron superiores que los detectados para la línea G. En este sentido, Edwards *et al*. (1992) también pusieron de manifiesto que la relación entre grasa subcutánea e intramuscular era diferente según el tipo genético.

El pH_{45} es variable según el tipo genético (Latorre *et al*., 2003), aunque Altarriba *et al*. (2005) no encontraron efecto significativo de la línea paterna de Duroc sobre esta variable tomada en el lomo y el jamón, y Alonso *et al*. (2009) tampoco detectaron influencia de la raza paterna comparando Duroc, Large White y Pietrain. La mayoría de los trabajos científicos no han observado efecto del sexo sobre el pH_{45} del músculo (Monin *et al*., 1999; Latorre *et al*., 2003, 2008 y 2009; Alonso *et al*., 2009). Sin embargo, en nuestro experimento, en la descendencia de la línea paterna M las hembras tuvieron un pH_{45}, tanto en el lomo como en el jamón, superior que los machos castrados. Probablemente algún factor presacrificio no controlado generante de estrés (transporte, mezcla de animales en los corrales del matadero, etc) haya incidido más en los machos castrados que en las hembras procedentes de la línea M.

La información que ofrece la literatura sobre la influencia del tipo genético y del sexo sobre el perfil de ácidos grasos de la GIM de cerdos pesados mejorados es escasa. En nuestro estudio la línea paterna G aumentó los ácidos grasos Σ SAT y tendió a reducir los Σ POLI en la GIM, y los machos castrados tuvieron más Σ MONO y menos Σ POLI que las hembras. En cerdos 1/2 Duroc/1/2 Ibérico, Serrano *et al*. (2008a) no observaron efecto de la línea paterna (Duroc Danés *vs* Duroc Español) y del sexo sobre el perfil de los ácidos grasos de la grasa subcutánea. De acuerdo con los resultados de nuestro estudio, Peinado *et al*. (2008), Serrano *et al*. (2009) y Alonso *et al*. (2009) obtuvieron menores proporciones de C18:2 n-6 y POLI en los machos castrados que en las hembras. La elevada relación Σ n-6/ Σ n-3 obtenida en este trabajo se debe, probablemente, a que el concentrado utilizado en este experimento era muy rico en ácido linoleico. Una relación Σ POLI/ Σ SAT más elevada y, por tanto más adecuada para la salud de los consumidores se obtuvo en los cerdos derivados de la línea Duroc M y en las hembras, lo que puede explicarse por su menor contenido en GIM. En un experimento previo, Garitano *et al.* (2012) encontraron que tal relación tendía marcadamente (P<0,07) a ser mayor en hembras que en machos castrados. El porcentaje de GIM tuvo un efecto significativo sobre su composición de ácidos grasos. Como en este trabajo, Ruiz *et al*. (2000) y Garitano *et al*. (2012) encontraron correlaciones positivas y significativas entre el porcentaje de GIM y las de C18:1n-9 y MONO y correlaciones negativas y también significativas con las de C18:2 n-6 y POLI. Este aspecto puede ser interesante para la mejora genética ya que al seleccionar una variable inherente a la calidad de la carne como es la GIM, paralelamente se estaría también seleccionando el contenido de C18:1 n-9.

Conclusiones

La utilización de una línea paterna Duroc G, teóricamente comercializada como grasa, no afecta negativamente a los resultados productivos, incrementa ligeramente el engrasamiento de la canal, no aumenta significativamente el porcentaje de GIM del *Longissimus dorsi* y satura la misma. Los machos castrados tienen un crecimiento superior, presentan canales más engrasadas, mayor porcentaje de GIM y una mayor proporción de Σ MONO e inferior de Σ POLI que las hembras, por lo que sus canales son más adecuadas para la elaboración del Jamón de Teruel. La reducción del número de canales de hembras rechazadas en el matadero, debido a su escaso grado de engrasamiento, es un aspecto sobre el que la investigación porcina nacional debe continuar trabajando para mejorar el rendimiento económico de las explotaciones involucradas en la producción del Jamón de Teruel.

Agradecimientos

A la Asociación Turolense de Industrias Alimentarias (ATIA) y al INIA por el proyecto PET-2007-08-C-11-05.

Bibliografía

Alonso V, Campo MM, Español S, Roncalés P, Beltrán P, 2009. Effect of crossbreeding and gender on meat quality and fatty acid composition in pork. Meat Science, 81: 209-217.

Altarriba J, Cilla J, Guerrero L, Gispert M, Roncalés P, 2005. Valoración de distintas líneas Duroc en relación a la calidad de la canal y de la carne en la producción de jamón de Teruel. III Congreso Mundial del Jamón, Teruel (España), Mayo de 2005, Libro de Actas, 23-31.

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

Augspurger NR, Ellis M, Hamilton DN, Wolter BF, Beverly JL, Wilson ER, 2002. The effect of sire line on the feeding patterns of growth-finish pigs. Applied Animal Behaviour Science, 75: 103-114.

Beattie VE, Weatherup RN, Moss BW, Walker N, 1999. The effect of increase carcass weight of finishing boars and gilts on joint composition and meat quality. Meat Science, 52: 205-211.

Blanchard PJ, Warkup CC, Ellis M, Willis MB, Avery P, 1999. The influence of the proportion of Duroc genes on growth, carcass and pork eating quality characteristics. Animal Science, 68: 495-501.

Boletín Oficial del Estado, 2005. Real Decreto 1201/2005 sobre la protección de los animales utilizados para experimentación y otros fines científicos. BOE, 252:3467-3491.

Cisneros F, Ellis M, McKeith FK, McCaw J, Fernando RL, 1996. Influence of slaughter weight on growth and carcass characteristics, commercial cutting and curing yiels, and meat quality of barrows and gilts from two genotypes. Journal of Animal Science, 74: 925-933.

Consejo Regulador de Denominación de Origen Jamón de Teruel, 2012. httpp://www.jamondeteruel.com

Correa JA, Faucitano L, Laforest JP, Rivest J, Marcoux M, Garíepy C, 2006. Effects of slaughter weigth on carcass composition and meat quality in pigs of two different growth rates. Meat Science, 72: 91-99.

Daza A, Latorre MA, López-Bote CJ, 2010. The use of barley as single ingredient in the diet provided during finishing period may improve the meat quality of heavy pigs from PO Teruel ham (Spain). Spanish Journal of Agricultural Research, 8 (3): 607-616.

Daza A, Latorre MA, López-Bote CJ, 2012. The effect of granulated barley as only ingredient in the growing or finishing diet on productive performance, carcass, meat ad fat quality of heavy pigs. Animal, 6 (9): 1543-1553.

Edwards SA, Wood JD, Moncrieff CB, Porter SJ, 1992. Comparison of the Duroc and Large White as terminal sire breeds and their effect on pig meat quality. Animal Production, 54: 289-297.

FEDNA. 2010. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos. 3ª Edición. Coordinada y dirigida por C. de Blas, G.G. Mateos y P. García-Rebollar. Ed. FEDNA, 502 pp.

Friesen KG, Nelssen JL, Unruh JA, Goodband RD, Tokach MD, 1994. Effects of thr interrelationship between genotype, sex, dietary lysine on growth performance and carcass composition in finishing pigs fed either 104 or 127 kilograms. Journal of Animal Science, 72: 946-954.

Garitano I, Liébana C, Feliz de Vargas E, Daza A, López-Bote C, 2012. Efecto de la sustitución del pienso convencional por cebada granulada, durante el periodo de acabado, sobre los resultados productivos, calidad de la canal, de la carne y de la grasa intramuscular de cerdos destinados a la producción de jamón de Teruel. ITEA, 108 (3): 1-15.

Labroue, F, 1995. Facteurs de variation de la prise alimentaire chez le porc en croissance: le point des connaissances. Techni Porc, 18: 11-39.

Latorre MA, Medel P, Fuentetaja A, Lázaro R, Mateos GG, 2003. Effect of gender, terminal sire line anda ge at slaughter on performance, carcass characteristics and meat quality of heavy pigs. Animal Science, 77: 33-45.

Latorre MA, Lázaro R, Valencia DG, Medel P, Mateos GG, 2004. The effects of gender and slaughter weigt on the growth performance, carcass traits, and meat quality characteristics of heavy pigs. Journal of Animal Science, 82: 526-533.

Latorre MA, García-Belenguer E, Ariño L, 2008. The effect of sex and slaughter weight on growth performance and carcass traits of pigs entended for dry-cured ham from Teruel (Spain). Journal of Animal Science, 86: 1933-1942.

Latorre MA, Ripoll G, García-Belenguer E, Ariño L, 2009. The increase of slaughter weight in gilts as strategy to optimize the production of Spanish high quality dry-cured ham. Journal of Animal Science, 87: 1464-1471.

López-Bote CJ, Isabel B, Daza A, 2003. Effect of vitamin E supplementation and partial substitution of poly-with monounsatureted fatty acids in pigs diets on muscle, and microsoma extract α-tocopherl concentration and lipid oxidation. Archives of Animal Nutrition, 57: 11-25.

MAGRAMA, 2011. Anuario de estadística agroalimentaria. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Marmer WN, Maxwell RJ, 1981. Dry column method for the quantitative extraction and simultaneous class separation of lipids from muscle tissue. Lipids, 16: 365-371.

Monin G, Larzul C, Le Roy P, Culioli J, Mourot J, Rousset-Akrim S, Talmant A, Touraille C, Sellier P, 1999. Effects of the halothane genotype and slaughter weight on texture of pork. Journal of Animal Science, 77: 408-415.

Morales J, Pérez JF, Baucells MD, Mourot J, Gasa J, 2002. Comparitive digestibility and lipogenic activity in Landrace and Iberian finishing pigs fed ad líbitum corn-sorghum-acorn-based diets. Livestok Production Science, 77: 195-205.

Morales, J, Pérez JF, Anguita M, Martín S, Fondevila M, Gasa J, 2003. Comparación entre parámetros productivos y digestivos entre cerdos Ibéricos y Landrace alimentados con maíz o bellota y sorgo. Archivos de Zootecnia, 52: 35-45.

Peinado J, Medel P, Fuentetaja A, Mateos GG, 2008. Influence of castration of females on growth performance and carcass and meat quality of heavy pigs destined to the dry-cured industry. Journal of Animal Science, 86: 1410-1417.

Ruiz J, Ventanas J, Cava R, García C, 2000. Textura and appearance of dry cured ham as affected by fat content and fatty acid composition. Food Research International, 33: 91-95.

SAS, 1999. Statistics. In: SAS user's guide. Cary, NC Statistical Analysis System Inst. Inc.

Serrano MP, Valencia DG, Nieto M, Lázaro R, Mateos GG, 2008a. Influence of sex and terminal sire lineo n performance and carcass and meat quality of Iberian pigs reared Ander intensive production systems. Meat Science, 78: 420-428.

Serrano MP, Valencia DG, Nieto M, Lázaro R, Mateos GG, 2008b. Effect of gender and castration of females and slaughter weight on performance and carcass and meat quality of Iberian pigs reared under intensive management systems. Meat Science, 80: 1122-1128.

Serrano MP, Valencia DG, Nieto M, Lázaro R, Mateos GG, 2009. Influence of feed restriction and sex on growth performance and carcass and meat quality of Iberian pigs reared indoor. Journal of Animal Science, 87: 1676-1685.

Vicente JG, Isabel B, Cordero G, López-Bote CJ, Amazan D, Daza A, 2009. Relación entre tres técnicas analíticas diferentes para la determinación de grasa intramuscular. AIDA, XIII Jornadas de Producción Animal, Zaragoza, 12 y 13 de Mayo de 2009, Tomo II: 538-540.

(Aceptado para publicación el 7 de mayo de 2013)

Satisfacción de los socios con las cooperativas agrarias. Una explicación a partir de la Teoría de los Derechos de Propiedad

N. Arcas-Lario*,2, J. F. Martín-Ugedo**,1,2 y A. Mínguez-Vera**,2

* Departamento de Economía de la Empresa, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Universidad Politécnica de Cartagena. Paseo Alfonso XIII, 48. 30203 Cartagena. Murcia

** Departamento de Organización de Empresas y Finanzas, Facultad de Economía y Empresa, Universidad de Murcia. Campus de Espinardo. 30100 Murcia

Resumen

La Teoría de los Derechos de Propiedad resulta de gran utilidad para comprender los factores que influyen en la satisfacción de los socios con la cooperativa y, en definitiva, en la supervivencia y éxito de esta singular organización. Esta teoría revela importantes diferencias con las empresas capitalistas en cuanto a la forma en que los socios ejercen sus derechos de propiedad. Así, en las cooperativas sus socios ejercitan estos derechos en función a la actividad cooperativizada que realizan y, además, estas organizaciones presentan limitaciones en la transferencia de estos derechos en lo relativo a quién se pueden transferir y al valor de la transmisión.

Estas peculiaridades de las cooperativas en cuanto al tratamiento de los derechos de propiedad conllevan una serie de ineficiencias que se concretan en los problemas del polizón, horizonte temporal y riesgo. La consecuencia más importante de estos problemas es que desincentivan la realización de inversiones por los socios y comprometen el crecimiento y la supervivencia de la cooperativa.

Los resultados del estudio empírico, realizado con la información obtenida de una encuesta a 277 socios de cooperativas agrarias, confirman que en la medida en que se reducen los problemas asociados con el polizón, el horizonte temporal y el riesgo, aumenta la satisfacción de los socios con la cooperativa. De aquí la importancia de que los responsables de administrar las cooperativas agrarias introduzcan mecanismos adecuados para atenuar los problemas asociados a la singular forma de ejercer los socios sus derechos de propiedad.

Palabras clave: Polizón, propiedad común, free-rider, horizonte temporal, riesgo.

Abstract

Members' satisfaction with agricultural cooperatives. An explanation from Property Rights Theory

The property rights theory is useful to understand the factors that influence members' satisfaction with the cooperative and thus the survival and success of these firms. This theory reveals relevant differences between cooperatives and capitalist firms on how members exert their property rights. Thus, in cooperative, members exert their rights basing on their co-operativised activity. In addition, cooperatives have limitations to transfer rights, affecting to whom they can be transferred and the value assigned.

---

1. Autor para correspondencia: juanfran@um.es

http://dx.doi.org/10.12706/itea.2013.027

2. N. Arcas Lario agradece el apoyo financiero del Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN) y FEDER (proyecto AGL2010-22335-C03-03), y J.F. Martín Ugedo y A. Mínguez Vera a la Fundación CajaMurcia.

These peculiarities relative to property rights drive to some inefficiencies such as free-rider, time horizon and risk. The most important consequence of these problems is that it discourages members' investments and hinders the growth and the survival of the cooperative.

The result of the empirical analysis, based on personal surveys to 277 agricultural cooperative members, confirm that to the extent free-rider, time horizon and risk are reduced, the satisfaction of cooperative members with their cooperative increases. Hence, the importance that cooperative managers introduce proper mechanisms to reduce costs associated to property rights.

Key words: Free-rider, common property, time horizon, risk.

Introducción

Las cooperativas agrarias tienen una gran importancia socioeconómica en la Unión Europea (UE), y en particular en España, tanto en términos cuantitativos como cualitativos. En el primer caso, por el elevado número de socios que agrupan, de facturación y de puestos de trabajo que generan. Así, en la UE-27 existen alrededor de 40.000 cooperativas agrarias que dan empleo a unas 660.000 personas y facturan entorno a 300.000 millones de euros, lo que supone más del 60% de la producción, transformación y comercialización de los productos agrarios (COGECA, 2010). Aproximadamente el 10% de las cooperativas de la UE, 3.918, corresponden a España. Estas cooperativas agrupan a 1.160.337 socios y, en 2011, facturaron 17.405 millones de euros, proporcionando 93.733 empleos directos (Cooperativas Agro-Alimentarias, 2012).

Desde el punto de vista cuantitativo, las cooperativas agrarias adquieren un gran protagonismo en el incremento de la competitividad de las empresas de sus socios, a través de la mejora de su poder de negociación frente a proveedores y clientes, y los servicios (suministro, asesoramiento, formación, comercialización, etc.) que les prestan. Estos servicios mejoran la eficiencia de las explotaciones de sus socios, y les permiten responder a las exigencias del mercado y capturar valor en la cadena agroalimentaria. Además, las cooperativas agrarias abastecen a la población de alimentos saludables y de calidad, y contribuyen al desarrollo y cohesión social del medio rural en la medida que mejoran la renta de los agricultores y fijan la población al territorio (Baamonde, 2009; Arcas *et al*., 2011; Juliá *et al*., 2010).

Precisamente esta importancia socioeconómica de las cooperativas agrarias ha hecho que en los últimos años se venga prestando una creciente atención al estudio de su desempeño (Lermant y Parliament, 1991; Vargas y García, 2003; Guzmán *et al*., 2009). A diferencia de las empresas capitalistas, que persiguen el beneficio de sus inversores, las cooperativas tienen como objetivo maximizar la satisfacción de las necesidades de sus socios a través de la prestación de una serie de servicios cuya finalidad va más allá de optimizar la rentabilidad de sus aportaciones (Michelsen, 1994; James y Sykuta, 2005; Ortmann and King, 2007).

Por ello, el rendimiento de las cooperativas no puede ser evaluado atendiendo exclusivamente a medidas basadas en ratios económicos tradicionales, como la solvencia, la liquidez o la rentabilidad (Lermant y Parliament, 1991; Pratt, 1998; Hind, 1998). De aquí, que la satisfacción de los socios con su cooperativa está siendo cada vez más utilizada por los investigadores como una medida del éxito o el desempeño de este tipo singular de organizaciones (Sayers *et al*., 1996; Hansen *et al*., 2002).

En este contexto, el objetivo de este trabajo es analizar los determinantes de la satisfacción de los miembros con su cooperativa, utilizando el marco teórico proporcionado por

la Teoría de los Derechos de Propiedad. Esta teoría es adecuada para el examen de las relaciones en cualquier empresa y, por lo tanto, también en unas organizaciones singulares, como las cooperativas agrarias, cuyas características diferenciadoras se derivan, entre otros aspectos, de los derechos que otorga su propiedad (Chaddad and Cook, 2004; Ortmann y King, 2007; Salazar y Galve, 2008).

Para conseguir el objetivo propuesto, el artículo se estructura en tres apartados adicionales. En el segundo se describen los materiales y métodos, introduciendo el marco teórico utilizado y presentando las hipótesis y la metodología seguida para contrastarlas. En el tercer apartado se muestran los resultados del trabajo, finalizando con las conclusiones de la investigación del cuarto apartado.

Materiales y métodos

Concepto de cooperativa

Una de las definiciones de cooperativa que con más frecuencia aparece en la literatura es la ofrecida por la Alianza Cooperativa Internacional (ACI). Esta organización la define como "una asociación autónoma de personas que se unen voluntariamente para satisfacer sus necesidades y aspiraciones económicas, sociales y culturales comunes, a través de una empresa de propiedad conjunta y gestionada democráticamente" (International Cooperative Alliance, 2012). Como regla general, el funcionamiento de estas empresas se guía por siete "principios cooperativos" reconocidos por la ACI: 1) adhesión voluntaria y abierta,2) gestión democrática por los socios, 3) participación económica de los socios, 4) autonomía e independencia, 5) educación, formación y capacitación, 6) cooperación entre cooperativas, y 7) compromiso con la comunidad (International Cooperative Alliance, 2012).

Estos principios son fundamentos doctrinales de las cooperativas en los que se inspiran las legislaciones que las regulan, sus estatutos y sus órganos de gobierno. Sin embargo, desde el punto de vista formal, no son recogidos de manera uniforme por las diferentes legislaciones en materia de cooperativas de los distintos países, ni en lo que se refiere a su formulación, interpretación, ni a su número (LeVAy, 1983).

En el caso de España, la Ley 27/1999, de 16 de julio, de Cooperativa (LC), en su artículo 1 establece que "la cooperativa es una sociedad constituida por personas que se asocian, en régimen de libre adhesión y baja voluntaria, para la realización de actividades empresariales, encaminadas a satisfacer sus necesidades y aspiraciones económicas y sociales, con estructura y funcionamiento democrático, conforme a los principios formulados por la alianza cooperativa internacional en los términos resultantes de la presente Ley".

Especial mención merecen en este trabajo los principios cooperativos de "gestión democrática" y "participación económica" de los socios. Atendiendo al primero, y como señala la ACI, "las cooperativas son organizaciones democráticas controladas por sus miembros, quienes participan activamente en la fijación de sus políticas y en la toma de decisiones…….. En las cooperativas de primer grado, los socios tienen iguales derechos de voto (un socio un voto)…..". En cuanto al principio de de "participación económica de los socios", como también señala la ACI, "los miembros contribuyen de manera equitativa al capital de su cooperativa y lo gestionan de forma democrática. …… Además, los socios asignan los excedentes para todos o alguno de los siguientes fines: …….. en su propio beneficio en proporción a las operaciones realizadas con la cooperativa....." (International Cooperative Alliance, 2012).

Los preceptos de estos dos principios también son recogidos en la LC. Así, con relación al principio de "gestión democrática", en su

Artículo 26, apartado 1, establece que "en la Asamblea General cada socio tendrá un voto", y en su apartado 4 indica que "en las cooperativas agrarias, ……. podrán prever los Estatutos la posibilidad de un voto plural ponderado, en proporción al volumen de la actividad cooperativizada del socio, que no podrá ser superior en ningún caso a cinco votos sociales, sin que puedan atribuir a un solo socio más de un tercio de votos totales de la cooperativa". De forma similar, en cuanto al principio de "participación económica de los socios", la LC en su artículo 58, apartado 4, señala que "el retorno cooperativo se acreditará a los socios en proporción a las actividades cooperativizadas realizadas por cada socio con la cooperativa".

El desempeño en las cooperativas: la satisfacción de los socios

La dificultad de medir el desempeño en las cooperativas debido a sus peculiaridades, ha fomentado el uso de la satisfacción de los socios como medida de su éxito. La satisfacción es uno de los conceptos más importantes utilizados para medir el éxito de las relaciones, no sólo en los mercados de consumo sino, también, en los industriales, en los canales de distribución y en las alianzas estratégicas y redes. Así, para Robicheaux y El-Ansary (1975) se trata de un concepto muy importante para entender las relaciones en el canal, de forma que una mayor satisfacción de sus miembros conlleva una elevada productividad, ya que facilita la coordinación de las actividades (McNeilly y Russ, 1992). De forma similar Shamdasani y Sheth (1995) consideran que la satisfacción es una dimensión fundamental a evaluar en las alianzas estratégicas, mientras que para Wray *et al*. (1994) explica la calidad de las relaciones en las redes de empresas.

Aunque todavía escasos, cada vez son más los trabajos que abordan la satisfacción en el contexto del cooperativismo (Sayers *et al*., 1996; Arcas, 1999; Del Pino, 1999; Hansen *et al*., 2002; López *et al*., 2005; Hernández *et al*., 2012). En ellos se argumenta que la satisfacción de sus socios es "el mejor indicador para medir el éxito de una cooperativa" (Arcas, 1999; 128), o "la auténtica medida del éxito de una cooperativa" (López *et al*., 2005), pues cabe esperar que el aumento de la satisfacción del agricultor con su cooperativa incrementará su intención de continuar en la misma como socio, lo que tendrá implicaciones positivas para la supervivencia y el éxito futuro de la cooperativa como organización (Hernández *et al*., 2012).

De lo expuesto se deduce la bondad del concepto "satisfacción" como medida del éxito de las relaciones entre los socios y la cooperativa a la que pertenecen y, por lo tanto, la necesidad de conceptuarla en este ámbito. Por ello, a los efectos de este trabajo y siguiendo a Anderson y Narus (1984), definimos la satisfacción de los socios con su cooperativa como "*un estado afectivo positivo, resultado de la valoración conjunta de todos los aspectos de la relación*".

Teoría de los Derechos de Propiedad (hipótesis)

Esta teoría otorga a los propietarios de los activos dos derechos básicos (Milgrom y Roberts, 1993): 1) el derecho al control del activo, o derecho que tiene el propietario a decidir el uso del activo en aquellas cuestiones que no estén especificadas en la relación contractual con la empresa y que no se encuentren determinadas por la legislación vigente (Grossman y Hart, 1986; Hart y Moore, 1990), y 2) el derecho a la renta residual generada en la actividad de la empresa, de forma que se otorga al poseedor del activo el derecho a recibir el beneficio obtenido una vez cubiertos todos los gastos del ejercicio (Milgrom y Roberts, 1993).

En el caso de las cooperativas españolas, los socios participan en la propiedad de la coo-

perativa desde el momento en que son admitidos por el Consejo Rector conforme a lo establecido en el artículo 13 de la LC, adquiriendo en ese momento los dos derechos que otorga la propiedad: el derecho a ejercer el control sobre el activo, y el derecho a percibir la renta residual. El derecho de control es ejercido por las cooperativas a través de la participación en la toma de decisiones mediante el ejercicio del derecho a voto, y el derecho a la renta residual mediante la percepción del ya comentado retorno cooperativo.

Por lo tanto, en las cooperativas, al igual que en las sociedades capitalistas, los derechos de propiedad deben ejercerlos los socios. Ellos son los encargados de realizar el derecho de control y a ellos se les debe atribuir el derecho a percibir las rentas residuales. Sin embargo, existen importantes diferencias entre ambas formas societarias que, como se acaba de señalar, no radican en quién ejercita el derecho, sino en la medida o grado en que se ejercita.

Por ejemplo, el accionista de la empresa capitalista disfruta de un derecho de control proporcional a su participación en el capital social de la sociedad. Por ello, si dicho accionista posee el 20% de las acciones tendrá, en principio, un poder de voto del 20% en la Junta General de Accionistas. En cambio, en las cooperativas sus socios no ejercen el derecho de control de acuerdo con su participación en el capital invertido, sino, como ya se indicó anteriormente, bajo el principio que atribuye a cada socio un voto, o un voto ponderado en función de la actividad cooperativizada del socio, y con una serie de limitaciones.

En cuanto a la renta residual, el accionista de una empresa capitalista tendrá derecho al beneficio que se derive de forma proporcional a su participación en el capital de la compañía (el propietario del 50% de las acciones tendrá derecho al 50% del beneficio). En las cooperativas, sin embargo, la distribución del beneficio o renta generada por la actividad de la cooperativa, denominada retorno cooperativo, se hace en función de la actividad desarrollada por el socio con la cooperativa y no en función del capital invertido.

Otra diferencia fundamental entre cooperativas y sociedades capitalistas se produce en lo relativo a la transmisión del derecho de propiedad sobre un activo. En las cooperativas dicha transmisión presenta una serie de restricciones sobre a quién se pueden transferir así como respecto al valor de la transmisión. Las dos posibles formas de transmisión del derecho de propiedad en las cooperativas, según establece el artículo 50 de la LC, es por "mortis causa" e "inter vivos". La primera se deriva de la muerte del cooperativista. En este caso, la participación pasaría a los herederos del difunto si fueran socios y así lo solicitasen, y si no lo fueran deberán adquirir previamente la condición de socio. En cuanto a la transmisión "inter vivos", los socios sólo podrán traspasar su participación a otros socios o a quién no siéndolo adquieran dicha condición en los tres meses siguientes al traspaso. Estas limitaciones en la transmisión de los derechos de propiedad también suponen una desventaja con respecto al resto de formas sociales.

En cuanto al valor de la transmisión, atendiendo al artículo 51 de la LC, cuando un socio deja de pertenecer a la cooperativa recibe el reembolso de sus aportaciones, en el caso de que no haya pérdidas imputables ni deducciones, más el interés legal del dinero en el supuesto de que la restitución de la aportación no sea inmediata. Por lo tanto, su inversión no se ve incrementada por la renta presente y futura que pueden aportar los activos de la cooperativa a cuya inversión contribuyó el socio. En cambio, en la empresa capitalista, si cotiza en bolsa, el accionista que desea desprenderse de su participación recibirá el precio de cotización. Dicho precio vendrá determinado, en teoría, por la estimación de las rentas que los activos de la compañía generarán en el futuro (Salazar y Galve, 2008). En el caso de empresas no coti-

zadas, dicho precio o valor no vendrá automáticamente valorado por el mercado de valores (bolsa) sino que deberá ser estimado por expertos, considerando diversos criterios.

En la Tabla 1 aparecen resumidas las características de la estructura de los derechos de propiedad de las cooperativas en comparación con las empresas capitalistas.

Tabla 1. Características de la estructura de derechos de propiedad de las cooperativas en comparación a las empresas capitalistas
Table 1. Characteristics of the property rights structure of cooperatives compared with capitalist firms

Característica	Tipo de empresa	
	Capitalistas	Cooperativas
Derechos de control	Proporcional a las acciones	Proporcional a la actividad
Perceptor de la renta residual	Inversores	Socios cooperativistas
Distribución de la renta residual	En función del capital invertido	En función de la actividad cooperativizada
Transferibilidad	Fácilmente transferibles	No fácilmente transferibles
Reembolso	No	Si

Fuente: Salazar y Galve (2008).

Estas diferencias en cuanto al tratamiento de los derechos de propiedad entre empresas capitalistas y cooperativas conllevan una serie de ineficiencias o problemas a las cooperativas que se concretan en (Vitaliano, 1983; Cook y Iliopoulos, 2000): el problema del polizón, free-rider o de la propiedad común, el del horizonte temporal y el del riesgo.

El problema del polizón o free-rider se deriva de la existencia de propiedad común en las cooperativas. Los socios, para entrar a formar parte de la cooperativa, tienen que realizar unas aportaciones. Si la cuantía de las aportaciones de los nuevos miembros no refleja de manera adecuada el patrimonio existente, en parte generado por inversiones previas de los antiguos cooperativistas, los nuevos cooperativistas se estarán beneficiando del patrimonio acumulado en la cooperativa (Salazar y Galve, 2008).

Para evitar este problema, los nuevos socios deberían realizar la aportación al capital social más una cuota relacionada con el incremento de valor derivado de las inversiones realizadas anteriormente por los antiguos cooperativistas. Además, la ausencia de un mercado competitivo que valore lo que los nuevos socios de la cooperativa deben pagar al incorporarse, puede provocar que las cantidades aportadas difieran del valor que correspondería teniendo en cuenta el patrimonio acumulado (Vitaliano, 1983). En la medida que los socios antiguos perciban esta situación se originarán dos problemas (Nilsson, 2001). Por un lado, un problema de subinversión, ya que el cooperativista que sabe que los beneficios generados por su inversión serán disfrutados por igual por los socios que se incorporen posteriormente estará desincentivado a invertir. Por otro, el socio de la cooperativa preferirá que no entren nuevos so-

cios para que no se produzca una expropiación de la riqueza que le pertenece. Esta circunstancia puede repercutir en la captación de recursos por la cooperativa y, por tanto, comprometer su crecimiento y supervivencia.

Entre los escasos trabajos empíricos que analizan el problema del polizón figuran los realizados por Cook y Iliopoulos (2000) y Mínguez *et al*. (2010) en el ámbito de las cooperativas estadounidenses y españolas, respectivamente. Los resultados obtenidos por los primeros revelan que los socios de las cooperativas con una política de no admisión de nuevos socios realizan más inversiones. En cambio, no demuestran que la separación de la propiedad común en las cooperativas americanas estudiadas incentive la inversión de sus socios.

Por su parte, Mínguez *et al*. (2010) comprueban que los cooperativistas que prefieren la entrada de nuevos socios están más dispuestos a invertir. Por tanto, parece que no les molesta en demasía el problema del polizón, posiblemente porque cuentan con mecanismos de salvaguardia que hacen que los nuevos socios aporten una cantidad similar a la realizada por los antiguos a lo largo de su permanencia en la cooperativa.

Tras lo expuesto con relación al problema del polizón, y a pesar de la falta de trabajos previos en los que apoyarnos, cabe inferir que conforme el problema del polizón tenga escasa importancia en una cooperativa sus socios estarán más satisfechos con la misma, ya que no percibirán que los nuevos se estén beneficiando del capital acumulado en la cooperativa. Esta menor importancia del problema se pondrá de manifiesto por la disposición de los socios a realizar aportaciones económicas a la cooperativa y por la no oposición a la entrada de otros nuevos, e incluso por su deseo de que accedan, en cuanto no consideran que éstos se comporten como free-riders. Por ello, planteamos:

H1: *La menor importancia del problema del polizón en la cooperativa aumenta la satisfacción del socio con la misma*.

El problema del horizonte temporal surge por la dificultad de los socios de las cooperativas para transmitir sus participaciones y recuperar la cuantía aportada en caso de baja (la aportación más el interés legal del dinero, como se comentó anteriormente), lo que repercute en un bajo interés en hacer inversiones a largo plazo. La no existencia de un mercado que permita valorar las aportaciones y transmitirlas libremente, implica que el miembro de la cooperativa no esté interesado en realizar inversiones que superen el horizonte temporal de su estancia en la cooperativa. En caso contrario, no se verán recompensadas por los rendimientos futuros que pudieran generar.

Por tanto, los cooperativistas tenderán a invertir menos y a optar por inversiones cuyo plazo de recuperación sea menor y no exceda de su tiempo de permanencia en la cooperativa (Vitaliano, 1983; Dow y Putterman, 2000; Nilsson, 2001; Borgen, 2004). Además, los miembros de la cooperativa tendrán menos incentivos a realizar aquellas inversiones relacionadas con intangibles (innovación, reputación, investigación y desarrollo, etc.) que suelen tener un periodo de recuperación más largo, pero que son fundamentales para la supervivencia de la cooperativa (Cook, 1995; Ferrier y Porter, 1991).

Con relación al problema del horizonte temporal, los resultados del trabajo de Cook y Iliopoulos (2000) confirman, conforme plantea la teoría, que la facilidad para que los socios cooperativistas puedan transmitir sus acciones favorece la realización de inversiones. Sin embargo, no logran demostrar que la facilidad en la recuperación de las aportaciones presente influencia alguna en la decisión de invertir, relación que, en cambio, sí es confirmada por Mínguez *et al*. (2010). Estos autores también demuestran que prefieren invertir más los socios que desean permanecer en la cooperativa más tiempo, ya que esta mayor permanencia les permitirá obtener una mayor rentabilidad del capital invertido.

Bajo las consideraciones indicadas, y también de manera exploratoria, cabe esperar que un mayor horizonte temporal de permanencia de los socios en la cooperativa, en la medida en que ello actuará como salvaguardia de inversiones con rendimientos a largo plazo que ayuden a los socios a lograr sus objetivos, ejercerá un efecto positivo sobre su grado de satisfacción con la cooperativa. De aquí que se pueda afirmar:

H2: *El mayor horizonte temporal de los socios con la cooperativa aumenta su satisfacción con la misma*.

Por último, en cuanto al *problema del riesgo*, si un accionista adquiere acciones de una única empresa ligará su inversión exclusivamente a la marcha de la misma. Para evitarlo, podría repartir su inversión en acciones de diferentes empresas (diversificación). Cuantas más acciones de diferentes sociedades compongan su cartera de inversiones (portfolio) menos riesgo correrá, ya que posibles bajadas del valor de algunas de sus participaciones podrían ser compensadas por las subida de las otras. Dicho con otras palabras, un inversor arriesgado colocaría todas sus acciones en la misma cartera (poco diversificado), mientras que uno poco arriesgado (más diversificado), las repartiría entre distintas.

El hecho de que un inversor asuma más o menos riesgos dependerá de su función de utilidad (de sus preferencias). Así, se supone que un individuo más arriesgado concentrará más las inversiones en una o pocas sociedades esperando elevadas ganancias. Sin embargo, un inversor menos arriesgado repartirá su patrimonio en diferentes empresas, conformándose con menores expectativas de ganancias.

La posibilidad de ajustar el riesgo a sus preferencias personales se encuentra más limitada en las cooperativas que en las sociedades capitalistas (Jensen y Mekling, 1976; Vitaliano, 1983; Salazar y Galve, 2008). Por un lado, la facultad de concentrar la inversión en una cooperativa se encuentra restringida al no poder las aportaciones que realiza cada socio superar un tercio del capital social. Por otro, como se ha señalado anteriormente, existe una limitación en cuanto a la transmisión de las aportaciones que puede evitar la formación por parte del inversor de su cartera óptima, o combinación de inversiones que le proporciona el nivel de riesgo deseado. Estas restricciones conllevarían una pérdida de bienestar y de satisfacción del cooperativista.

Esto no quiere decir que en las empresas no cooperativas no existan restricciones. Así, por ejemplo, en las sociedades anónimas puede haber una restricción pero únicamente para las acciones nominativas (aquellas en las que aparece expresamente el nombre del propietario en el título) y en los términos en los que se establezca en los estatutos sociales. En las sociedades limitadas la transmisión debe hacerse preferentemente, aunque no exclusivamente, entre los socios, previa aceptación por parte de la empresa y si los estatutos no incluyen alguna cláusula adicional. En cambio, en las cooperativas, como ya se ha expuesto, la transacción debe hacerse exclusivamente entre socios, y en el caso de transmitirla a un no socio éste debe previamente adquirir tal condición (Salazar y Galve, 2008).

En cuanto al problema del riesgo, Mínguez *et al*. (2010) comprueban que los socios que prefieren que su cooperativa se diversifique, ampliando la gama de productos que comercializa, con la finalidad de disminuir el riesgo, están dispuestos a invertir más. Esto demuestra la aversión al riesgo de los cooperativistas, y que el nivel de riesgo asumido por la cooperativa no siempre va a coincidir con las preferencias personales de los socios.

Por todo lo expuesto, en la medida en que los socios consideren que no están expuestos al problema del riesgo en su cooperativa, bien porque las inversiones que realizan en la misma no asumen riesgo, o porque dispo-

nen de mecanismos para recuperar sus aportaciones, cabe esperar mayores niveles de satisfacción. Por ello, se plantea que:

H3: *El menor problema de riesgo de los socios con la cooperativa aumenta su satisfacción con la misma*.

En la Figura 1 se puede observar el modelo que recoge las hipótesis planteadas.

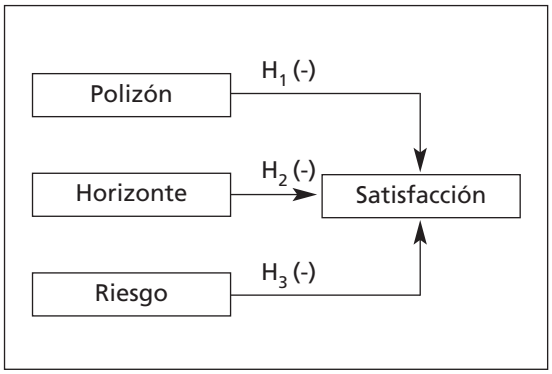


Figura 1. Modelo con las hipótesis propuestas.
Figure 1. Model with the proposed hypothesis.

Metodología

La población objeto de estudio está formada por socios de las cooperativas agrarias murcianas que tienen como actividad principal la comercialización de productos agrícolas. De las 2.849 cooperativas agrarias españolas afiliadas a Cooperativas Agro-alimentarias, 74 se ubican en la Región de Murcia, el 2,6% del total (Cooperativas Agro-alimentarias, 2012).

Para la identificación de las cooperativas de la Región de Murcia y de los elementos de la muestra (los socios) se contó con la colaboración de la Federación de Cooperativas Agrarias de Murcia (FECOAM). Para confeccionar el cuestionario se realizaron una serie de entrevistas previas a informadores clave (socios, miembros del Consejo Rector y gerentes de las cooperativas, así como personal de FECOAM), lo que nos permitió tener un mayor conocimiento de la problemática de las relaciones objeto de análisis. Posteriormente se realizaron distintas versiones previas del cuestionario que fueron sometidas a pruebas preliminares o pretest, los cuales sirvieron de base para la elaboración del cuestionario definitivo.

Debido a las características de la población (ocupación y edad avanzada) y a la dificultad para obtener la información necesaria (actitudes y percepciones), para su recogida se ha utilizado la encuesta personal. Mediante este sistema se obtuvieron 334 cuestionarios, de los que se eliminaron 57 tras la edición de los mismos por estar mal o insuficientemente contestados, por lo que finalmente se cuenta con 277 cuestionarios válidos.

Los socios de las cooperativas de la muestra son mayoritariamente hombres (91%), con una edad media de 60 años y una antigüedad en la cooperativa de 18 años. Su nivel de formación es bajo, ya que predominan los que no poseen estudios (40%) y los que tienen estudios primarios (42%), mientras son pocos los que poseen el bachiller (9%), formación profesional (6%) y, sobre todo, estudios universitarios (2%). También se pone de relieve la importancia de la agricultura a tiempo parcial entre los socios de la muestra, ya que sólo el 54% del total de sus ingresos procede de la actividad agraria, y la importancia que para la venta de sus productos tiene la cooperativa agraria, a través de la que obtienen el 87% de sus ingresos procedentes de la actividad agraria. En cuanto al grado de participación de los socios de la muestra en los órganos directivos de la cooperativa, el 25% de los encuestados ha sido en alguna ocasión miembro del Consejo Rector, con una permanencia media de 10 años, y el 12% de los socios encuestados forma parte de este órgano en la actualidad (Tabla 2).

Tabla 2. Características de los socios de las cooperativas agrarias que forman la muestra
Table 2. Characteristics of members of agricultural cooperatives of the sample

Característica	Media
% de socios hombres	91
% de socios mujeres	9
Edad	60
Antigüedad como socio de la cooperativa	18
% del total de sus ingresos que proceden de la actividad agraria	54
% de los ingresos de la actividad agraria que realiza con la cooperativa	87
% de socios que han sido miembros del Consejo Rector en alguna ocasión	25
Años que han sido miembros del Consejo Rector	10
% de socios que son miembros del Consejo Rector en la actualidad	12

Para medir las diferentes variables que integran el modelo se han utilizado escalas de clasificación por categorías (0 = total desacuerdo a 10 = total acuerdo), congruentes con la conceptuación de las variables realizada en el epígrafe anterior. Para determinar la bondad de las escalas utilizadas comprobamos si éstas satisfacen los criterios de la fiabilidad y validez (convergente y discriminante). Para comprobar la fiabilidad nos basamos en el coeficiente Alpha de Cronbach, cuyo valor óptimo dependerá del propósito de la investigación (Churchill, 1979). Así, para las primeras etapas de cualquier investigación, entre 0,5 y 0,6 puede ser suficiente.

Para aproximarnos a la validez convergente realizamos un análisis factorial con los ítemes de cada una de las variables, eliminando aquellos que no saturan en el factor. Por último, la validez discriminante se contrasta realizando un análisis factorial con todos los ítemes que satisfacen el resto de las condiciones de fiabilidad y validez. Así, podemos comprobar que los ítemes de escalas diferentes no pesan en un mismo factor o dimensión, como característica de la existencia de validez discriminante. De esta forma, si saturan en la dimensión propuesta y el análisis presenta una bondad adecuada, estaremos en condiciones de afirmar que hay validez discriminante.

En la Tabla 3 aparecen los ítemes utilizados para medir las distintas variables que integran el modelo una vez depuradas las escalas prescindiendo de aquellos ítemes que no satisfacen los criterios mínimos indicados. En ellas, además de su media, también se incluyen el valor del Alpha de Cronbach (α), el índice KMO del análisis factorial realizado y las cargas factoriales de cada ítem en la variable que presenta una mayor carga, confirmando todos estos valores la bondad de las escalas finalmente utilizadas.

Tabla 3: Medida de las variables y bondad de las escalas
Table 3: Measurement of variables and goodness of the scales

Variable	Item	Media	α	F_1	F_2	F_3	F_4	KMO
Satisfacción								
	1. Está muy satisfecho con el conjunto de su relación con la cooperativa	8.40	0,866	0,819				0.80
	2. Está muy contento con las liquidaciones de la cooperativa por la entrega de los productos	7.76		0,869				
	3. Está muy contento de la marcha de la cooperativa como empresa	8.25		0,809				
Polizón								
	1. Está dispuesto a realizar esfuerzos económicos para el adecuado funcionamiento de su cooperativa	6,61	0,570		0,655			
	2. Está dispuesto a sacrificar su propio beneficio inmediato por el bien de la cooperativa en el largo plazo	6,37			0,843			
	3. Le gustaría que se incorporaran nuevos socios a la cooperativa	7,27			0,561			
Horizonte								
	1. Su relación con la cooperativa es una alianza a largo plazo	8,43	0,823			0,906		
	2. Desea continuar perteneciendo a la cooperativa	8,90				0,867		
Riesgo								
	1. Le resultaría fácil recuperar sus aportaciones a la cooperativa en el caso de que le interese	6,97	–				0,877	

F_1 = Carga factorial en la variable satisfacción. F_2 = Carga factorial en la variable polizón. F_3 = Carga factorial en la variable horizonte temporal. F_4= Carga factorial en la variable riesgo.

Resultados

Para testar el modelo y las hipótesis que de él se derivan se ha efectuado la siguiente regresión lineal múltiple mediante mínimos cuadrados ordinarios:

$$\text{SATISFACCIÓN} = a_0 + a_1\ \text{POLIZÓN} + a_2\ \text{HORIZONTE} + a_3\ \text{RIESGO} + e,$$

donde SATISFACCIÓN mide el grado de satisfacción de los socios con la cooperativa a la que pertenecen, POLIZÓN la no existencia de problemas de polizón por parte de los socios de la cooperativa, HORIZONTE la no existencia de problemas relacionados con el horizonte temporal, y RIESGO la no existencia de problemas asociados al riesgo.

La regresión se ha realizado utilizando, en el caso de la variable dependiente SATISFACCIÓN, la media de las puntaciones obtenidas en los tres ítems que la miden. En cambio, para las variables independientes (POLIZÓN, HORIZONTE Y RIESGO), y al objeto de evitar la multicolinealidad entre ellas, se han utilizado las puntuaciones factoriales obtenidas en el análisis factorial realizado para determinar la bondad de las escalas.

A partir de los resultados de la regresión realizada que aparecen en la Tabla 4 se constata el apoyo de las hipótesis H_1, H_2 y H_3, tal y como se deduce del signo positivo y significativo de los coeficientes de regresión entre la SATISFACCIÓN como variable dependiente y el POLIZÓN ($\beta = 0.288$, $p < 0.01$), el HORIZONTE ($\beta = 0.394$, $p < 0.01$) y el RIESGO ($\beta = 0.209$, $p < 0.05$) como variables independientes.

Tabla 4. Regresión de la influencia del polizón, horizonte y riesgo sobre la satisfacción
Table 4. Regression of the influence of information, control and trust on satisfaction

Variable	Coeficiente β	t estadístico
Constante	8,138	81,608***
Polizón	0,288	2,881***
Horizonte	0,394	3,394***
Riesgo	0,209	2,209**
R^2	0,103	
F	9,404***	

* = p<0,1; ** = p<0,05; *** = p<0,01.

Por lo tanto, en cuanto al problema del polizón, se confirma que conforme los socios entienden que no existe dicho problema están más satisfechos con la cooperativa ya que no perciben que los nuevos socios se estén beneficiando del capital acumulado en la cooperativa. Esto conllevará una mayor predisposición de los socios a realizar inversiones y a que se incorporen nuevos socios, lo que facilitará el crecimiento de la cooperativa y, en consecuencia, una mayor eficiencia de la misma asociada a las economías de escala.

De forma similar, respecto al problema del horizonte temporal, los resultados obtenidos demuestran que en la medida que no se da, los socios están más satisfechos con la cooperativa ya que perciben que podrán recuperar los beneficios de las inversiones realizadas, incluso aunque éstas sean en el largo plazo.

Por último, también se constata que conforme los socios disponen de mecanismos para recuperar sus aportaciones a la cooperativa y, por lo tanto, de salvaguarda o protección contra el riesgo asociado a las inversiones realizadas, también se muestran más satisfechos con su cooperativa.

Conclusiones

La Teoría de los Derechos de Propiedad resulta de gran utilidad para comprender las relaciones socio-cooperativa agraria y sus factores de éxito. Esta teoría revela importantes diferencias entre las empresas capitalistas y las cooperativas en cuanto a la forma en que los socios ejercen los derechos de propiedad. Así, mientras que en las empresas capitalistas estos derechos son ejercidos por los socios en proporción al capital aportado, en las cooperativas lo hacen en función de la actividad cooperativizada que realizan. Además, al contrario de lo que sucede en las empresas capitalistas, las cooperativas presentan limitaciones en la transferencia de estos derechos en lo relativo a quién se pueden transferir y al valor de la transmisión.

Estas diferencias en cuanto al tratamiento de los derechos de propiedad entre las empresas capitalistas y las cooperativas conllevan una

serie de ineficiencias o problemas a las cooperativas a la hora de competir y que se concretan en los problemas: a) del polizón, free-rider o de la propiedad común, b) del horizonte temporal, y c) del riesgo. La consecuencia más importante de estos problemas es que desincentivan la realización de inversiones por los socios y comprometen el crecimiento y la supervivencia de la cooperativa.

Puesto que la finalidad de la cooperativa agraria es satisfacer las necesidades de sus socios, la satisfacción de éstos con su cooperativa se configura como una medida adecuada de su éxito. Además, conforme los socios están satisfechos con su cooperativa estarán más dispuestos a continuar en ella, favoreciendo así la supervivencia de la cooperativa como empresa.

Los resultados obtenidos en el trabajo empírico confirman que en la medida que los socios están menos expuestos a los problemas del polizón, del horizonte temporal y del riesgo, están más satisfechos con la cooperativa.

La falta de estudios previos que analicen la relación entre los problemas asociados a los derechos de propiedad en el ámbito de las cooperativas y la satisfacción de sus socios, dificultan la comparación de los resultados obtenidos en este trabajo. Sin embargo, los mismos pueden ser de gran utilidad a los responsables de dirigir las cooperativas al objeto de implementar mecanismos para mitigar estos problemas, debido a su incidencia directa sobre la satisfacción de los socios y, por lo tanto, sobre su continuidad en la cooperativa y la supervivencia de ésta como empresa.

En este sentido, aunque la LC española y las leyes de cooperativas de las diferentes comunidades autónomas han ido introduciendo diferentes mecanismos (voto plural ponderado en proporción al volumen de la actividad corporativizada pero con limitaciones, cuotas de ingreso, actualización y reembolso de las aportaciones, socios que aportan sólo capital, etc.) para mitigar los problemas derivados de la vaguedad en la definición de los derechos de propiedad, especialmente los relacionados con la propiedad común, dichos mecanismos parece que se han mostrado insuficientes.

La puesta en práctica de otras soluciones a mediados de la década de los setenta dio lugar a las denominadas "Cooperativas de Nueva Generación", que se extendieron por Estados Unidos, Nueva Zelanda y el Oeste de Europa (Cook y Iliopoulos, 2000; Salazar y Galve, 2008). Entre estas soluciones figuran: a) no admisión de nuevos socios o una política bien definida de admisión que propicie su homogeneidad, b) creación de un mercado secundario para las participaciones de las cooperativas en el que éstas sean fácilmente transferibles y valoradas, de forma que su precio refleje, además de la cuantía de la aportación, el valor generado durante su mantenimiento y el rendimiento y los beneficios que pueden generar, c) derecho de voto proporcional al capital aportado, e) creación de planes de aportación para evitar el problema del horizonte temporal y del polizón, f) la adopción de un plan de recuperación de inversiones, y g) la separación de la propiedad común.

La ventaja de este modelo de cooperativas tiene que ver con los mayores incentivos de los socios a realizar inversiones, en la medida en que se atenúan los efectos negativos de los problemas asociados a los derechos de la propiedad.

Por último, cabe señalar algunas limitaciones del estudio. Por una parte, la no incorporación de algunas variables de control ya que para garantizar el anonimato no se solicitó a los socios que identificaran su cooperativa en las encuestas. Por otro lado, la muestra se centra en socios de cooperativas agrarias murcianas, lo que dificulta generalizar los resultados obtenidos. Para paliar estas limitaciones, futuros estudios deberían incluir variables de control que pudieran afectar a las variables del mo-

delo. Asimismo sería interesante mejorar la validez del modelo replicándolo con datos de socios de cooperativas agrarias de diferentes comunidades autónomas para, de esta forma, poder generalizar sus conclusiones.

Bibliografía

Anderson JC y Narus JA, 1984. A Model of Distributor's Perspective of Distributor-Manufacturer Working Relationships, *Journal of Marketing*, 48 (4): 62-74.

Arcas Lario N, 1999. El marketing de las cooperativas agrarias. Claves para la competitividad de la empresa agraria, *CIRIEC-España*. Valencia.

Arcas N, Alcón F, Marcos G y López E, 2011. Las cooperativas agrarias en la Unión Europea y España: evolución de su tamaño y poder de negociación. *Revista Tierras*, 176: 70-79.

Baamonde E, 2009. El cooperativismo agroalimentario. En Lamo J. (Coord.) *El nuevo sistema agroalimentario en una crisis global*. Colección Mediterráneo Económico, 15: 229-246.

Borgen, SO, 2004. Rethinking incentive problems in cooperative organizations", *Journal of Socio-Economics* 33: 383-393.

Chaddad F y Cook ML, 2004. Understanding New Cooperative Models: An Ownership-Control Rights Typology, *Review of Agricultural Economics*, 26 (3): 348-360.

Churchill, GA, 1979. A Paradigm for Developing Better Measures of Marketing Constructs, *Journal of Marketing Research*, 16: 64-73.

COGECA, 2010. Agricultural Cooperatives in Europe. Main Issues and Trends. En http://www.copa-cogeca.be/Main.aspx?page=HomePage.

Cook ML, 1995. The future of de U. S. agricultural cooperatives: A neo-institutional approach, *American Journal of Agricultural Economics*, 77: 1153-1159.

Cook ML y Iliopoulos C, 2000. *Defined property rights in collective actions: The case of U.S. agricultural cooperatives*. In: Institutions, Contracts and Organization: Perspectives from New Institutional Economics (C. Ménard C., ed). Edward Elgar Publishing, London, UK: 335-348.

Cooperativas agro-alimentarias, 2012. Observatorio Socioeconómico del Cooperativismo Agrario Español. 2011. En http://www.agro-alimentarias.coop/ficheros/doc/03580.pdf.

Del Pino J, 1999. La satisfacción y la alineación en los socios de las empresas cooperativas, *CIRIEC-España, revista economía pública, social y cooperativa*, 33: 141-153.

Dow GK y Putterman L, 2000. Why capital suppliers (usually) hire workers: What we know and what we need to know, *Journal of Economic Behavior & Organization*, 43 (3): 319-336.

Ferrier GD y Porter PK, 1991. The productive efficiency of US milk processing cooperatives, *Journal of Agricultural Economics*, 42 (2): 161-73.

Grossman S y Hart O, 1986. The Cost and the Benefits of Ownership: A Theory of Vertical and Lateral Integration, *Journal of Political Economy*, 24 (4): 691-719.

Guzmán I, Arcas N, Ghelfi R y Rivaroli S, 2009. Technical efficiency in the fresh fruit and vegetable sector: a comparison study of Italian and Spanish firms. *Fruits*, 64 (4): 1-10.

Hansen MH, Morrow JL y Batista JC, 2002. The impact of trust on cooperative membership retention, performance, and satisfaction: an exploratory study, *International Food and Agribusiness Management Review*, 5: 41-59.

Hart O y Moore J, 1990. Property Rights and the Nature of the Firm, *Journal of Political Economy*, 98(4): 1119-1158.

Hernández-Espallardo M, Arcas-Lario N y Marcos-Matás G, 2012. Farmers' satisfaction and intention to continue membership in agricultural marketing cooperatives: neoclassical versus transaction cost considerations, *European Review of Agricultural Economics,* doi: 10.1093/erae/jbs024, pp. 1-24.

Hind A, 1998. *Assessment of cooperative performance*. The World of Cooperative Enterprise, UK: Scottish Agricultural Organisation Society: 9-18.

International Cooperative Alliance, 2012. Cooperative identity, values and principles. En http://2012.coop/en/what-co-op/cooperative-identity-values-principles.

James HS y Sykuta ME, 2005. Property rights and organizational characteristics of producer-owned firms and organizational trust, *Annals of Public and Cooperative Economics*, 76 (4): 545-580.

Jensen MC y Meckling WH, 1976. Theory of the firm: Managerial behaviour, agency costs and structure, *Journal of Financial Economics*, 3: 305-360.

Juliá, JF, Meliá E, García G y Gallego PL, 2010. *Los factores de competitividad de las cooperativas líderes el sector agroalimentario europeo. Acciones a emprender por las cooperativas agrarias españolas*. Colección Economía, 14. Fundación Cajamar. Almería.

Lerman Z and Parliament C, 1991. Size and industry effects in the performance of agricultural cooperatives. *European Review of Agricultural Economics* 6 (1):15-29.

Levay C, 1983. Agricultural Co-operative Theory: A Review". *Journal of Agricultural Economics*, 34: 1-44.

López D, Vidal F, Del Campo FJ, 2005. Evaluación de la satisfacción de los socios como medida del éxito cooperativo en las bodegas cooperativas de la Denominación de Origen Alicante. *Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 205: 147-171.

Mcneilly KM y Russ FA, 1992. Coordination in the Marketing Channel, *Advances in Distribution Channel Research*, 1: 161-186.

Michelsen J, 1994. The rationales of cooperative organizations, *Annals of Public and Cooperative Economics* 65 (1): 13-34.

Milgrom P y Roberts J, 1993. *Economía, organización y gestión de empresas*. Ed. Ariel, Barcelona.

Mínguez-Vera A, Martín-Ugedo JF y Arcas-Lario N, 2010. Agency and property rights theories in agricultural cooperatives: Evidence from Spain, *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8 (4): 908-924.

Nilsson J, 2001. Organizational principles for cooperative firms, *Scandinavian Journal of Management*, 17: 329-356.

Ortmann GF y King RP, 2007. Agricultural cooperatives I: History, theory and problems, *Agekon*, 46 (1): 40-68.

Pratt G, 1998. *The need performance measurement in cooperatives: A practitioners view*. The World of Cooperative Enterprise, UK: Scottish Agricultural Organisation Society: 1-8.

Robicheaux RA y El-Ansary AI, 1975. A General Model for Understanding Channel Member Behavior, *Journal of Retailing*, 52: 13-30.

Salazar Terreros I y Galve Gorriz C, 2008. Empresa cooperativa vs. Capitalista. ¿Afecta la forma de gobierno a la eficiencia productiva?, *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, 17 (3): 133-144.

Sayers DM, Kilmer RL y Flambert AM, 1996. Satisfaction evaluation of milk handlers by southern U.S. dairy farmers, *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 28: 313-321.

Shamdasani PN y Sheth JN, 1995. An Experimental Approach to Investigating Satisfaction and Continuity in Marketing Alliances, *European Journal of Marketing*, 29: 6-23.

Vargas A y García E, 2003. La medición del desempeño de las sociedades cooperativas agrarias. Perspectiva de los directores-gerentes de las provincias de Huelva y Jaén, *CIRIEC-España, revista economía pública, social y cooperativa*, 46: 85-116.

Vitalino P, 1983. Cooperative enterprise: An alternative conceptual basis for analyzing a complex institution, *American Journal of Agricultural Economics*, 65: 1078-1083.

Wray B, Palmer A y Bejou D, 1994. Using Neural Network Analysis to Evaluate Buyer-Seller Relationships, *European Journal of Marketing*, 28: 32-48.

(Aceptado para publicación el 18 de abril de 2013)

Integración espacial en el mercado europeo de aceite de oliva

J.A. Roldán-Casas*, R. Dios-Palomares* y J. Martínez-Paz**,1

* Departamento de Estadística, Edif. Einstein (2ª planta), Campus de Rabanales, Universidad de Córdoba, España
** Departamento de Economía Aplicada, Campus de Espinardo, Universidad de Murcia, España

Resumen

El objetivo de este trabajo es el estudio de la integración espacial del mercado europeo del aceite de oliva, a partir de los niveles de precios de los tres principales productores y comercializadores del producto a nivel mundial (España, Italia y Grecia) entre 1961 y 2007. El análisis se lleva a cabo aplicando la técnica multivalente de cointegracion, identificando tanto relaciones a corto como a largo plazo. Los resultados del análisis de precios muestran que esos mercados de aceite de oliva están altamente integrados, con una transmisión de precios completa a largo plazo, resultando Italia el mercado líder, pese a que la producción española sea con diferencia la más elevada.

Palabras clave: Aceite de oliva, cointegración, integración de mercados, series de precios.

Abstract
Spatial Integration of the European Olive Oil Market

The aim of this paper is to study the spatial integration of the European olive oil market, from the prices of the three main producers and traders in the world (Spain, Italy and Greece) between 1961 and 2007. The analysis is carried out using multivariate cointegration techniques, identifying the short-run and the long-run relationships. The empirical results show that the three olive oil markets are highly integrated, with a complete price transmission in the long run. They also suggest that Italy is the leader market being Spain the main producer.

Key words: Olive oil, cointegration, market integration, price series.

Introducción y objetivos

España, Italia y Grecia son, además de los principales países productores de aceite de oliva, los mayores exportadores del producto a nivel mundial. Así, en las campañas de producción de los años 2005/06 a 2010/11 estos tres países aglutinan en media el 72,3% de la producción mundial de aceite de oliva y el 55% del comercio mundial de este producto, sin tener en cuenta el comercio interno de la Unión Europea, que a su vez representa algo más de las tres cuartas partes del comercio total de aceite de oliva (IOC, 2012).

1. Autor para correspondencia: jmpaz@um.es
http://dx.doi.org/10.12706/itea.2013.028

De los tres países, destaca España, primer productor mundial de aceite de oliva, con 700.000-800.000 toneladas al año en media en la última década (según datos de la Agencia para el Aceite de Oliva, AAO, 2013), en la última campaña 2011/2012 la producción española ascendió a 1615 miles de Tm). Con un total de 282.696.000 olivos cubriendo 2.584.564 hectáreas (Avances de superficies y producciones de cultivos: MAGRAMA, 2013), su superficie cultivada representa más del 25% de la superficie olivarera mundial. Este puesto de primer productor mundial hace que España sea también el primer país exportador (874,7 miles de Tm en la campaña 2011/2012 según la AAO), vendiendo al exterior aproximadamente la mitad de su producción. De esta cantidad exportada de aceite de oliva español, aproximadamente la mitad se vende a granel (envases mayores de 5 litros) que son utilizadas por los países importadores para embotellar aceites que venden como propios (Langreo, 2002). Italia es el principal destino de este tipo de venta, (entre un 40% y un 66% en las últimas campañas) que se realiza fundamentalmente en cisternas a granel, que envasa allí y reexporta a todo el mundo, siendo Canadá, EE UU y Japón sus tres grandes mercados de exportación, en los que Italia tiene cuotas de mercado por encima del 60%. Este tipo de comercialización explica el hecho de que sea Italia, y no España, la que ocupa el primer lugar en el ranking de países exportadores de aceite de oliva envasado a nivel mundial (IOC, 2012), existiendo un estructura de mercado doblemente oligopsonista: la gran distribución nacional (Langreo, 2010) y las envasadoras italianas. En este sentido, el sistema español quizá adolece de fuertes políticas comerciales de diferenciación y de calidad (Dios y Martínez-Paz, 2011), y de planes de promoción internacional del sector que puedan generar mayores ventajas competitivas (Lanzas y Moral, 2010).

No obstante, las exportaciones españolas de aceite envasado se han incrementado de forma considerable en los últimos años (y continúan al alza), por la irrupción en el mercado mundial de nuevos importadores, como Brasil, Rusia, India o China, que han llevado a cerrar la campaña 2010/2011 con una cifra récord de ventas al exterior, el 60% de la producción nacional, destacando "especialmente el avance cosechado en los nuevos mercados, en los que España ha logrado aventajar claramente a Italia como proveedor" (Alimarket, 2011)[2]. Todas estas cifras ponen claramente de manifiesto las importantes interrelaciones internacionales del mercado de aceite de oliva, donde son tan importantes los aspectos comerciales y de marketing (Parras-Rosa *et al.,* 2013) como los más estudiados de producción (Parras *et al*., 2003).

El objetivo de este trabajo es analizar un aspecto básico para ahondar en la compresión del funcionamiento internacional del mercado del aceite de oliva como es el de las relaciones espaciales de los precios de exportación del mismo. Para ello se analizará el mercado de los tres principales países productores a nivel mundial (España, Italia y Grecia) y se comprobará si el mecanismo de transmisión de precios es perfecto, lo que implicaría que, en el largo plazo, las variaciones en un precio se trasmiten completamente a los demás. De esta forma, se podría hablar de la existencia de un precio único y, por tanto, de un mercado eficiente.

2. Valga como ejemplo el estudio realizado para el Instituto Español de Comercio Exterior, ICEX (2012) que señala el caso de las ventas de aceite virgen extra español a China, país al que España proveyó la mitad de su consumo en 2009. Así, se exportó un volumen superior a 10 millones de kg que proporcionaron un valor de 33,5 millones de euros. Esto supone un aumento del 28 por ciento respecto a lo facturado durante el ejercicio anterior por este tipo de aceite en este país, calificado en 2012 como el nuevo "El Dorado" (Antelo, 2012).

El estudio realizado se estructura en diversos apartados. En el apartado 2 se detalla la metodología aplicada para analizar la integración espacial de mercados y los datos utilizados con este fin. El apartado 3 se dedica a presentar y discutir los resultados obtenidos y finalmente, en el apartado 4 se indican las principales conclusiones que se derivan del estudio.

Material y métodos

Para alcanzar el objetivo del trabajo se aplica el enfoque metodológico propuesto por Johansen (1988), que permite distinguir las relaciones a largo y corto plazo, y permite medir el grado de integración entre los precios a la exportación en diferentes mercados separados en el espacio, determinando además si existe algún mercado líder en cuanto a la fijación de los precios se refiere y, en este caso, estudiar cómo reaccionan el resto de mercados ante variaciones del precio en el líder.

Esta metodología ha venido siendo empleada ampliamente para el estudio de la integración espacial de mercados, especialmente los de productos agroalimentarios, en todas las latitudes y escalas espaciales. Valgan como ejemplo los estudios sobre el mercado del arroz (Silvapulle y Jayasuriya, 1994), los cereales (Gil *et al*., 1996), el maíz (Abdulai, 2000), la carne de cerdo y cordero (Sanjuan y Gil, 2001), el algodón (Baffes y Ajwad, 2001), las hortalizas de invernadero (Martínez-Carrasco, 2004), el pescado blanco en Europa (Nielsen, 2005) o el mercado internacional del azúcar (Alonso y Arcila, 2012). Entre los trabajos citados se encuentran las principales aplicaciones del estudio de integración de precios y mercados a productos agroalimentarios en España. También cabe señalar algunos trabajos que realizan una revisión general de las metodologías y sus aplicaciones como son los artículos de Barret (2001), Fackler y Goodwin (2001), Barret y Li (2002) y Rapsomanikis *et al*. (2004). Sin embargo, para el producto que se considera en el presente artículo, las publicaciones existentes no son muy numerosas, pudiendo destacar las de Gil *et al*. (2004) que estudian la integración de los mercados español y griego, Roldan y Dios (2008) que estudian la verificación de la ley de precio único en el mercado español del aceite de oliva, Ben Kaabia, y Gil (2008) que modelan las exportaciones de aceite de oliva en Francia y los recientes trabajos de Gutiérrez y Vega (2009) y Gutiérrez (2012) que analizan en profundidad la dinámica del mercado en origen del aceite español con técnicas de cointegración.

Se presenta en primer lugar el origen de las series de datos utilizadas y a continuación se describen los métodos econométricos utilizados en su estudio.

Material: datos utilizados

Los datos utilizados en este estudio son las series anuales de precios medios del aceite de oliva exportado por los tres países estudiados (España, Italia y Grecia) durante el período 1961 a 2007, que es el periodo disponible más largo posible con un tratamiento que asegura la homogeneidad de la serie. Con el fin de obtener un valor representativo de dichos datos se han construido tres series de precios a partir de los datos proporcionados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2012) relativos a las exportaciones totales, tanto en unidades monetarias ($) como en unidades físicas (kg) en términos nominales, de forma que el cociente de ambas permite obtener una serie de precios en $/kg.

La Figura 1 recoge la evolución del precio anual de exportación del aceite de oliva en España, Italia y Grecia de 1961 a 2007 (con la notación PESPAÑA, PITALIA y PGRECIA, respectivamente), calculado en la forma indicada en el pá-

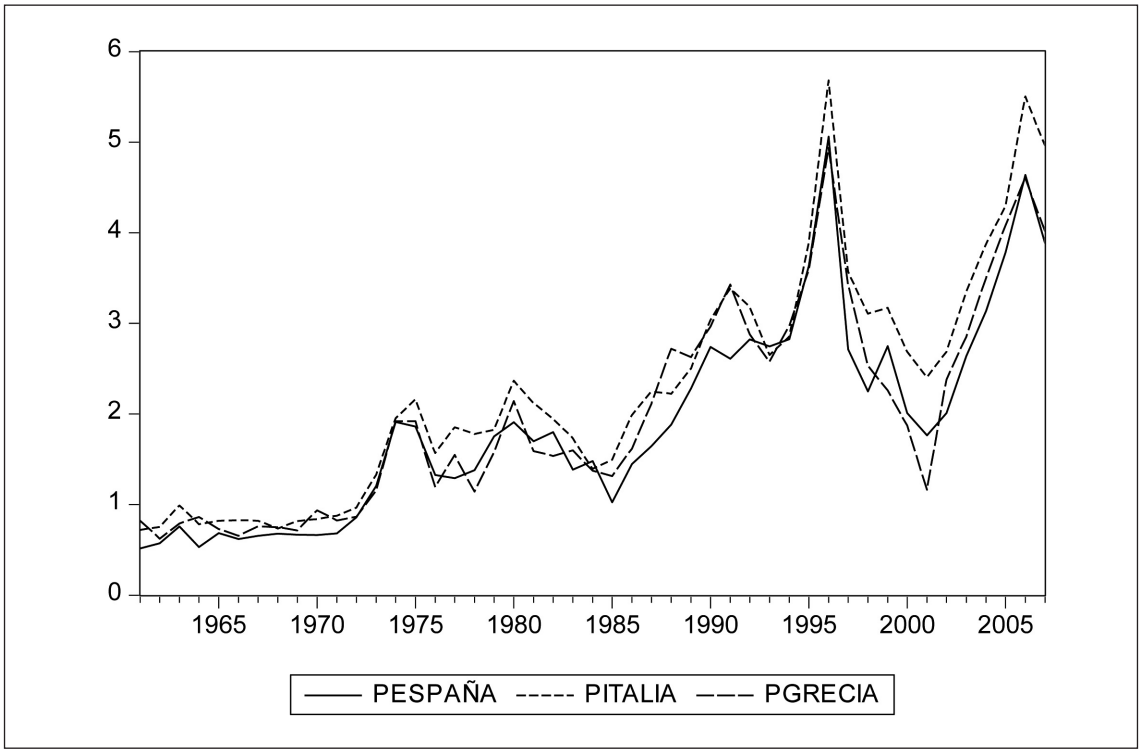


Figura 1. Evolución del precio ($/kg) de exportación del aceite de oliva (1961-2007).
Figure 1: Evolution of olive oil export price ($/kg) (1961-2007).

Fuente: Elaboración propia a partir de FAO (2012).

rrafo anterior. Como se puede observar, todas las series de precios evolucionan de manera similar presentando un crecimiento a lo largo del período considerado.

Cabe destacar una cresta atípica correspondiente a los datos del año 1995 en que la escasez de producción dio lugar a una subida espectacular en 1996 situándose el precio en torno a 5 $/kg en los tres países objeto de estudio. Esta menor cosecha junto con la falta de stocks de regulación en la Unión Europea y el mantenimiento de la demanda en el consumo interno provocaron el fuerte incremento de precios. Tras esta situación puntual, se produce la recuperación de los niveles de precios anteriores permaneciendo el precio medio entre 1 y 4 $/Kg. No obstante, hay que señalar que en 2004 se produce un aumento importante de la cantidad exportada en los tres países y un incremento de su valor unitario. Aunque las cantidades exportadas en los años siguientes disminuyen, el precio se mantiene en los valores elevados previamente alcanzados.

Destaca el hecho de que el precio de Italia parece mantenerse casi siempre por encima de los otros dos, siendo la diferencia mayor con el precio de España. En este sentido, según se observa en la tabla 1, el precio medio de Italia a lo largo del período considerado es de 2,27 $/kg mientras que el de España es 1,89 $/kg. Podemos encontrar la explicación en lo

ya comentado en la introducción de este trabajo de que gran parte del aceite exportado por Italia proviene de la gran cantidad de aceite a granel que este país importa de España para envasar y exportar como propio, lo que, por regla general, propiciaría un precio medio de exportación superior al de España.

Tabla 1. Medidas descriptivas del precio ($/kg) del aceite de oliva (1961-2007)
Table 1. Descriptive statistics for olive oil export price ($/kg) (1961-2007)

	PESPAÑA	PITALIA	PGRECIA
Media	1,897	2,270	2,009
Mediana	1,764	2,121	1,617
Máximo	5,067	5,681	4,935
Mínimo	0,517	0,720	0,623
Desv. Típica	1,113	1,281	1,147

Fuente: Elaboración propia.

El análisis del mecanismo de transmisión de los precios se lleva a cabo con las tres series de precios expresadas en logaritmos[3] (que denotamos LPCESPAÑA, LPCITALIA y LPCGRECIA) ya que dicha transformación amortigua la amplitud de las oscilaciones de cada serie y permite alcanzar más fácilmente la estacionariedad en varianza en caso de que haya que diferenciar por no ser estacionaria.

Metodología: técnicas econométricas aplicadas

Para el análisis de las relaciones a largo plazo entre un conjunto de *p* series, el procedimiento propuesto por Johansen (1988) parte de un modelo de Vectores Autorregresivos (VAR), cuya expresión general responde a

$$Z_t = \sum_{i=1}^{k} A_i Z_{t-i} + \varepsilon_t \qquad (1)$$

donde Z_t es el vector columna de las *p* series que constituyen el modelo; A_i, $i = 1,\ldots, k$, son matrices $p \times p$ de coeficientes y ε_t es el vector columna de los términos de error tal que $\varepsilon_t \sim \text{iid}(0, \Sigma)$.

Si todas las variables de Z_t son integradas del mismo orden, siendo el orden de integración 0 o 1, el modelo (1) se puede reparametrizar en la forma

$$\Delta Z_t = \Pi Z_{t-1} + \sum_{i=1}^{k-1} \Gamma_i \Delta Z_{t-i} + \varepsilon_t \quad \text{para } k \geq 1, \quad \varepsilon_t \sim \text{iid}(0, \Sigma) \qquad (2)$$

donde

$$\Pi = -(I - A_1 - \ldots - A_k) \quad \text{y} \quad \Gamma_i^* = -(A_{i+1} + A_{i+2} + \ldots + A_k),$$

$j = 1, 2,\ldots, k\text{-}1$

En este contexto, el teorema de representación de Granger (Engle y Granger, 1987) establece que

* si el rango de la matriz Π es igual a *p* (número total de variables en el modelo VAR), el vector Z_t es estacionario (esto es, las variables que constituyen Z_t son *I*(0)
* si el rango de la matriz Π es igual a $r < p$, existe una representación de Π tal que

$$\Pi = \alpha\beta' \qquad (3)$$

donde α y β son matrices $p \times r$. La matriz β verifica $\beta' Z_t \sim I(0)$, incluso en el caso en el que $Z_t \sim I(1)$, lo que significa que las variables que

3. Para evitar la existencia de valores negativos de la serie en logaritmos, las serie de precios fueron expresadas en centavos de $ /kg.

constituyen Z_t están cointegradas, siendo los vectores de cointegración cada una de las *r* columnas de β (matriz de cointegración). En este caso particular, (esto es, cuando $Z_t \sim I(1)$), el modelo (2) incorpora, además de la relación a largo plazo existente entre las variables en cuestión (a través de la matriz $\beta' Z_t$), un mecanismo de corrección de error, de manera que las ecuaciones de dicho modelo son las ecuaciones de la relación a corto plazo entre las variables de Z_t , siendo los elementos de la matriz α los coeficientes de ajuste, pues miden la velocidad con la que cada variable se ajusta a la relación de equilibrio.

Según Goodwin y Schroeder (1991) la condición necesaria para que *p* mercados separados geográficamente se consideren perfectamente integrados es que entre las series de precios existan *p*-1 vectores de cointegración, es decir, a largo plazo, los precios en los *p* mercados se mueven en la misma dirección existiendo una única tendencia común que condiciona la evolución del resto de los precios. La condición suficiente es que cada vector de cointegración relacione una pareja de precios en la forma (1,-1).

La estrategia seguida en este trabajo puede resumirse en las fases de determinación del orden de integración, especificación del modelo y estudio de las relaciones de integración, que son presentadas brevemente a continuación:

Fase I: Orden de integración de las series

Sea P_{it} la notación para la *i*-ésima serie de Z_t. Así, para determinar el orden de integración de cada serie P_{it} se aplicó la estrategia de detección de raíces unitarias que desarrollan Dios y Roldán (2006), denotada RyD, a partir de la estimación MCO del modelo

$$P_{it} = \mu + \beta t + \rho P_{i(t-1)} + \sum_{j=1}^{k} \phi_i (P_{i(t-j)} - P_{i(t-j-1)}) + e_t \qquad (4)$$

$e_t \sim \text{iid}(0, \sigma^2)$

donde al ser *k* desconocido se eligió como valor de dicho parámetro aquél que minimiza el criterio de información de Schwarz.

Fase II: Especificación del modelo

Para que los contrastes de cointegración proporcionen resultados fiables es necesaria una correcta especificación del modelo (2). Así, por un lado se estableció la dinámica del modelo mediante una correcta elección del valor de *k*, para lo cual se emplearon, sobre el modelo (1), los criterios del Error de Predicción Final (EPF) de Akaike y Schwarz (Koehler y Murphree, 1988). Por otro lado, fue necesario especificar las componentes deterministas a incluir en (2), siendo lo más habitual una constante y/o una tendencia determinista lineal *t* que podrán estar restringidas o no a las relaciones de cointegración, lo que da lugar a 5 especificaciones distintas de (2) (Johansen, 1995).

Fase III: Relaciones de cointegración

Una vez especificado correctamente el modelo (2) se determinó el número de relaciones de cointegración entre las series Z_t de aplicando los contrastes de la traza y del autovalor máximo propuestos por Johansen (1988), los cuales se basan en la estimación de máxima verosimilitud de (2).

De la estimación máximo-verosímil de (2) se obtuvieron las estimaciones de los *r* vectores de cointegración, lo cual permitió estimar las ecuaciones de la relación a largo plazo existente entre las series analizadas. No obstante, previo a esta especificación se contrastó la intervención de las diferentes series en la relación a largo plazo. Así, se admite la relevancia de una serie P_{it} en la relación a largo plazo si se rechaza la hipótesis:

$$\beta_{i1} = \beta_{i2} = ... = \beta_{ir} = 0 \qquad (5)$$

es decir, si no se admite la nulidad conjunta de sus coeficientes en las *r* relaciones de

cointegración (columna *r* de la matriz β en (3)) detectadas. Esta hipótesis se contrastó con el test de la razón de verosimilitud construido a partir del modelo (2). En caso de que alguna serie no resultara relevante en la relación a largo plazo, cabía la posibilidad de excluirla del estudio y analizar la integración en un subconjunto de mercados, lo que requeriría la reestimación de (2) y, por tanto, de las relaciones a largo plazo.

Fase IV: Estudio del liderazgo en la fijación de precios

En este contexto, se realizó un estudio sobre la posible existencia de mercados que se encuentran en una situación de predominio o liderazgo frente a los demás. El que un mercado sea considerado líder implica que incide sobre el resto de mercados y no se ve afectado por los *shocks* específicos que se producen en ellos. Esta situación ocurre cuando para un mercado *i* su serie de precios P_{it} es débilmente exógena en el contexto del modelo (2), o lo que es igual, cuando los coeficientes , α_{ij} = 1,..., *r*, (fila *i* de la matriz α en (3)) son nulos.

Si las series de precios analizadas son integradas de orden 1 existiendo *r* = *p* - 1 relaciones de cointegración entre ellas, se producirá la perfecta integración de los *p* mercados si en cada uno de los vectores de cointegración se satisface la relación (1,-1) entre las diferentes parejas de precios. Esto equivale a contrastar la hipótesis:

$$H_0\colon \beta' = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & \cdots & 0 & * \\ 1 & 0 & -1 & \cdots & 0 & * \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 1 & 0 & 0 & \cdots & -1 & * \end{bmatrix} \qquad (6)$$

En la matriz β′ cada fila es un vector de cointegración y la última columna representa el término constante (en el caso que se incluya) en cada relación de cointegración (el símbolo * indica que el parámetro correspondiente no está restringido). En cualquier caso, las restricciones que establece (6) se contrastaron con el correspondiente estadístico de la razón de verosimilitud que se construye a partir de la estimación máximo verosímil de (2).

Fase V: Relaciones dinámicas a corto plazo

Mediante la obtención de las denominadas Funciones Impulso-Respuesta (FIR) se analizaron las interacciones dinámicas a corto plazo que caracterizan al sistema objeto de estudio. En concreto, dichas funciones muestran la respuesta de las variables (series) explicadas en el sistema ante cambios en los errores. Un cambio (*shock*) en una serie en un instante determinado afectará directamente a la propia serie y se transmitirá al resto de series a través de la estructura dinámica que representa el modelo VAR, proporcionando las FIR el signo, la magnitud y la persistencia de la respuesta de cada serie.

Resultados y discusión

En este apartado se presentan y discuten los resultados obtenidos de aplicar la metodología que se acaba de exponer a las series de datos descritas. En su exposición se sigue el esquema secuencial propuesto, es decir, estudio del orden de integración, análisis de integración a largo plazo y las relaciones dinámicas a corto plazo.

Orden de integración de las series

En la Figura 2, que recoge la representación del logaritmo de las series de precios en centavos de $ por kg, se observa un deambular de las tres series alrededor de una tendencia lineal creciente, y no parece existir ningún tipo de componente cíclica. Este comporta-

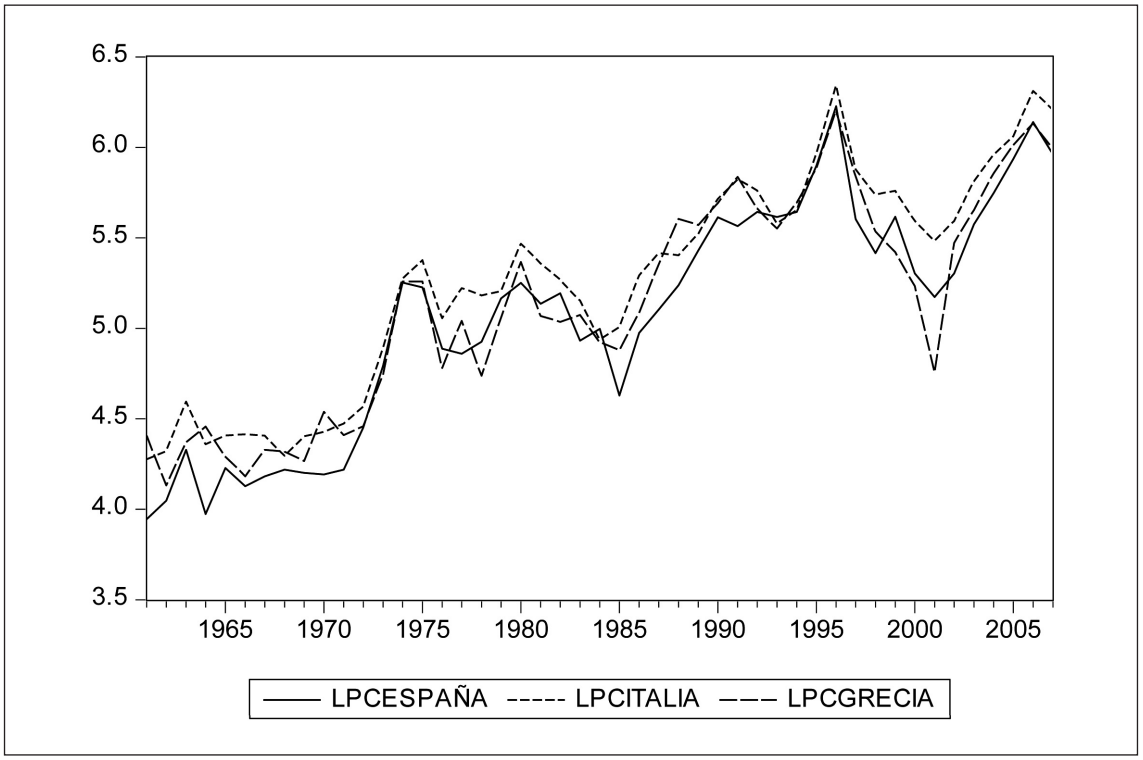


Figura 2. Evolución del logaritmo precio (cent/kg) de exportación de aceite de oliva.
Figure 2. Evolution of olive oil export price (cent./kg) in logarithms (1961-2007).

Fuente: Elaboración propia a partir de FAO (2012).

miento[4] es típico de series con tendencia en media y en varianza lo cual se corresponde con un mecanismo generador que presenta una raíz unitaria junto con un término constante[5].

Para confirmar lo anterior se aplicó la estrategia RyD a la estimación MCO del modelo (4), cuyos resultados se recogen en la tabla 2. Para las tres series de precios objeto de análisis el valor calculado del estadístico t de ρ cae en lo que la estrategia RyD denomina "zona de duda", esto es: o bien la serie tiene una raíz unitaria sin tendencia determinista lineal o es estacionaria alrededor de dicha tendencia. Esto llevó a contrastar la nulidad del coeficiente β de la tendencia lo cual con-

4. Se realizaron los correlogramas de cada una de las series en niveles y en todos ellos se observó el comportamiento típico de una serie con raíz unitaria (caída lineal de las autocorrelaciones). Posteriormente, se realizaron los correlogramas de las series en primeras diferencias y en ellos no se encontró ningún tipo de estructura (dichos correlogramas pueden ser solicitados a los autores).

5. La presencia en el mecanismo generador de una serie de una raíz unitaria junto con un término constante induce una tendencia lineal creciente en dicha serie (Roldán, 2000).

Tabla 2. Contrastes de raíz unitaria: estrategia RyD
Table 2. Unit root tests: RyD strategy

P_{it}	Elementos deterministas	k	Valores calculados de los estadísticos	Test de Ljung-Box*			
				Q(1)	Q(3)	Q(12)	Q(18)
LPCESPAÑA	cte y *t*	0	$\hat{t}_\rho$ = -2,828957 $\hat{t}_\beta$ = 2,38904 $\hat{\Phi}_3$ = 4,041087	0,5346 (0,465)	0,6674 (0,881)	10,422 (0,579)	19,656 (0,353)
LPCITALIA	cte y *t*	1	$\hat{t}_\rho$ = -3,353392 $\hat{t}_\beta$ = 3,062474 $\hat{\Phi}_3$ = 3,905054	0,0102 (0,920)	0,4346 (0,933)	5,0477 (0,956)	10,718 (0,906)
LPCGRECIA	cte y *t*	0	$\hat{t}_\rho$ = -3,105971 $\hat{t}_\beta$ = 2,756464 $\hat{\Phi}_3$ = 4,833862	0,619 (0,431)	0,797 (0,850)	7,7445 (0,805)	17,708 (0,475)

Regiones de la estrategia RyD para T = 50 al 5%:

– Para H_0: $\rho = 1$ vs H_1: $\rho < 1$ región de rechazo (-∞, -3,50) región de aceptación (-1,68, +∞)

– Para H_0: $\beta = 0$ vs H_1: β ¹ 0 región de rechazo (-∞, -3,18) È (3,80, +∞) región de aceptación (0,58, 2.01)

Las zonas de la recta real no cubiertas por ninguna de las regiones constituyen zonas de indeterminación

– Para H_0: ρ =1, $\beta = 0$ región de rechazo (0, 0,93) ∪ (6,73, +∞) región de aceptación (0,93, 6,73)

* En cada celda aparece el valor calculado del estadístico $Q(i)$ de Ljung-Box para i retardos y, debajo, entre paréntesis, se reproduce el p-valor correspondiente.

Fuente: Elaboración propia.

dujo también a una de las zonas de duda de la citada estrategia, pues el valor calculado del estadístico no es lo suficientemente elevado, en valor absoluto, para rechazar la nulidad del coeficiente β sin que se vea afectado por la no similaridad de dicho contraste. Esto implica una duda también sobre la significación de β en los tres casos. En este contexto la estrategia RyD propone resolver las dudas con el contraste global basado en el estadístico Φ_3 según el cual se aceptó ρ =1, β = 0 y α cualquiera, para las tres series de precios. En consecuencia, las tres series de precios presentan una raíz unitaria con término constante que induce en ellas una tendencia lineal como cabía observar en la Figura 1.

Análisis de las relaciones a largo plazo

a) Especificación del modelo de corrección de error

Puesto que las series han resultado integradas de orden 1, el siguiente paso es determinar si dichas series están cointegradas, es decir, contrastar si existe alguna relación de equilibrio estacionaria entre ellas sobre la base del modelo de corrección de error (2). Dicho contraste requiere una correcta especificación del modelo (2) en lo que se refiere al número k de retardos óptimo y las componentes deterministas a incluir.

La tabla 3 indica que los tres criterios de información considerados establecen que el

Tabla 3. Selección del nº de retardos (k) óptimo en modelo VAR
Table 3. Lag order selection in model VAR

k	EPF	Akaike	Schwarz
0	6,75E-05	-1,090306	-0,962340
1	1,12E-05*	-2,892102*	-2,380237*
2	1,49E-05	-2,615198	-1,719434
3	2,00E-05	-2,341849	-1,062186
4	2,81E-05	-2,047085	-0,383523
5	4,01E-05	-1,765574	0,281886
6	4,92E-05	-1,677895	0,753464
7	7,07E-05	-1,491134	1,324124
8	0,000103	-1,378466	1,820691

Fuente: Elaboración propia.

número de retardos *k* a incluir en el modelo VAR debe ser 1, lo que implica que en el modelo de corrección de error (2) se incluyen 0 retardos.

En cuando a la componente determinista, se decide incluir en (2) una constante no restringida, además de una constante en las relaciones de cointegración, para recoger la tendencia determinista lineal que induce la presencia conjunta de raíz unitaria y término constante, detectada en las tres series al estudiar sus respectivos órdenes de integración.

b) Estimación de las relaciones de cointegración

Para determinar el número de relaciones de cointegración se aplicaron los contrastes de la traza y del autovalor máximo tomando en el modelo (2) $p = 3$, $k = 1$ y una constante no restringida. Los resultados de los contrastes bajo estas condiciones se recogen en la tabla 4, de donde se concluye con ambos, para un nivel de significación del 5%, que existen 2 relaciones de cointegración entre las series de precios. Por tanto, como se admite la existencia de $p - 1 = 2$ vectores de cointegración, se cumple la condición necesaria para que los tres mercados estén perfectamente integrados. Asimismo, puesto que un número cada vez más elevado de vectores de cointegración implica una mayor estabilidad en el sistema, el resultado de dos de estos vectores entre las series de precios de aceite de oliva confiere a dicho mercado una gran fortaleza y estabilidad (según Dickey *et al*., 1991), como los vectores de cointegración representan restricciones que un sistema económico impone en los movimientos a largo plazo de las variables de dicho sistema, un número cada vez mayor de tales vectores es visto como un aumento en la estabilidad del sistema).

La tabla 5 recoge las estimaciones de los parámetros de las dos relaciones de cointegración en las que se ha normalizado respecto del precio de Italia y Grecia, respectivamente, mientras que la tabla 6 presenta las estimaciones de los correspondientes coeficientes de ajuste.

Tabla 4. Contraste de cointegración
Table 4. Testing for cointegration

N° relaciones cointegración (H_0)	Test de la traza			Test del autovalor máximo	
	Autovalor	Estadístico	Valor crítico al 5%	Estadístico	Valor crítico al 5%
Ninguna	0,333870	34,92557*	29,68	33,59140*	20,97
Al menos 1	0,279551	16,64337*	15,41	17,37130*	14,07
Al menos 2	0,041103	1,888733	3,76	1,469176	3,76

* Indica rechazo de la hipótesis nula al 5% según valores críticos proporcionados por Mackinnon *et al*. (1999).
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Estimación del espacio de cointegración (matriz β)
Table 5. Estimating the cointegrating space (matrix β)

	Matriz β		Significación individual	
Precio	Vector 1	Vector 2	Hipótesis	Estadístico
España	-0,511835	-0.48741	H_0: $\beta_{11} = 0$, $\beta_{12} = 0$	28,27619*
Italia	1	-0.472204	H_0: $\beta_{21} = 0$, $\beta_{22} = 0$	18,00724*
Grecia	-0,483625	1	H_0: $\beta_{31} = 0$, $\beta_{32} = 0$	25,14901*
Constante	-0,181196	-0,184492		

Valor crítico (5%): $\chi^2(2) = 5,99$ (*) Indica rechazo de la hipótesis nula (6) al 5%
Fuente: Elaboración propia.

La relevancia de cada serie de precios (P_{it}) en la relación a largo plazo se estudia mediante el contraste de nulidad sobre sus correspondientes coeficientes (β_{ij}) en cada ecuación de cointegración. Los valores calculados del estadístico del contraste para cada una de las tres series incluidas en el modelo aparecen en la última columna de la tabla 5. Los resultados indican que las tres series de precios consideradas forman parte del espacio de cointegración.

Se analiza la exogeneidad débil de las tres series de precios (P_{it}), mediante el contraste de nulidad sobre sus correspondientes coeficientes (α_{ij}) en cada ecuación de cointegración. Los valores calculados del estadístico del contraste para cada una de las tres series incluidas en el modelo, se presentan en la última columna de la tabla 6. Los resultados nos indican que tanto el precio de España como el de Italia son débilmente exógenos respecto al espacio de cointegración, lo que implicaría que los mercados correspondientes deberían ser considerados como líderes. Esto significa que estos dos precios participan en las relaciones de equilibrio detectadas pero no se ven influenciados por *shocks* en dichas relaciones.

Brester y Goodwin (1993) señalan que cuando existen *p* - 1 vectores de cointegración entre

Tabla 6. Estimación de los coeficientes de ajuste (matriz α) y exogeneidad débil
Table 6. Estimating speed of adjusment parameters (matrix α) and weak exogeneity

	Matriz α		Exogeneidad débil	
Precio	Columna 1	Columna 2	Hipótesis	Estadístico
España	0,563176	0,5069371	H_0: $\alpha_{11} = 0$, $\alpha_{12} = 0$	3,305756
Italia	-0,44638	-0,118599	H_0: $\alpha_{21} = 0$, $\alpha_{22} = 0$	1,869319
Grecia	-0,337443	-0,809371	H_0: $\alpha_{31} = 0$, $\alpha_{32} = 0$	8,075854*

Valor crítico (5%): $\chi^2(2) = 5,99$ (*) Indica rechazo de la hipótesis nula al 5%
Fuente: Elaboración propia.

p series de precios, sólo uno puede considerarse como representativo de todo el sistema. Por ello, el resultado obtenido puede deberse a que el mercado internacional del aceite de oliva está segmentado en dos submercados, liderando España e Italia cada uno ellos, o bien que en realidad solo uno de ellos es el dominante. En cualquier caso, un análisis más detallado del modelo de corrección de error especificado permitirá pronunciarse sobre qué opción es la más plausible (situación similar se presenta en el estudio de transmisión de precios en los mercados españoles de ovino de Boshnjaku *et al.* (2003)).

c) Identificación de las relaciones de cointegración

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se plantean dos identificaciones alternativas. Para la primera, los vectores de cointegración se normalizan respecto de Italia y Grecia, mientras que para la segunda la normalización se realiza respecto de España y Grecia

Alternativa 1

$$\beta' Z_{t-1} = \begin{bmatrix} * & 1 & 0 & * \\ * & 0 & 1 & * \end{bmatrix} \begin{bmatrix} LPcEspaña \\ LPcItalia \\ LPcGrecia \\ cte \end{bmatrix}_{t-1}$$

Alternativa 2

$$\beta' Z_{t-1} = \begin{bmatrix} 1 & * & 0 & * \\ 0 & * & 1 & * \end{bmatrix} \begin{bmatrix} LPcEspaña \\ LPcItalia \\ LPcGrecia \\ cte \end{bmatrix}_{t-1}$$

Las estimaciones de las matrices α y β de cada alternativa se muestran en las tablas 7 y 8, respectivamente. En ambos casos, existen claros indicios de cumplimiento de la paridad (1, -1) entre las diferentes parejas de precios, ya que los coeficientes estimados de ambos vectores de cointegración para España en la alternativa 1 e Italia en la 2, se muestran muy próximos a -1. Para confirmar este extremo, es decir, para admitir la perfecta integración a largo plazo de los tres mercados se contrasta si en las dos ecuaciones de cointegración se pueden aceptar las relaciones de la forma (1, -1) entre las diferentes parejas de series de precios. En este caso, la hipótesis nula a contrastar podría ser

$$\beta' = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & * \\ -1 & 0 & 1 & * \end{bmatrix} \quad \text{ó} \quad \beta' = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & * \\ 0 & -1 & 1 & * \end{bmatrix}$$

siendo el valor calculado del estadístico para este contraste 2,16 con un *p*-valor de 0,338842. Por tanto, no se rechaza la hipótesis nula, lo que permite afirmar que se cumple la condición suficiente para afirmar que los mercados considerados están perfectamente integrados, es decir, a largo plazo, los precios en los tres mercados se mueven en la misma dirección existiendo una única tendencia común que condiciona la evolución de los precios.

Ahora bien, en la alternativa 1, el precio de Italia resulta ser débilmente exógeno respecto del espacio de cointegración (sus coeficientes en la matriz α no son significativos). En realidad, tan solo el precio de Grecia reacciona ante desviaciones en el nivel de equilibrio del segundo vector de cointegración (relación entre España y Grecia). En cambio, cuando se toma como referencia el precio de Italia (alternativa 2) se observa cómo los precios de España y Grecia reaccionan ante desviaciones en el nivel de equilibrio, mientras que el precio de Italia se muestra débilmente exógeno. En principio, teniendo en cuenta que Italia es el primer país exportador de aceite envasado, lo más razonable es pensar que Italia es el mercado dominante.

Tabla 7. Estimación del espacio de cointegración (Alternativa 1: España líder)
Table 7. Estimating of the cointegrating space (Alternative 1: Spain leader)

	Matriz β		Matriz α	
Precio	Vector 1	Vector 2	Columna 1	Columna 1
España	-0,968804	-0,944883	0,323798	0,234571
			(0,96506)	(1,08139)
Italia	1	0	-0,39037	0,097281
			(-1,3834)	(0,53324)
Grecia	0	1	0,044746	-0,646176
			(0,12426)	(-2,77556)*
Constante	-0,350454	-0,349978		

Entre paréntesis se muestra el *t*-ratio asociado a cada coeficiente estimado de la matriz α

(*) Indica significación del coeficiente al 10%.

Fuente: Elaboración propia.

No obstante, los resultados anteriores solo eran orientativos, por lo que se debía comprobar si se mantiene el liderazgo de Italia en un contexto de prefecta integración de los mercados. Así, el contraste simultáneo de las hipótesis integración perfecta y exogeneidad débil del precio de Italia lleva aceptar ambas hipótesis de manera simultánea (*p*-valor = 0,421583).

Tabla 8. Estimación del espacio de cointegración (Alternativa 2: Italia líder)
Table 8. Estimating of the cointegrating space (Alternative 2: Italy leader)

	Matriz β		Matriz α	
Precio	Vector 1	Vector 2	Columna 1	Columna 1
España	1	0	-0,535339	0,234571
			(-1,70411)*	(1,08139)
Italia	-1,0322	-0,975309	0,28628	0,097281
			(-1,083539)	(0,53324)
Grecia	0	1	0,567211	-0,646176
			(1,6823)*	(-2,77556)*
Constante	0,361739	-0,008177		

Entre paréntesis se muestra el *t*-ratio asociado a cada coeficiente estimado de la matriz α

(*) Indica significación del coeficiente al 10%.

Fuente: Elaboración propia.

Relaciones dinámicas a corto plazo

Una vez analizado el largo plazo para el mercado considerado, se estudian las relaciones dinámicas a corto plazo. Como las series de precios implicadas en dicho mercado están cointegradas es preferible realizar el análisis mediante las Funciones Impulso-Respuesta Generalizadas (FIRG). Así, las figuras 3 (a)-(c) recogen las respuestas de las series de precios ante un *shock* no previsto en cada una de ellas imponiendo el cumplimiento de la transmisión perfecta entre los precios y que Italia es un mercado líder.

En primer lugar, ante un *shock* inesperado en el precio de España (Figura 3b) las respuestas del propio precio y del precio de Grecia son positivas e inmediatas, siendo de mayor magnitud la del precio español en el primer año. A partir del segundo año la respuesta griega es ligeramente superior a la española para acabar ambas alcanzando el equilibrio a partir del 5º año.

Por otro lado, un shock en el precio de Grecia (Figura 3c) genera una reacción positiva e inmediata de gran magnitud en el propio precio y de menor magnitud en el de España. Como en el caso anterior, transcurridos 5 años las respuestas se estabilizan en la tendencia que marca el precio de Italia.

Finalmente, hay que reseñar que la respuesta de Italia ante *shocks* inesperados en los precios de cada mercado es claramente de mayor magnitud en el caso de un *shock* en el propio precio italiano. En los otros dos casos, la respuesta es de menor magnitud, pudiendo llegar a ser estadísticamente no significativa, lo que refuerza la consideración de Italia como mercado líder. Más concretamente, un posible shock en el precio de Italia, como muestra la Figura 3a, genera una reacción positiva e inmediata sobre los precios de España y Grecia, con tendencia a estabilizarse a partir del 5º año. Esto significa que una variación inesperada en el precio de Italia tiene un efecto permanente en el resto de mercados. Por tanto, es el precio de Italia el que marca la tendencia común que, de acuerdo con los resultados del análisis de cointegración, existe entre los precios de los tres mercados, lo que refuerza su posición de liderazgo.

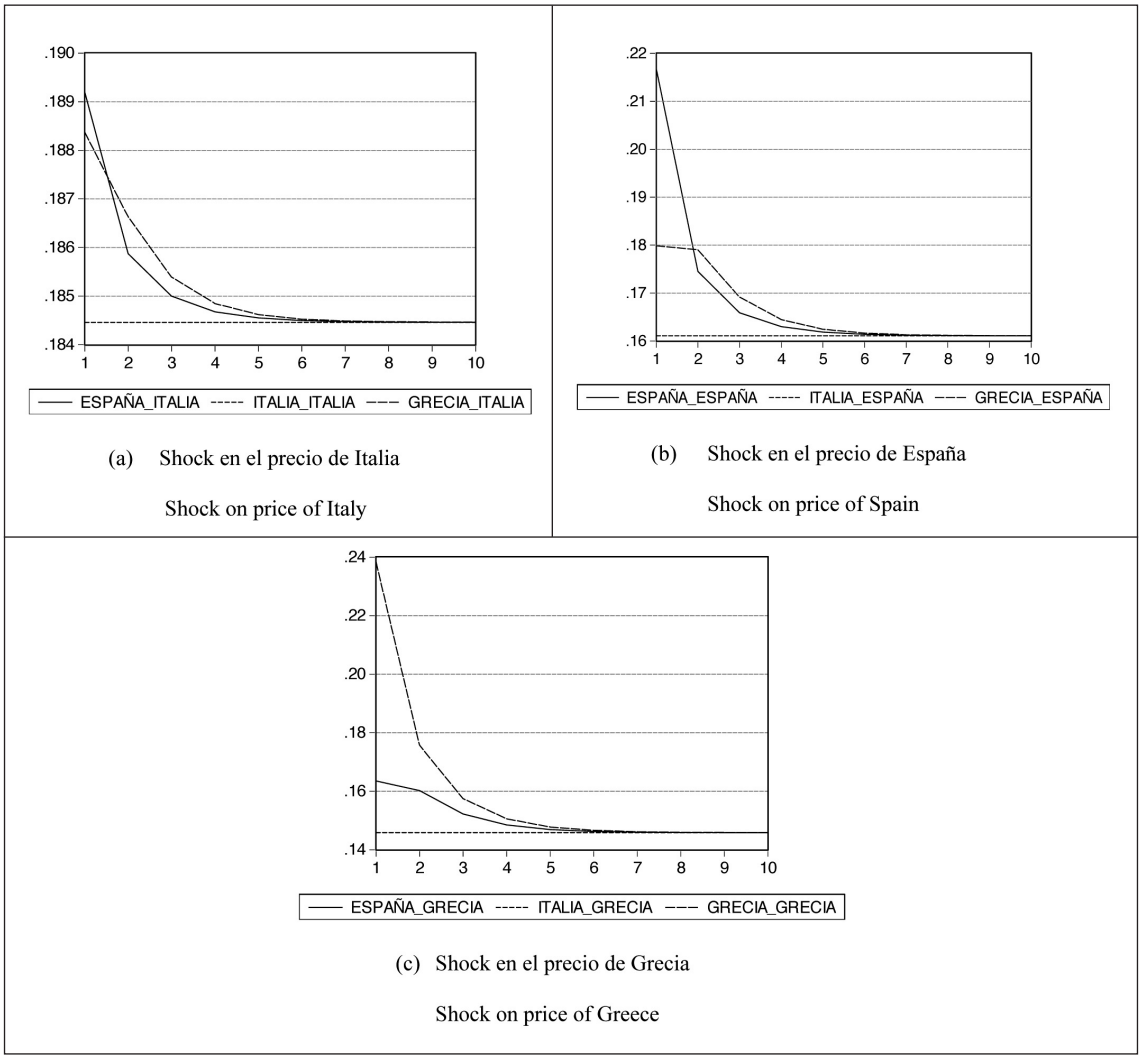


Figura 3. Shock en el precio en cada uno de los países.
Figure 3. Shock on the prices.

Conclusiones

El estudio de las series de precios de aceite de oliva realizado en este trabajo de los tres principales mercados de producción y exportación mundiales (España, Italia y Grecia), ha permitido comprobar su deambular alrededor de una tendencia lineal creciente a lo largo del período considerado (1961 a 2007). El análisis de las mismas ha permitido concluir que dicha tendencia se debe a la presencia de una raíz unitaria y un término constante en el mecanismo generador de cada serie, lo que implica ausencia de tendencias deterministas explícitas en dicho mecanismo.

En el aspecto del comportamiento conjunto se han encontrado dos relaciones de cointegración entre las tres series de precios. Esto representa de un alto grado de integración que confiere al mercado una gran fortaleza y estabilidad y es indicativo de que los mercados son globalmente eficientes, no solo de forma interna sino también en cuanto a sus posibles interrelaciones. Esta eficiencia global se traducirá en que, a largo plazo, los precios en los diferentes mercados se mueven en la misma dirección existiendo una única tendencia común.

Asimismo, se comprueba que la integración entre los mercados es perfecta, pues las diferentes parejas de precios verifican la paridad (1,-1). Esto supone una transmisión completa, a largo plazo, de los precios entre los tres mercados, es decir, ante los cambios en alguno de los tres precios, los demás reaccionarán igualándose (deducidos los costes de transferencia) a largo plazo, de forma que las desviaciones con respecto a la situación de equilibrio se pueden considerar transitorias. En este contexto de integración perfecta, el precio de Italia resulta exógeno débil, lo que lo sitúa como mercado dominante. Esto indica que el precio de Italia no se ve afectado por shocks inesperados en los precios de España y Grecia.

Así, de un lado podemos señalar la presencia de un arbitraje perfecto a largo plazo, el cual actúa de cierta manera como un seguro de estabilidad en los precios, amortiguando las importantes oscilaciones que serían de esperar en un producto como el aceite, donde fenómenos como la vecería o los años de sequía dan lugar a una producción variable en cada uno de los principales países productores.

De otro, la constatación del liderazgo de Italia en la formación de precios del aceite en el mercado internacional lleva a plantearse la necesidad de una revisión de las estrategias comerciales del sector español, que no ve que su enorme liderazgo en la producción mundial de lugar a un peso equivalente en la formación del mercado mundial, ya que se da la paradoja que nuestro principal cliente es a su vez nuestro principal competidor en el mercado mundial, y es gracias a esta compras de aceite español con las que Italia obtiene su preponderancia. Esta situación ha venido dada en parte por el importante aumento de producción que se ha dado en España en las últimas dos décadas, donde el principal objetivo de las productoras de aceite ha sido en muchas ocasiones más encontrar un cliente al que asegurar colocar el producto que ejercer de líder en los mercados, habiéndose creado un estructura de mercado doblemente oligopsonista: la gran distribución nacional (Langreo, 2010) y las envasadoras italianas.

Son las políticas comerciales de diferenciación de productos y de calidad la gran baza de competencia directa del aceite español (Dios y Martínez-Paz, 2011). La promoción internacional de las Denominaciones de Origen españolas como sinónimo de calidad (Mesías *et al.*, 2012) frente a las ventas de aceites mezclados que realiza el país transalpino. A su vez una regulación más rigurosa de las políticas comunes de etiquetado en la UE para este producto sería también un elemento útil para esta línea de acción de promoción del aceite de oliva español.

De otro lado la colaboración específica de la pequeña y media industria extractiva de aceite de oliva puede conseguir la generación de ventajas competitivas dinámicas (Lanzas y Moral, 2010) para rentabilizar el importante potencial del mercado internacional, que también debería contar con el apoyo específico de las administraciones públicas para su entrada en los mercados emergentes, como ya hizo el Plan de Promoción Internacional del Aceite de Oliva Español en 2011, con importantes y exitosas campañas en Estados Unidos, China, Australia o los países de la Europa del Este, entre otros.

Bibliografía

AAO, 2013. Agencia para el Aceite de Oliva. Disponible en http://aplicaciones.magrama.es/pwAgenciaAO/ (7 abril 2013).

Abdulai A, 2000. Spatial price transmission and asymmetry in the Ghanaian maize market. Journal of Development Studies 63: 327-349.

Alimarket, 2011. El aceite de oliva español bate un nuevo récord de exportación. Alimarket. Noticia. Aceites. 27 octubre 2011.

Alonso J, Arcila A, 2012. Un modelo de predicciones diarias para contratos de futuros de azúcar. Revista Economía & Region 6 (2): 33-51.

Antelo, AB, 2012. Aceites: el precio condiciona el desarrollo del sector. Alimarket 257: 76-93.

Baffes J, Ajwad M, 2001. Identifying price linkages: a review of the literature and an application to the world market of cotton. Applied Economics 33: 1927-1941.

Barrett C, 2001. Measuring integration and efficiency in international agricultural markets. Review of Agricultural Economics 23: 19-32.

Barrett C, Li J, 2002. Distinguishing between equilibrium and integration in spatial price analysis. American Journal of Agricultural Economics 84: 292-307.

Ben Kaabia M, Gil, JM, 2008. Modelling import demand systems with nonstationary data: an application to the French imports of virgin olive oil. European Association of Agricultural Economists, 107th Seminar, Sevilla, Spain.

Boshnjaku L, Ben-Kaabia M, Gil JM, 2003. Transmisión de precios en los mercados regionales de ovino en España. Economía Agraria y Recursos Naturales 3(1): 71-103.

Brester G, Goodwin B, 1993. Vertical and Horizontal Price Linkages and Market Concentration in the U.S. Wheat Milling Industry. Review of Agricultural Economics 15(3): 507-519.

Dickey D, Jansen D, Thornton D, 1991. A primer on cointegration with an application to money and income. Federal Reserve Bank of St. Louis Review 73: 58-78.

Dios R, Roldán J, 2006. A strategy for testing the unit root in AR(1) model with intercept. A Monte Carlo experiment. Journal of Statistical Planning and Inference 136(8): 2685-2705.

Dios-Palomares R, Martínez-Paz JM, 2011. Technical, quality and environmental efficiency of the olive oil industry. Food Policy 36(4): 526-534.

Engle R, Granger C, 1987. Co-integration and error correction: representation, estimation and testing. Econometrica 55: 251-276.

Fackler, P, Goodwin, B, 2001. Spatial price analysis. In Gardner B, Rausser B, Handbook of Agricultural Economics, vol. 1B, ed. Amsterdam: Elsevier.

FAO, 2012. Food and Agriculture Organization statistical database. Disponible en http://faostat.fao.org/ (20 julio 2012).

Gil JM, Clemente J, Montañes A, Reyes M, 1996. Integración espacial y cointegración: una aplicación al mercado de cereales en España. Estudios de economía aplicada 6: 103-130.

Gil JM , Dhehibi B, Kaabia M, Angulo A, 2004. Non-stationarity and the import demand for virgin olive oil in the European Union. Applied Economics 36: 1859-1869.

Goodwin B, Schroeder T, 1991. Cointegration tests and spatial price linkages in regional cattle markets. American Journal of Agricultural Economics 73(2): 452-464.

Gutiérrez M, Vega M, 2009. La dinámica del mercado de origen de los aceites de oliva: una aproximación a partir de la teoría de la cointegración. Consejo Económico y Social de la Provincia de Jaén, Jaén, 120 pp.

Gutiérrez M, 2012. La transmisión de precios en la cadena agroalimentaria: el mercado español de los aceites de oliva. Tesis doctoral. Universidad de Jaén. 440 pp.

ICEX, 2012. Información sectorial de alimentos: aceite de oliva. División de Productos Agroalimentarios, Instituto Español de Comercio Exterior, Madrid. http://www.icex.es

IOC, 2012. International Olive Council. World Olive Oil Figures http://www.internationaloliveoil.org/

Johansen S, 1988. Statistical analysis of cointegration vectors. Journal of Economic Dynamics and Control 12: 231-254.

Johansen S, 1995. Likelihood-based Inference in Cointegrated Vector Autoregressive Models. Oxford University Press.

Koehler A, Murphree E, 1988. A Comparison of the Akaike and Schwarz Criteria for Selecting Model Order. Journal of the Royal Statistical Society, Series C, 37: 187-195.

Langreo, A, 2002. Los mercados de graneles de aceite de oliva en España. Distribucion y Consumo, Noviembre-Diciembre: 108-117.

Langreo A, 2010. La estrategia empresarial en el sector del aceite de oliva y su evolución desde la transición política. Revista de Estudios Empresariales. Segunda época. 1: 7-31.

Lanzas J, Moral E, 2010. Mercados estratégicos para la promoción del aceite de oliva virgen español. Revista de Estudios Empresariales. Segunda época. 1: 85-102.

Mackinnon JG, Haug A, Michelis L, 1999. Numerical distribution functions of likelihood ratio tests for cointegration. Journal of Applied Econometrics 14(5): 563-577.

MAGRAMA, 2013. Avances de superficies y producciones de cultivos: Enero 2013. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid.

Martínez-Carrasco F, 2004. Selection of marketing channels by intensive horticultural crop growers in Almería. Spanish Journal of Agricultural Research 2 (1): 27-33.

Mesias-Díaz, F, Martínez-Carrasco F, Martínez-Paz JM, Gaspar P, 2012. Consumer knowledge, consumption, and willingness to pay for organic tomatoes. British Food Journal 114 (3): 318-334.

Nielsen, M, 2005. Price formation and market integration on the European first-hand market for whitefish. Marine Resource Economics 20: 185-202.

Parras M, Senise O, Torres F, 2003. Comercialización de aceites de oliva y concentración de la oferta: estado de la cuestión. Boletín del Instituto de Estudios Giennenses 185: 355-372.

Parras-Rosa M, Vega-Zamora M, Torres-Ruiz F, Murgado-Armenteros E, Gutiérrez-Salcedo M, 2013. Posicionamiento de envases en el mercado del aceite de oliva virgen extra: un estudio exploratorio. Información Técnica Económica Agraria 109 (1): 107-123.

Rapsomanikis G, Hallam D, Conforti1 P, 2004. Market integration and price transmission in selected food and cash crop markets of developing countries: review and applications in FAO, Commodity Market Review 2003-2004 51-77. FAO. Roma.

Roldan J, Dios R, 2008. Ley de precio único en el mercado español del aceite de oliva. Economía Agraria y Recursos Naturales 8(1) 37-55.

Roldán J, 2000. Análisis sobre la detección de raíces unitarias desde la perspectiva de la no similaridad. Estudio de integración en el mercado del aceite de oliva. Tesis doctoral, Universidad de Córdoba.

Sanjuán A, Gil J, 2001. Price transmission analysis: a flexible methodological approach applied to European pork and lamb markets. Applied Economics 33: 123-131.

Silvapulle P, Jayasuriya S, 1994. Testing for Philippines rice market integration: a multiple cointegration approach. Journal of Agricultural Economics 45(3): 369-380.

(Aceptado para publicación el 26 de abril de 2013)

Estructura de preferencias de los consumidores de carne de cordero en Castilla-La Mancha

M. Díaz*,1, A. Prieto* y R. Bernabéu*,**

* Instituto de Desarrollo Regional, Universidad de Castilla-La Mancha, Campus Universitario s/n 02071 Albacete (Spain)

** Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad de Castilla-La Mancha, Campus Universitario s/n 02071 Albacete (Spain)

Resumen

Las indicaciones geográficas constituyen un sistema de diferenciación y de reconocimiento de una calidad superior como consecuencia de unas características propias debidas al medio geográfico en el que se elaboran los productos y a la influencia del factor humano que participa en los mismos, como es el caso de la Indicación Geográfica Protegida Cordero Manchego. No obstante, esta diferenciación no parece resultar suficiente para incrementar el consumo de carne de cordero y por ello, parece conveniente analizar otros elementos diferenciadores complementarios que puedan favorecer su consumo. Con el objetivo de detectar esos otros elementos, se ha realizado un análisis multivariante de las preferencias mediante muestreo a 421 consumidores de carne de cordero en Castilla-La Mancha. De los resultados obtenidos se desprende que el consumidor de Castilla-La Mancha sigue basando su consumo de carne de cordero en el origen y tipo de carne, más que en el distintivo ecológico, pudiendo llegar su máxima disposición al pago por carne de cordero ecológico hasta un 38,45% más respecto a la carne de producción convencional. Como estrategia de comercialización se propone que se incorpore el sello ecológico a la carne de cordero ternasco actuando como elemento diferenciador respecto a la carne de cordero lechal, que es la preferida.

Palabras clave: Comportamiento del consumidor, diferenciación de productos, cordero, ecológico, máxima disposición al pago, marketing agroalimentario.

Abstract
Lamb meat consumer preference structure in Castilla-La Mancha

Geographical indications make up a system of differentiation and identification of a superior quality as the consequence of special characteristics due to the geographical environment in which the products are produced and the influence of the human factor that participates in them, as is the case of the Manchego Lamb Protected Geographical Indication. However, this differentiation does not seem sufficient to increase the consumption of this PGI lamb meat. Therefore, it seems fitting to analyse other complementary differentiating elements that can further its consumption, such as the case of organic lamb, and at the same time, to determine what would be the maximum willingness to pay for organic compared to conventional lamb. Therefore a multivariate analysis was made of the preferences through a survey of 421 lamb consumers in Castilla-La Mancha. The result is that Castilla-La Mancha consumers continue basing their lamb consumption preferences on origin and type, more than on the organic characteristic. Maximum willingness to pay for organic lamb could reach up to 38.45% compared to the con-

1. Autor para correspondencia: Monica.Diaz@uclm.es

http://dx.doi.org/10.12706/itea.2013.029

ventional type, and more in ternasco than in suckling lamb meat. A proposed commercialization strategy is for the organic seal to be incorporated in ternasco lamb as a differentiating element compared to suckling lamb, which is the most preferred type.

Key words: Consumer behaviour, product differentiation, lamb, organic, maximum willingness to pay, food marketing.

Introducción

El ganado ovino, presencia habitual en los paisajes agroclimáticos menos favorables, resulta esencial para mantener la actividad agraria en zonas con limitaciones específicas dada la buena adaptación al medio de las razas tradicionales y el manejo bajo regímenes sostenibles basados en técnicas de explotación extensiva o semiextensiva. La cabaña de ovino resulta esencial tanto para asegurar la cohesión del tejido rural, como para evitar la degradación de hábitats. Deben destacarse los factores positivos ligados al manejo sostenible de rebaños de ovino y caprino, ya que gracias a su buena adaptación al medio, contribuyen a mantener en buenas condiciones agroambientales el medio rural a través de su fuerte vínculo con el territorio, asegurando la presencia humana en las zonas rurales menos favorecidas (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009).

Los mayores productores de ganado ovino en la Unión Europea durante el año 2010 fueron: Reino Unido, España y Grecia, por ese orden. En relación al censo de la UE-27, el conjunto de efectivos de ovino en España alcanza el 22,5% del total y es superado únicamente por Reino Unido, con el 24,9%. Destaca el hecho de que ambos Estados miembros cuentan con cerca de la mitad de la cabaña comunitaria, con sistemas productivos de diferente filosofía basado el primero en explotación mixta y el segundo en el pastoreo extensivo (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2011).

De los 17 millones de cabezas de ovino censadas en España en 2011 y por Comunidades Autónomas, las más importantes son: Extremadura (20,6%), Castilla-León (19,3%), y Castilla-La Mancha (15,6%) (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2012a). Con respecto a la ganadería ecológica, en 2010 en España había censadas 443.102 cabezas de ganado ovino, de éstas 59.142 estaban en Castilla-La Mancha suponiendo el 13,35% del total nacional (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2012b).

Por otro lado, el consumo per cápita de carne de ovino en los hogares españoles en 2011 fue 2,1 kg (7,1% menos que el año anterior) que representa el 4,0% del total de carne consumida por cada español. Las Comunidades Autónomas más consumidoras son Aragón (5,6 kg), Castilla y León (4,1 kg) y La Rioja (4 kg), mientras que el gasto per cápita de los hogares en carne de cordero fue de 21,7 € (3,1% menos que el año anterior), que supone el 6,4% del valor total de la carne consumida por un español a lo largo del año 2011 (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2012c).

En relación a las posibles estrategias comerciales para la carne de cordero, una posible forma de diferenciación sería recurrir a las figuras de calidad diferenciada. Los productos calidad diferenciada comercializados bajo estas figuras están protegidos por el Reglamento 1151/2012 de la Unión Europea que garantiza el cumplimiento de unos requisitos superiores a los exigidos para el resto de productos, así dos de estas figuras, las Denominaciones de Origen e Indicaciones Geográficas Protegidas constituyen, por tanto, un sistema

para el reconocimiento de una calidad superior. Los productos que están protegidos por la Denominación de Origen Protegida son aquellos cuya calidad o características se deben al medio geográfico y cuya producción, transformación y elaboración se realiza siempre en esa zona geográfica delimitada de la que toman el nombre. Los productos con una Indicación Geográfica Protegida (I.G.P.) poseen alguna cualidad determinada o reputación u otra característica que pueda atribuirse a un origen geográfico y cuya producción, transformación o elaboración se realice en la zona geográfica delimitada de la que también toma su nombre. Actualmente existen en España seis Indicaciones Geográficas Protegidas de carne de cordero: Cordero de Extremadura, Cordero de Navarra, Lechazo de Castilla y León, Ternasco de Aragón, Cordero Manchego y Cordero Segureño, siendo estas dos últimas de Castilla-La Mancha (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2013).

Otra manera de diferenciar los alimentos es el distintivo ecológico. Este distintivo está adquiriendo cada vez más importancia, en parte porque es garantía de calidad y al mismo tiempo porque asegura un sistema de producción respetuoso con el medio ambiente. La producción ecológica persigue los siguientes objetivos generales: asegurar un sistema viable de gestión agrario, obtener productos de alta calidad y obtener una amplia variedad de alimentos y otros productos agrícolas que respondan a la demanda de los consumidores de productos obtenidos mediante procesos que no dañen el medio ambiente, la salud humana, la salud y el bienestar de los animales ni la salud de las plantas (Comisión Europea, 2007).

No obstante, puesto que estas formulas de diferenciación no parecen resultar suficientes para incrementar el consumo, sería necesario proponer otras estrategias de comercialización. Con el fin de encontrar nuevas estrategias, se analizará la estructura de preferencias del consumidor, como ya se ha hecho con los productos ecológicos (Brugarolas *et al.*, 1997; Gracia *et al.*, 1998; Brugarolas, 1999; Bernabéu *et al.*, 2002; Sánchez *et al.*, 2002) y productos cárnicos (Mesías *et al.*, 1997; Rivera y López, 2001; Sánchez *et al.*, 2001a).

En definitiva, la Comunidad de Castilla-La Mancha es una región con una importante cabaña ganadera ovina, así como, con una incipiente producción ecológica y cuenta, además, con dos I.G.P. para la carne de ovino. Por otro lado, tanto el gasto, como el consumo per cápita en los hogares castellano-manchegos de carne de cordero son inferiores a los de la media nacional y además, se sitúan en descenso.

Así pues, este trabajo persigue los siguientes objetivos; en primer lugar, conocer la estructura de preferencias del consumidor de cordero en sus decisiones de compra, determinando la importancia relativa que tiene el atributo ecológico como elemento diferenciador, en segundo lugar, realizar una segmentación de consumidores en función de dichas preferencias y en tercer lugar, determinar cuál es la máxima disposición al pago que tienen los consumidores por la carne de cordero ecológico respecto a otra convencional.

Material y métodos

En este trabajo se ha encuestado a 421 consumidores de carne de cordero en Castilla-La Mancha en enero de 2009. Las encuestas se han llevado a cabo en los núcleos de población siguientes: Albacete, Ciudad Real, Cuenca, Guadalajara, Toledo así como en Puertollano y Talavera de la Reina, dadas las características de población de estas dos últimas ciudades en el concierto regional (son los núcleos poblacionales más importantes de Castilla-La Mancha, exceptuando las capitales de provincia). Para el diseño de la muestra se utili-

zaron los datos de población de Castilla-La Mancha del año 2007 según el Instituto Nacional de Estadística (Instituto Nacional de Estadística, 2008). El muestreo se realizó de forma aleatoria y estratificada, por sexo y grupo de edad (entre 18 y 24 años, 25 y 34 años, 35 y 49 años, 50 y 64 años y más de 64 años) a personas que se disponían a comprar alimentos para su consumo en el hogar en supermercados e hipermercados. El nivel de error máximo admitido es de 4,87% considerando un nivel de confianza al 95,5% (p = q = 0,5; k = 2), tal y como se aprecia en la ficha técnica (Tabla 1).

Tabla 1. Ficha técnica
Table 1. Technical card

Ámbito	Castilla-La Mancha
Universo	Consumidores de cordero mayores de edad
Tamaño muestral	421 encuestas
Error muestral	±4,87%
Nivel de confianza	95,5% (k = 2)
Muestreo	Aleatorio estratificado con afijación proporcional por población, *Sexo* y edad
Control	De coherencia y estabilidad
Cuestionario previo	Prestest a 25 personas
Trabajo de campo	Enero de 2009

Fuente: Elaboración propia.

El estudio se ha centrado en consumidores actuales y potenciales de alimentos ecológicos (es decir, aquellos que no son consumidores de alimentos ecológicos pero tienen una predisposición favorable a su consumo). Las características socioeconómicas de la muestra y de la población total se recogen en la Tabla 2.

El cuestionario definitivo está dividido en cinco apartados temáticos: 1) características de consumo de alimentos ecológicos, 2) disposición máxima al pago, 3) actitudes de compra, 4) distintas afirmaciones sobre los estilos de vida de los consumidores y 5) características socioeconómicas del consumidor. Dentro de las preguntas relativas al consumo de cordero, se incluyeron las encaminadas a detectar los objetivos propuestos: la composición y formación de las preferencias de los consumidores en función de la importancia que conceden a los distintos atributos de la carne de cordero considerada y la disposición máxima al pago por la carne de cordero ecológico respecto a otro convencional.

Respecto a la técnica de análisis utilizada para determinar las preferencias del consumidor, se puede decir que existen dos modelos: los modelos composicionales (Wilkie y Pessemier, 1973), en los que el entrevistado proporciona su opinión sobre los diferentes atributos de un mismo producto, con lo que se estima la utilidad global del mismo por agregación, y los modelos descomposicionales, entre los que se encuentra el Análisis Conjunto (Green y Rao, 1971), en los que el sujeto informa de la preferencia global del perfil de un producto, estimando el investigador la importancia de cada uno de los atributos en la percepción global del sujeto (Vázquez, 1990).

En los últimos años, una de las técnicas más utilizadas por las empresas para la evaluación de preferencias es el análisis conjunto (Múgica, 1989; Vázquez, 1990; Martínez-Carrasco *et al.*, 2005), que se ha aplicado tanto a problemas de diseño de productos como de segmentación de mercados, simulación de cuotas de mercado para distintos productos competidores, etc. (Gracia *et al.*, 1998). Por tanto, el método de Análisis Conjunto se ha convertido en una importante herramienta en la evaluación de las preferencias asignadas por un consumidor a los diferentes atributos que componen un bien (Ruiz de Maya y Munuera, 1993). Parte de la hipótesis de que la conducta de compra puede interpretarse como una elección entre diferentes productos o marcas

Tabla 2. Características socioeconómicas de la muestra (%)
Table 2. Sample socio-economic characteristics of the subjects participating to the consumer panel (%)

Variables		Castilla-La Mancha	
		Población[1]	Muestra
Sexo	*Hombre*	50,4	50,1
	Mujer	49,6	49,9
Edad	*De 18 a 24 años*	10,2	12,1
	De 25 a 34 años	19,2	19,7
	De 35 a 49 años	29,2	23,0
	De 50 a 64 años	19,7	23,0
	Mayor de 64 años	21,7	22,1
Nivel de estudios	*Elemental*	36,6	11,6
	Medio	44,6	39,9
	Superior	18,8	48,2
Actividad laboral	*Ama de casa*	17,7	12,4
	Asalariado	36,4	50,4
	Estudiante	6,9	8,1
	Empresario	8,1	12,1
	Jubilado	12,8	15,0
	Otros	18,1	2,1
Renta familiar mensual	*< 900 €*	17,3	11,4
	De 900 € a 1.500 €	28,8	32,8
	De 1.500 € a 2.100 €	12,9	27,3
	De 2.100 € a 3.000 €	20,9	18,5
	>3.000 €	20,1	10,0
Provincia	*Albacete*	19,9	20,0
	Ciudad Real	24,3	25,4
	Cuenca	10,7	10,9
	Guadalajara	12,0	11,2
	Toledo	33,1	32,5
Ámbito de residencia[2]	*Urbano*	84,9	93,8
	Rural	15,1	6,2

[1] Instituto Nacional de Estadística (INE, 2012) y Servicio de Estadística de Castilla-La Mancha (SECLM, 2012).
[2] Se consideran núcleos urbanos a los núcleos con una población superior a 2.000 habitantes.

que, a su vez, poseen un conjunto de atributos o características diferenciadas.

En el caso del presente estudio y para el caso de la carne de cordero, a través de la bibliografía existente (Sánchez *et al.*, 2001a; Bernabéu y Tendero, 2004 y 2005; García, 2005; Ulloa y Gil, 2007 y 2008), entrevistas con expertos de diversos ámbitos (empresarial, institucional e investigador)[2] y de un cuestionario previo se han seleccionado los atributos y niveles más representativos del proceso de compra de cordero por el consumidor. Los atributos (y sus niveles) identificados como más importantes han sido: el precio (14 €/kg, 18 €/kg y 22 €/kg)[3], el tipo de carne (lechal, ternasco y cebo), el origen (Castilla-La Mancha, nacional y extranjero) y, finalmente, el sistema de producción (ecológico y convencional). Con estos cuatro atributos y sus once niveles se han obtenido 54 perfiles, lo que supone un número elevado de productos a mostrar al consumidor, por lo que se ha utilizado un diseño ortogonal (SPSS, 2008) que ha permitido reducir las combinaciones a nueve. La elección de un diseño ortogonal frente a la presentación de todas las combinaciones posibles de productos limita la obtención de información únicamente a los efectos principales de los atributos, eliminando las interacciones (ya que éstas explican menos del 10% sobre el total de las preferencias). Adicionalmente, presenta la ventaja de poder ofrecer sólo nueve productos a cada encuestado, estimándose que esta ventaja supera a dicho inconveniente (Kirk, 1982; Braña *et al.*, 1995). Los 9 perfiles obtenidos se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Tarjetas de productos hipotéticos expuestos a los encuestados
Table 3. Hypothetical products cards shown to those surveyed

Nº Tarjeta	Precio	Tipo de carne	Origen	Sistema
1	22 €/kg	Lechal	Nacional	Convencional
2	22 €/kg	Cebo	Extranjero	Ecológico
3	18 €/kg	Lechal	CLM	Ecológico
4	18 €/kg	Ternasco	Extranjero	Convencional
5	18 €/kg	Cebo	Nacional	Convencional
6	14 €/kg	Lechal	Extranjero	Convencional
7	14 €/kg	Cebo	CLM	Convencional
8	22 €/kg	Ternasco	CLM	Convencional
9	14 €/kg	Ternasco	Nacional	Ecológico

Fuente: Elaboración propia.

2. En el ámbito empresarial se entrevistaron a gerentes y técnicos de empresas del sector; en el institucional, a técnicos del sector de la Administración y, finalmente, en el ámbito investigador, a investigadores de Universidad.

3. En cuando al precio se ha considerado un rango medio de precios de venta en el que es posible encontrar los distintos tipos de carne de cordero (lechal, ternasco, cebo), en diferentes superficies comerciales de Castilla-La Mancha.

Una vez diseñadas las tarjetas de las carnes de cordero hipotéticas, éstas se presentaron a cada uno de los encuestados, quienes asignaron una puntuación de 1 a 10 a cada tarjeta en función de sus preferencias declaradas, con posibilidad de repetir puntuación en más de una tarjeta, correspondiendo el 1 al menor grado de preferencia y el 10 al mayor grado de preferencia (método de perfil completo), con el objeto de descubrir qué características presentan una mayor influencia sobre la preferencia total de la carne de cordero en cuestión, así como la importancia relativa de cada atributo.

La especificación del modelo de Análisis Conjunto parte de la hipótesis de que las preferencias de las personas entrevistadas, o la valoración global de la carne de cordero se obtiene a partir de las puntuaciones individuales de cada atributo, de tal manera que la suma de dichas puntuaciones genera la valoración global (Steenkamp, 1987). Se partió de un modelo aditivo ya que explica, en casi todos los casos, un porcentaje muy elevado (entre el 80% ó 90%) de la variación de la preferencia de los individuos (Hair *et al.*, 1999). Su formulación se muestra en la siguiente ecuación:

$$Valoración = \beta_0 + \sum_{i=1}^{3}\beta_i D_{1i} + \sum_{j=1}^{3}\beta_j D_{2j} + \sum_{k=1}^{3}\beta_k D_{3k} + \sum_{l=1}^{2}\beta_l D_{4l}$$

donde β_{1i}, β_{2j}, β_{3k} y β_{4l} son los coeficientes asociados a los niveles i (i = 1,2,3); j (j = 1,2,3), k (k = 1,2,3), y l (l = 1,2) de los atributos precio (1), tipo (2), origen (3) y sistema (4), respectivamente, y donde D_{1i}, D_{2j}, D_{3k} y D_{4l} son las variables ficticias por cada atributo, considerando los niveles de cada atributo como categóricos.

El resultado final del programa Conjoint permite estimar las utilidades parciales de cada uno de los atributos y la utilidad total de cada perfil. Una vez obtenidos los resultados anteriores, es posible estimar la importancia relativa (IR) de los atributos, así como la proporción de rango asignada a cada atributo sobre la variación de rangos total (Halbrendt *et al.*, 1991; Hair *et al.*, 1999);

$$IR(\%) = \frac{\max U_i - \min U_i}{\sum\left(\max U_i - \min U_i\right)} \times 100$$

donde: IR, es la importancia relativa, max U_i, es la utilidad máxima, min U_i es la utilidad mínima.

Posteriormente y en función de la importancia relativa de los atributos, se realizó un análisis multivariante de segmentación de conglomerados de K-medias sobre la estructura de preferencias (precio, tipo, origen y sistema) utilizando el algoritmo Quick Segmentation Analysis (SPSS, 2008).

Para determinar la máxima disposición al pago (MDP) se utilizó la regresión logística. La regresión logística es una técnica multivariante por medio de la cual se pretende estudiar las relaciones de asociación entre una variable dicotómica y una o varias variables independientes (cuantitativas o categóricas). El método de valoración contingente (MVC) consiste en preguntar a un grupo de personas cuánto estarían dispuestas a pagar para obtener un determinado bien, o como hicieron Bishop y Heberlein (1979), en plantear si a un precio determinado el consumidor estaría dispuesto a adquirir un determinado bien. En la década de los ochenta del siglo pasado, creció con rapidez el interés por el MVC, siendo Hanemann (1984) el que estableció las bases teóricas para su posterior aplicación. El número de aplicaciones, especialmente en productos de carácter agroalimentario, ha aumentado considerablemente en los últimos años (Ruiz e Iglesias, 1998; Gil *et al.*, 2000; Sánchez *et al.*, 2001b; Barrera y Sánchez, 2006; Bernabéu *et al.*, 2009; Mesias *et al.*, 2011).

La propuesta de Hanemann (1984) es el método más habitual para calcular la máxima disposición al pago. Según este autor, existe una relación entre los modelos de respuesta

dicotómica y la teoría de la maximización de la utilidad que permite calcular la disposición a pagar por un bien como medida del bienestar de los individuos, partiendo de la consideración de que el consumidor conoce, con certeza, su función de utilidad inicial.

Para calcular la diferencia de precio entre el cordero ecológico y convencional, el consumidor responde a una serie de preguntas sobre la disposición al pago. Siguiendo a Gil *et al.* (2000) se opta por una forma mixta, con preguntas de tipo binario y preguntas con formato abierto (Tabla 4). La primera pregunta consiste en averiguar si el encuestado está dispuesto o no a pagar un determinado sobreprecio (10%, 25%, 50% y 100% por encima del precio de la carne de cordero convencional), estableciendo aleatoria y proporcionalmente cuatro grupos para cada uno de los incrementos de precio. Dependiendo de si la respuesta a la pregunta anterior ha sido positiva o negativa, se le formula una nueva pregunta, en el sentido de que indique cuanto más estaría dispuesto a pagar, en el primer caso, y cuál sería el máximo sobreprecio que estaría dispuesto a pagar en el segundo caso.

Tabla 4. Ejemplo de modelo de tarjeta presentada a los consumidores
Table 4. Example of card presented to consumers

Dados los precios de referencia de distintos tipos de carne de cordero, ¿estaría dispuesto a pagar un (10%, 25%, 50%, 100%) más por carne de cordero ecológica que por otra convencional?

Si la respuesta es positiva, indique cuánto más

Si la respuesta es negativa, indique hasta cuánto estaría dispuesto a pagar más

Tipo de cordero	Precio de referencia	SÍ	NO	¿Cuánto?
Lechal	22 €/kg			
Ternasco	18 €/ kg			
Cebo	14 €/ kg			

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con Hanemann (1984), la MDP se calcula mediante la estimación de la siguiente función logarítmica:

$$D_i = \frac{1}{1+\ell^{-(a+bA_i)}} + u_i$$

donde D_i es una variable dicotómica que toma el valor unitario si el consumidor está dispuesto a pagar el sobreprecio y cero en caso contrario, A_i recoge los precios de partida ofrecidos a los encuestados (10%, 25%, 50% y 100%), a y b son los parámetros a estimar y u_i el término de error. A partir de la función logarítmica anterior se calcula la disposición a pagar media de la siguiente manera:

$$E(MDP) = \int_0^{\infty} (1 - G_{MDP}(A))dA = \int_0^{\infty} (1 + e^{-(a+bA)})^{-1}$$

$$dA = -a/b$$

Resultados

Estructura de preferencias del consumidor de carne de cordero

Considerando la población total, el atributo con mayor IR es el tipo de carne (33,99%), seguido del origen (27,79%), del precio (20,92%) y del sistema de producción (17,30%). Las utilidades calculadas de cada uno de los niveles de los atributos, muestran que los consumidores de cordero se decantan por cordero lechal, a ser posible de origen castellanomanchego, con un precio bajo y elaborado ecológicamente (Tabla 5).

A partir de la importancia relativa concedida a los atributos se procedió a la segmentación de la población total, y se detectaron tres segmentos de consumidores que difieren en su estructura de preferencias hacia la carne de cordero. Se ha elegido una segmentación de tres segmentos porque es la única en la que aparecen diferencias significativas en todas las variables de segmentación consideradas.

El primer segmento (13,5% de los consumidores), valora sobre todo el origen; el segundo segmento (53,0% de los consumidores), considera como atributos más importante el tipo de carne y el origen aunque lo más desta-

Tabla 5. Utilidades asignadas a los niveles de los atributos
Table 5. Utilities assigned to attribute levels

Atributos y niveles	Población total		Segmento 1 (13,5%)[1]		Segmento 2 (53,0%)[1]		Segmento 3 (33,5%)[1]	
	IR (%)	Util.	IR (%)	Util.	IR (%)	Util.	IR (%)	Util.
Precio***	20,92		12,10		22,74		21,71	
14 €		0,416		0,119		0,454		0,476
18 €		-0,008		-0,068		-0,062		0,100
22 €		-0,408		-0,051		-0,392		-0,576
Tipo de carne***	33,99		15,80		27,41		51,46	
Lechal		1,218		0,277		1,067		1,831
Ternasco		0,002		0,195		-0,001		-0,072
Cebo		-1,220		-0,472		-1,066		-1,758
Origen***	27,79		61,65		25,79		17,19	
CLM		0,687		2,096		0,629		0,206
Nacional		0,470		0,832		0,545		0,209
Extranjero		-1,157		-2,928		-1,174		-0,415
Sistema***	17,30		10,45		24,07		9,65	
Convencional		-0,585		-0,387		-0,810		-0,318
Ecológico		0,585		-0,387		-0,810		-0,318

[1] Tamaño del segmento IR = Importancia Relativa.

*** Indica diferencias significativas con un error máximo de un 1%.

Fuente. Elaboración propia.

cado, es que el atributo sistema de producción es más valorado que en los demás segmentos, y el tercer segmento (33,5% de los consumidores) considera como atributo más importante el tipo de carne.

Se han encontrado diferencias significativas entre los consumidores de cordero de los tres segmentos en las IR asignadas a los atributos. El análisis de dichas diferencias revela que el precio más bajo (14 €) es valorado por encima de la media por los consumidores del segmento 2 y del segmento 3, y por debajo de la media por los consumidores del segmentos 1. El precio de 18 € es valorado negativamente por los segmentos 1 y 2 y positivamente por los consumidores del segmento 3. Las principales diferencias aparecen entre los segmentos 1 y 3, confirmándose que los consumidores que se orientan por el atributo tipo de carne al comprar cordero, conceden menos importancia a los precios altos que los consumidores que basan su decisión en el origen.

En el atributo tipo de carne, las diferencias más significativas aparecen entre los segmentos 1 y 3; el segmento 3 valora más la carne de cordero lechal y menos la de ternasco y cebo. Los segmentos 1 y 2 valoran por debajo de la media la carne de cordero lechal y por encima la de cebo.

Respecto a los niveles del atributo origen, las principales diferencias aparecen entre los segmentos 1 y 3. El segmento 1 valora más el origen, concede una utilidad por encima de la media al cordero castellano-manchego y al nacional. Sin embargo, los consumidores preocupados por el tipo de carne (segmento 3), valoran el cordero de Castilla-La Mancha y el nacional por debajo de la media. El cordero de procedencia extranjera, pese a tener una utilidad negativa para todos los consumidores, es menos valorado por los consumidores que conceden mayor importancia al origen, que por quienes valoran fundamentalmente el tipo de carne.

En el atributo sistema de producción, las diferencias más significativas aparecen entre los segmentos 2 y 3. El segmento 2 valora por encima de la media la carne de cordero ecológica, mientras que los segmentos 1 y 3 los valora por debajo. En definitiva, el sistema de elaboración ecológico tiene para el consumidor un mayor valor que su alternativa, el sistema de elaboración convencional.

En relación a las características socioeconómicas de los segmentos detectados, apenas hay diferencias significativas entre los segmentos detectados. Las principales diferencias aparecen en relación al lugar de residencia, de forma que destaca la presencia de consumidores de entre 25 y 34 años en el segmento 1, consumidores que residen principalmente en Albacete. Los consumidores del segmento 2, en cambio, tienen edades comprendidas entre 50 y 64 años y residen principalmente en Toledo. Por último, en el segmento 3 existe un elevado número de consumidores de entre 35 y 49 años, la mayoría de estos residentes en Ciudad Real, Toledo y Puertollano.

En cuanto a los niveles de renta, en los tres segmentos existe una importante presencia de consumidores con ingresos familiares mensuales comprendidos entre 900 € y 1.500 € (Tabla 6).

Simulación de cuotas de mercado

Una vez analizadas la preferencias del consumidor por las que se detectó que el tipo de carne preferida era de cordero lechal, se evaluaron las posibilidades comerciales de la carne de cordero lechal en función de su origen (de Castilla-La Mancha o del resto de España), precio (18 €/kg ó 22 €/kg) y sistema de elaboración (convencional o ecológico), lo cual puede representar situaciones probables de competencia comercial.

Tabla 6. Características socioeconómicas de los segmentos de consumidores de carne de cordero (%)
Table 6. Socio-economic characteristics of consumer segments (%)

Variables		S1 (13,5%)[1]	S2 (53,0%)[1]	S3 (33,5%)[1]
Sexo	*Hombre*	48,1	51,0	51,5
	Mujer	51,9	49,0	48,5
Edad	*De 18 a 24 años*	1,9	15,0	11,2
	De 25 a 34 años	**35,2**	18,0	14,2
	De 35 a 49 años	20,4	**23,8**	**25,4**
	De 50 a 64 años	20,4	**22,3**	24,6
	Mayor de 64 años	22,2	20,9	24,6
Nivel de estudios	*Elemental*	7,4	14,1	11,2
	Medio	37,0	42,2	39,6
	Superior	55,6	43,7	49,3
Actividad laboral**	*Ama de casa*	9,3	14,1	10,4
	Empresario	9,3	10,7	14,9
	Asalariado	59,3	50,5	48,5
	Estudiante	1,9	10,2	5,2
	Jubilado	18,5	11,2	20,1
	Otros	1,9	3,4	0,7
Renta familiar mensual	*< 900 €*	5,6	13,1	9,0
	De 900 € a 1.500 €	**38,9**	**33,5**	29,1
	De 1.500 € a 2.100 €	29,6	23,8	**32,8**
	De 2.100 € a 3.000 €	14,8	20,9	17,9
	>3.000 €	11,1	8,7	11,2
Provincia***	*Albacete*	**50,0**	18,4	12,7
	Ciudad Real	14,8	11,7	**17,9**
	Cuenca	3,7	11,2	12,7
	Guadalajara	5,6	11,2	13,4
	Toledo	5,6	**17,0**	17,9
	Talavera de la Reina	16,7	**22,3**	8,2
	Puertollano	3,7	8,3	**17,2**
Ámbito de residencia**	*Urbano*	94,4	94,7	91,8
	Rural	5,6	5,3	8,2

[1] Tamaño del segmento.

; * Indica diferencias significativas con un error máximo de un 5% y del 1% respectivamente.

Fuente. Elaboración propia.

Teniendo en cuenta estas restricciones, se definieron dos escenarios posibles con distintos tipos de cordero lechal, para posteriormente determinar por simulación su cuota de mercado mediante el método de máxima utilidad.

En el primer escenario se analizaron las distintas posibilidades de éxito de ocho productos y en el segundo, se eliminaron aquellos productos menos preferidos por el conjunto de los tres segmentos de consumidores (Tabla 7).

Tabla 7. Simulación de la cuota de mercado en escenarios alternativos de la oferta de carne de cordero lechal en función de las preferencias de los consumidores
Table 7. Simulation of market quota alternative scenarios of lamb offer in function of consumer preferences

	Sistema	Precio (€/kg)	Origen	S1 (Origen) (%)	S2 (Tipo/Origen) (%)	S3 (Tipo) (%)
I	Ecológico	18	CLM	30,1	27,0	21,2
	Convencional	18	CLM	7,9	5,2	6,8
	Ecológico	18	Nacional	10,6	24,8	33,1
	Convencional	18	Nacional	3,2	5,0	2,3
	Ecológico	22	CLM	37,4	15,8	17,8
	Convencional	22	CLM	3,2	4,2	4,9
	Ecológico	22	Nacional	8,8	14,6	12,2
	Convencional	22	Nacional	1,5	3,4	1,7
II	Ecológico	18	CLM	38,0	32,2	28,0
	Ecológico	18	Nacional	13,9	29,7	35,4
	Ecológico	22	CLM	38,0	20,0	22,8
	Ecológico	22	Nacional	10,1	18,1	13,8

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos en la tabla 7 y para el Escenario I, muestran que las mayores cuotas de mercado son para la carne de cordero lechal de producción ecológica. Se confirma que para el segmento 1 el origen es más importante que la variable precio, ya que, elige en todos los casos el cordero procedente de Castilla-La Mancha, incluso para los precios más altos (Escenario II).

Considerando sólo productos de elaboración ecológica (Escenario II) se observa como los consumidores del segmento 3 (tipo de carne) se decantan por productos de precio bajo y de origen nacional (en ese orden), comportamiento esperado dada su estructura de preferencias. En cuanto al segmento 2, no eligen en ningún caso los productos de precio más alto.

Máxima disposición al pago por cordero ecológico

Respecto a la MDP por la carne cordero ecológico de los productos preferidos (lechal y ternasco), en general se observa que para la población total el sobreprecio máximo sería para el cordero de tipo ternasco ecológico

(21,33 €), que se corresponde con un incremento del 18,49%, respecto a un cordero ternasco de producción convencional (Tabla 8).

Los consumidores del segmento 1 están dispuestos a ofrecer el sobreprecio máximo, éste sería para la carne de cordero ternasco ecológico (24,92 €), que se corresponde con un incremento del 38,45%, respecto a un cordero ternasco convencional. Nótese que los consumidores de carne de cordero ternasco están dispuestos a ofrecer unos incrementos mayores en el precio por obtener un producto ecológico, esto es debido a que el precio de referencia es más bajo que el de carne de cordero lechal (18 €). Así, los porcentajes de incremento por los distintos tipos de carne de cordero de producción ecológica son inversamente mayores respecto al precio de referencia del cordero de producción convencional considerado.

Tabla 8. Disposición máxima al pago por carne de cordero ecológico (%)
Table 8. Willingness to pay for organic lamb (%)

Tipo de carne de cordero	Población total		Segmento 1 (Origen)		Segmento 2 (Tipo/Origen)		Segmento 3 (Tipo)	
	€	Δ (%)	€	Δ (%)	€	Δ (%)	€ Δ	(%)
Lechal	25,70	16,80	29,66	34,83	25,55	16,14	24,75	12,49
Ternasco	21,33	18,49	24,92	38,45	21,36	18,65	20,39	13,29
Cebo	17,01	21,52	19,80	41,43	16,91	20,75	16,21	15,75

Fuente. Elaboración propia.

Conclusiones

Según se desprende de los resultados obtenidos, la estrategia de diferenciación que parece resultar más adecuada es la de enfatizar el origen del producto y el tipo de carne. Los consumidores castellanomanchegos de carne de cordero valoran positivamente el cordero elaborado en Castilla-La Mancha, por lo que resulta aconsejable destacar la procedencia del producto. Una formula interesante para conseguir la confianza del consumidor es recurrir a las formulas de garantía de calidad existentes, sobre todo aquellas que relacionan la calidad con la zona de producción, como puede ser la IGP del cordero manchego. En este sentido, la diferenciación de la carne de cordero en función de su origen de producción parece concederle ventaja comparativa al de Castilla-La Mancha, al menos para los consumidores del segmento 1, que resultan muy interesantes comercialmente ya que en sus decisiones, el atributo precio no aparece en un lugar destacado. Igualmente atractivo resulta el segmento 3 debido al hecho de que los consumidores de este segmento encuentran una utilidad positiva en los precios intermedios (18 €).

Otra forma de diferenciación valorada positivamente por los consumidores de Castilla-La Mancha es el sistema de producción, los tres segmentos detectados valoran positivamente el hecho de que la carne sea producida de forma ecológica, sobre todo el segmento 2. Además, se comprueba que los consumidores están dispuestos a pagar un sobreprecio por esta característica. Si a este sistema de elaboración unimos una estrategia de distribución adecuada conseguiremos

un incremento en las ventas, ya que una buena distribución de los productos por parte de las empresas del sector, puede hacer que el consumidor acceda más fácilmente a unos productos por los que se muestra interesado.

Ambas formas de diferenciación deben ser resaltadas y comunicadas a los consumidores, deberían realizarse campañas de comunicación donde se destacase el origen del producto. Ya que se valora positivamente el origen castellanomanchego de la carne, pueden combinarse campañas institucionales (por parte de la administración regional), con campañas de carácter corporativo (asociaciones de productores) e incluso con campañas de carácter individual.

Así mismo, del análisis de las simulaciones de cuota de mercado para la carne de cordero realizadas, se desprende que el producto ecológico de Castilla-La Mancha podría llegar a desplazar del mercado al producto nacional, pues la cuota de mercado conseguida es casi tres veces la del producto nacional y esto con independencia del precio y del segmento considerado.

Para finalizar, hay que mencionar que una de las principales debilidades de este estudio, es que se ha limitado a analizar un único mercado, el castellanomanchego. Además, el estudio se ha realizado solo en núcleos poblacionales grandes, con lo que la población rural no ha sido apenas tenida en cuenta. A esto hay que unir que Castilla-La Mancha no es una gran consumidora, por ello en futuros trabajos sería interesante analizar mercados más atractivos en función de su potencial de compra.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Fondo Social Europeo y la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha la financiación del Proyecto de Investigación PBI08-0258 "Análisis comercial de la agricultura ecológica en Castilla-La Mancha", en el marco del Programa Operativo FSE 2007-2013.

Bibliografía

Barrera R, Sánchez M, 2006. Análisis de los factores que influyen en la disposición a pagar un sobreprecio por la certificación de calidad en productos cárnicos. Revista española de investigación de marketing ESIC, 91-116.

Bernabéu R, Olmeda M, Díaz M, Olivas R, 2009. Commercial opportunities for olive oil from Castilla-La Mancha (Spain). Grasas y Aceites, Vol. 60 (5), 525-533.

Bernabéu R, Tendero A, 2004. Diferencias en las preferencias de los consumidores de carne de cordero. Distribución y Consumo, enero-febrero, 101-107.

Bernabéu R, Tendero A, 2005. Preference structure for lamb meat consumers. A Spanish case study. Meat Science Vol.71 (3): 464-470.

Bernabéu R, Tendero A, Olmeda M, Castillo S, 2002. Estructura de las preferencias de los consumidores respecto a los productos ecológicos en Castilla-La Mancha. Actas del V Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica y I Congreso Iberoamericano de Agroecología. Gijon.

Bishop RC, Heberlein TA, 1979. Measuring values of Extra-Market goods: Are Indirect Measures Biased? American Journal of Agricultural Economics 61: 926-930.

Braña T, Ferraces MJ, Varela J, 1995. Diseño factorial incompleto. IV Simposium de Metodología de las Ciencias del Comportamiento. Murcia.

Brugarolas M, 1999. Actitudes de los consumidores valencianos hacia los productos ecológicos. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica. Valencia.

Brugarolas M, Rivera LM, Sánchez M, 1997. Potencial de mercado para nuevos productos alimentarios: la producción ecológica. Investiga-

ciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa 3 (1): 61-76.

Comisión Europea (CE), 2007. Reglamento (CE) No 834/2007 del Consejo de 28 de junio de 2007 sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos. Diario Oficial de la Unión Europea de 20 julio de 2007. Disponible en http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:189:0001:0023:ES:PDF (17 abril 2009).

Diario Oficial de la Unión Europea (UE). Reglamento (UE) Nº 1151/2012 del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de noviembre de 2012 sobre los regímenes de calidad de los productos agrícolas y alimenticios. Disponible en http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ /LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:343:0001:0029:es:PDF (25 abril 2013).

Gil JM, Soler F, Díez I, Sánchez M, Sanjuán AI, Ben Kaabia M, Gracia A, 2000. Potencial de mercado de los productos ecológicos en Aragón. Ed. Diputación General de Aragón. Zaragoza.

Gracia A, 2005. Comportamiento del consumidor en la compra de cordero con IGP-Ternasco de Aragón. Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros 206: 137-162.

Gracia A, Gil JM, Sánchez M, 1998. Potencial del Mercado de los Productos Ecológicos en Aragón. Ed. Diputación General de Aragón. Zaragoza.

Green PE, Rao VR, 1971. Conjoint Measurement from Quantifying Judgemental Data. Journal of Marketing Research 8: 355-363.

Hair JF, Anderson RE, Tatham RL, Black WC, 1999. Análisis multivariante. Prentice-Hall. Madrid.

Halbrendt CK, Wirth EF, Vaughn GF, 1991. Conjoint analysis of the Mid-Atlantic food-fish market for farm-raised hybrid stripted bass. Souththern Journal of Agricultural Economics, July: 155-163.

Hanemann WM, 1984. Welfare Evaluation in Contingent Valuation Experiments with Discrete Response. American Journal of Agricultural Economics 66: 332-341.

Instituto Nacional de Estadística, 2008. Revisión del Padrón municipal 2007. Datos a nivel nacional, comunidad autónoma y provincia. Disponible en http://www.ine.es/ jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=/t20/e245/p04//a2007&file=pcaxis (2 octubre 2008).

Instituto Nacional de Estadística, 2012. Sociedad. Disponible en http://www.ine.es/inebmenu/mnu_nivel_vida.htm (9 julio 2012).

Kirk J, 1982. Experimental design: Procedures for the behavioural sciences. Brooks-Cole Co. 2nd ed. Monterrey, CA

Martinez-Carrasco L, Brugarolas M, Del Campo FJ, 2005. Vinos de calidad poco conocidos: estimación de su potencial de mercado. Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa vol. 14 (4), 139-156.

Mesías FJ, Martínez-Carrasco F, Albisu LM, 1997. Análisis de las preferencias de los detallistas de jamón curado mediante el Análisis Conjunto. ITEA. Serie de Producción Animal 93 (1): 41-55.

Mesias FJ, Martínez Carrasco F, Martínez-Paz J.M., Gaspar P, 2011. La disposición a pagar por alimentos ecológicos en España: una aproximación a la existencia de diferencias regionales. Información Técnica Económica Agraria vol. 107 (1), 3-20.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009. El sector ovino y caprino en España. [En línea]: http://www.magrama.gob.es/app/vocwai/documentos/Adjuntos_ AreaPublica/Caracterizaci%C3%B3n%20del%20sector%20ovino%20y%20caprino%20en%20Espa%C3%B1a.pdf (Consulta realizada el 6 de febrero de 2009).

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2011. El sector ovino y caprino en España. Disponible en http://www.magrama.gob.es/app/vocwai/ ListadoDocumentosDinamico.aspx?tg=TipoDinamico&tipo=5&sec=SOC (10 enero 2013).

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2012a) Estadísticas Agricultura Ecológica. Disponible en http://www.magrama.gob.es/es/ alimentacion/temas/la-agricultura-ecologica/INFORME_NACIONAL_2010_(4)_tcm7-171341.pdf (9 julio 2012).

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2012b. Encuesta Nacional de Ga-

nado Ovino-Caprino. Disponible en http://www.magrama.gob.es/es/ estadistica/temas/estadisticas-agrarias/Informenoviembre11ovinocaprino)_tcm7-207662.pdf (9 julio 2012).

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2012c. Panel de consumo alimentario. Disponible en http://www.magrama.gob.es/es/alimentacion/temas/ consumo-y-comercializacion-y-distribucion-alimentaria/panel-de-consumo-alimentario/base-de -datos-de-consumo-en-hogares/consulta.asp (13 julio 2012).

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2013. Denominaciones de Origen e Indicaciones Protegidas. Disponible en http://www.mapa.es/es/ alimentacion/pags/Denominacion/consulta.asp (9 enero 2013).

Múgica JM, 1989. Los modelos multiatributo en marketing: el análisis conjunto. IP MARK, núm. 324 (febrero): 63-71.

Rivera L, López MC, 2001. Consumo de carne de ternera en la Comunidad Valenciana. El comportamiento del consumidor. Ganadería 11: 51-55.

Ruiz A, Iglesias V, 1998. La conducta de compra en establecimientos detallistas: dos aplicaciones de los modelos logit. Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa 7(1): 123-134.

Ruiz de Maya S, Munuera JL, 1993. Las preferencias del consumidor: Estudio de su composición a través del Análisis Conjunto. Revista de Estudios sobre Consumo 28: 27-43.

Sánchez M, Grande I, Gil JG, Gracia A, 2001b. Diferencias entre los segmentos del mercado en la disposición a pagar por un alimento ecológico: valoración contingente y análisis conjunto Estudios Agrícolas y Pesqueros (190): 141-163.

Sánchez M, Sanjuán A, Akl G, 2001a. El distintivo de calidad como indicador de seguridad alimenticia en carne de vacuno y cordero. Revista de Economía Agraria y Recursos Naturales 1(1): 77-94.

Sánchez M, Sanjuán A, Gil JM, Gracia A, Soler F, 2002. Estudio de las preferencias de consumidores y distribuidores especializados respecto del producto ecológico. Revista de Economía Agraria y Recursos Naturales 2(2): 93-114.

Servicio de Estadística de Castilla-La Mancha (SECLM), 2012. Estadísticas. Disponible en http://www.ies.jccm.es/estadisticas/ (9 julio 2012).

SPSS, Inc., 2008. SPSS Categories. Version 15.0. Chicago.

Steenkamp JB, 1987. Conjoint measurement in ham quality evaluation. Journal of Agricultural Economics 38: 473-480.

Ulloa RR, Gil JM, 2007. Importancia de la marca ternasco de Aragón con IGP medida a través del método de análisis conjunto desde el punto de vista del consumidor. Revista Mexicana de Agronegocios. Vol. XI (021): 408-423.

Ulloa RR, Gil JM, 2008. Valor de mercado y disposición a pagar por la marca "Ternasco de Aragón". Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros 219: 39-70.

Vázquez R, 1990. Investigación de las preferencias del consumidor mediante "Análisis Conjunto". Importancia para el Diseño de nuevos productos. Información Comercial Española, julio:149-163.

Wilkie WL, Pessemier EA, 1973. Issues in Marketing's Use Of Multi-atribute Attitude Models. Journal of Marketing Research X (November): 428-441.

(Aceptado para publicación el 30 de abril de 2013)

CIHEAM

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

CIHEAM/IAMZ - Cursos 2012-13-14

	CURSOS	FECHAS	LUGAR	ORGANIZACIÓN
PRODUCCIÓN VEGETAL	* MEJORA GENÉTICA VEGETAL	1 Oct. 12/7 Jun. 13	Zaragoza	IAMZ/UdL
	* OLIVICULTURA Y ELAIOTECNIA	23 Sep. 13/30 Mayo 14	Córdoba	UCO/JA/CSIC/COI/ INIA/IAMZ
	APLICACIONES DE LA BIOINFORMÁTICA EN MEJORA VEGETAL	20-24 Ene. 14	Zaragoza	IAMZ
	ENFERMEDADES EMERGENTES Y DE CUARENTENA EN CULTIVOS HORTOFRUTÍCOLAS MEDITERRÁNEOS	31 Mar./4 Abr. 14	Zaragoza	IAMZ
PRODUCCIÓN ANIMAL	CALIDAD DE LA CARNE Y DE PRODUCTOS CÁRNICOS EN RUMIANTES	17-21 Sep. 12	Zaragoza	IAMZ
	METODOLOGÍAS DE DIAGNÓSTICO ACTUALES Y FUTURAS EN SANIDAD ANIMAL	14-18 Ene. 13	Zaragoza	IAMZ/OIE/FAO
	EVALUACIÓN MEDIOAMBIENTAL DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN GANADERA	15-20 Abr. 13	Zaragoza	IAMZ/UE-Proyecto RedNEX/EAAP
	SEGURIDAD DE ALIMENTOS DE ORIGEN ANIMAL: CARNE, AVES Y HUEVOS	6-10 Mayo 13	Zaragoza	IAMZ
	* NUTRICIÓN ANIMAL	30 Sep. 13/6 Jun. 14	Zaragoza	IAMZ/UZ/FEDNA/ UPM

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

- MEJORA GENÉTICA VEGETAL: 12-13; 14-15; 16-17
- OLIVICULTURA Y ELAIOTECNIA: 13-14; 15-16; 17-18
- NUTRICIÓN ANIMAL: 13-14; 15-16; 17-18
- MEJORA GENÉTICA ANIMAL Y BIOTECNOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN: 14-15; 16-17
- PLANIFICACIÓN INTEGRADA PARA EL DESARROLLO RURAL Y LA GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE: 12-13; 14-15; 16-17
- MARKETING AGROALIMENTARIO: 13-14; 15-16; 17-18
- ACUICULTURA: 12-13; 14-15; 16-17
- GESTIÓN PESQUERA SOSTENIBLE: 13-14; 15-16; 17-18

Se destinan primordialmente a titulados universitarios en vías de especialización de posgrado. No obstante se estructuran en unidades independientes para facilitar la asistencia de profesionales interesados en aspectos parciales del programa. Los participantes que cumplan los requisitos académicos pueden optar a la realización del 2º año para la obtención del Título Master of Science. El plazo de inscripción para el curso de Olivicultura y elaiotecnia finaliza el 15 de abril de 2013. El plazo de inscripción para los cursos de Nutrición animal, Marketing agroalimentario y Gestión pesquera sostenible finaliza el 3 de mayo de 2013. El plazo de inscripción para los cursos de Mejora genética vegetal, Planificación integrada para el desarrollo rural y la gestión del medio ambiente, Mejora genética animal y biotecnología de la reproducción y Acuicultura finaliza el 2 de mayo de 2014.

El Estado Español reconoce el título Master of Science del CIHEAM otorgado a través del IAMZ como equivalente al título oficial de Máster del sistema universitario español.

Erasmus Mundus Master (** marcado con dos asteriscos en el listado). Se celebra todos los años. Para obtener mayor información y realizar la solicitud consulte la página web http://www.master-edamus.eu/

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

Becas. Los candidatos de países miembros del CIHEAM (Albania, Argelia, Egipto, España, Francia, Grecia, Italia, Líbano, Malta, Marruecos, Portugal, Túnez y Turquía) podrán solicitar becas que cubran los derechos de inscripción, así como becas que cubran los gastos de viaje y de estancia durante el curso. Los candidatos de otros países interesados en disponer de financiación deberán solicitarla directamente a otras instituciones nacionales o internacionales.
No obstante, en algunos cursos coorganizados con otras instituciones pueden existir becas destinadas a candidatos de algunos países no miembros del CIHEAM. Se recomienda consultar el correspondiente apartado de becas en el folleto informativo que se edita específicamente para cada uno de los cursos programados.

	CURSOS	FECHAS	LUGAR	ORGANIZACIÓN
MEDIO AMBIENTE	* PLANIFICACIÓN INTEGRADA PARA EL DESARROLLO RURAL Y LA GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	1 Oct. 12/7 Jun. 13	Zaragoza	IAMZ/UdL
	GESTIÓN DE LOS INCENDIOS FORESTALES PARA AFRONTAR CAMBIO CLIMÁTICO Y SOCIOECONÓMICO	20-25 Mayo 13	Zaragoza	IAMZ/UE-Proyecto EL FUME
	PREDICCIÓN DE LA SEQUÍA Y SU UTILIZACIÓN PARA LA TOMA DE DECISIONES	23-27 Sep. 13	Zaragoza	IAMZ/UE-Proyecto DEWFORA
	INSTRUMENTOS DE MERCADO Y PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES EN ECOSISTEMAS MEDITERRÁNEOS	17-21 Feb. 14	Zaragoza	IAMZ/EFIMED/ IUCN
	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS GEOESPACIALES EN ESTUDIOS AMBIENTALES	9-20 Jun. 14	Zaragoza	IAMZ
TECNOLOGÍA Y MARKETING DE ALIMENTOS	NUEVAS OPORTUNIDADES PARA LA EXPORTACIÓN Y PROMOCIÓN DE LOS PRODUCTOS AGROALIMENTARIOS	12-16 Nov. 12	Zaragoza	IAMZ
	** MÁSTER ERASMUS MUNDUS EN GESTIÓN SOSTENIBLE DE LA CALIDAD DE LOS ALIMENTOS (EDAMUS)	Sept. 13-Jun. 15 / Sept. 14-Jun. 16	Montpellier y otros países del Consorcio	UM1/IAMM/ IAMZ/ UNIBAS/ IAMCh/ UC1
	* MARKETING AGROALIMENTARIO	30 Sep. 13/6 Jun. 14	Zaragoza	IAMZ
	INNOVACIÓN EN ENVASES DE FRUTAS Y VERDURAS FRESCAS Y MÍNIMAMENTE PROCESADAS	21-25 Oct. 13	Zaragoza	IAMZ
	ESTRATEGIAS DE MARKETING DE ACEITE DE OLIVA	4-9 Nov. 13	Zaragoza	IAMZ/COI
	MICOTOXINAS EN CEREALES Y PRODUCTOS DERIVADOS: ESTRATEGIAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL PARA MINIMIZAR LA CONTAMINACIÓN	12-16 Mayo 14	Zaragoza	IAMZ/Agrotecnio
PESCA Y ACUICULTURA	* ACUICULTURA	15 Oct. 12/28 Jun. 13	Las Palmas de Gran Canaria	ULPGC/ICCM/IAMZ
	NUTRICIÓN DE PECES: SOSTENIBILIDAD Y CALIDAD DE LOS PRODUCTOS	26-30 Nov. 12	Zaragoza	IAMZ
	ESTUDIOS DE MARKETING DE PRODUCTOS DEL MAR	10-14 Dic. 12	Zaragoza	IAMZ/FAO
	PROCESADO DE PRODUCTOS DEL MAR: TECNOLOGÍAS MODERNAS Y DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS	4-8 Feb. 13	Vigo	IAMZ/FAO/ANFACO-CECOPESCA
	* GESTIÓN PESQUERA SOSTENIBLE	14 Oct. 13/ 13 Jun. 14	Alicante	UA/MAGRAMA/ IAMZ
	USO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN PESCA Y ACUICULTURA	18-29 Nov. 13	Zaragoza	IAMZ
	AVANCES TÉCNICOS EN FASE INICIAL DE PRODUCCIÓN DE ESPECIES MARINAS DE INTERÉS ECONÓMICO	13-17 Ene. 14	Las Palmas de Gran Canaria	IAMZ/ULPGC/UE-Proyecto AQUATRANS
	EL ENFOQUE ECOSISTÉMICO DE LA PESCA EN EL MEDITERRÁNEO Y EL MAR NEGRO. BASES CIENTÍFICAS	3-7 Feb. 14	Varna (Bulgaria)	IAMZ/UE-Proyecto CREAM
	EL ENFOQUE ECOSISTÉMICO DE LA PESCA EN EL MEDITERRÁNEO Y EL MAR NEGRO. GESTIÓN Y TOMA DE DECISIONES	10-14 Mar. 14	Zaragoza	IAMZ/UE-Proyecto CREAM

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

Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza

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

PREMIOS DE PRENSA AGRARIA 2013
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. Podran concursar todos los artículos que versen sobre cualquier tema técnico-económico-agrario.
2. Los artículos que podrán acceder al premio serán todos aquellos que se publiquen en ITEA en el año 2013. 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 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:		
Area en que desarrolla su actividad profesional:		

En _____ , a ___ de _____ de 20__

Firma:

FORMA DE PAGO (CUOTA ANUAL 2014: 42 EUROS)

	Cargo a cuenta corriente (rellenar la domiciliación bancaria)
	Transferencia a la cuenta de AIDA 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 (20 dígitos)

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 (2013)

La revista ITEA es una publicación internacional que aparece en marzo, junio, septiembre y diciembre. De acuerdo con los fines de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA), ITEA publica artículos en español que hagan referencia a los diversos aspectos de las ciencias agroalimentarias (Producción vegetal, Producción animal, Economía agroalimentaria), ya sea en formato de artículo de investigación, de revisión o de nota técnica. El envío de un artículo para que se considere su publicación en ITEA implicará que el mismo no haya sido publicado o enviado para publicar en cualquier otro medio de difusión o lenguaje, 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.

La revista ITEA es una publicación revisada por pares. Los autores adjuntarán una lista con 4 potenciales evaluadores, 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 evaluadores.

Los manuscritos que no cumplan las normas para autores de la revista ITEA serán devueltos para su rectificación. El editor correspondiente remitirá el manuscrito a dos evaluadores que conocerán la identidad de los autores, no así al contrario. En caso de que las evaluaciones de los dos evaluadores difieran de forma significativa, el manuscrito se enviará a un tercer evaluador. La decisión final sobre la publicación del manuscrito se comunicará a los autores por correo electrónico.

Envío de manuscritos

Los manuscritos originales, en español, se enviarán a través de la página web de AIDA (http://www.aida-itea.org/). Para ello, los autores deberán registrarse en la aplicación correspondiente, y seguir las indicaciones pertinentes. El manuscrito se enviará como un único documento Word, incluyendo las tablas y figuras al final del mismo. Se adjuntará una lista con 4 posibles evaluadores, indicando nombre completo, dirección postal y correo electrónico.

La decisión final sobre la publicación del manuscrito se comunicará a los autores, que, en caso de solicitarse, estarán obligados a modificar el artículo en el plazo de 3 meses desde su comunicación, antes de que sea aceptado para su publicación. Los manuscritos revisados se enviarán a través de la página web de AIDA, acompañados de un escrito que incluya la contestación a los comentarios de los dos evaluadores y del editor. En caso de desacuerdo, los autores deberán justificarlo debidamente al editor. Si los editores no reciben una respuesta por parte de los autores, tras 6 meses se dará por finalizado el proceso de evaluación y el artículo será considerado rechazado para su publicación en ITEA. Una vez recibidas las pruebas de imprenta del manuscrito, los autores deberán devolver dicho manuscrito corregido en el plazo de una semana.

Preparación del manuscrito

Los artículos de investigación y las revisiones tendrán una extensión máxima de 30 páginas a doble espacio en hojas de tamaño DIN A4, tablas y figuras incluidas. Se utilizará la fuente Times New Roman (tamaño 12), se numerarán las líneas y páginas, y se fijarán cuatro márgenes de 2,5 cm. Dentro del mismo documento, se utilizarán hojas separadas para las referencias bibliográficas, las tablas, las figuras y los pies de figuras.

Los manuscritos incluirán:

- Título, que deberá ser lo más conciso posible, y no incluirá abreviaturas ni fórmulas químicas (excepción de los símbolos químicos para indicar isótopos).
- Apellido de los autores, precedido de las iniciales del nombre, e indicando con un asterisco el autor para correspondencia. En caso de que pertenezcan a distintas instituciones, indicar a cada autor con superíndices diferentes. Si un autor desea aparecer con dos apellidos, éstos deberán unirse con un guión.
- Nombre y dirección postal completa de los autores.
- Correo electrónico y teléfono del autor a quien se va a dirigir la correspondencia.
- Resumen, que deberá tener un máximo de 250 palabras, e incluirá muy brevemente los objetivos del trabajo, el material y métodos, los resultados más relevantes, su discusión, así como la conclusión del manuscrito. Se evitará el uso de abreviaturas.
- Palabras clave, un máximo de 6, evitando las ya incluidas en el título.
- Traducción al inglés del Título, Resumen, Palabras clave y pies de Figuras y Tablas.
- Apartados de los artículos de investigación: Introducción, Materiales y métodos, Resultados, Discusión y Referencias bibliográficas (ver especificaciones en el siguiente apartado).

Las notas técnicas, referidas a trabajos experimentales de extensión reducida, no excederán de 2.000 palabras, incluidas Tablas y/o Figuras, y deberán incluir la traducción al inglés del Título, Resumen y Palabras clave.

Apartados del manuscrito

- **Introducción**: deberá explicar la finalidad del artículo. El tema se expondrá de la manera más concisa posible, indicando finalmente 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.
- **Resultados**: Incluirá los resultados obtenidos en el trabajo, evitando repetir la información recogida en las Figuras y Tablas.
- **Discusión**: deberá interpretar los resultados obtenidos, teniendo en cuenta además otros trabajos publicados. Finalizará indicando las conclusiones a las que han llegado los autores del manuscrito, así como las posibles implicaciones prácticas que de ellas puedan derivarse.
- **Agradecimientos**: Podrá 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. En el manuscrito, se mantendrá el orden cronológico en caso de citar varios autores. Las referencias en el texto deben hacerse siguiendo los siguientes ejemplos: (Padilla, 1974), (Vallace y Raleigh, 1967), (Vergara et al., 1994). Los nombres de entidades u organismos que figuren como autores, por ejemplo Dirección General de la Producción Agraria (DGPA), deberán citarse completos en la Bibliografía la primera vez. Las referencias múltiples se harán según se indica en el siguiente ejemplo: (Martínez et al., 1971 y 1979). Se añadirá una letra al año de publicación para identificar artículos del mismo autor y del mismo año (2012a, b). La cita podrá formar parte de la frase en el texto, como sigue "como indicaban Gómez et al. (1969)".

Al final del trabajo se citarán en orden alfabético por autor todas las referencias utilizadas en el texto. Se podrán citar trabajos "en prensa", siempre que el documento haya sido aceptado para su publicación. En casos excepcionales, se aceptarán menciones como "Comunicación personal" o "Resultados no publicados", aunque no constarán entre las referencias bibliográficas. Se indica a continuación un ejemplo de cita bibliográfica (artículo, libro, capítulo de libro, acta de Congreso, fuente electrónica, documento de trabajo, documento legal)

- Blanc F, Bocquier F, Agabriel J, D'Hour P, Chilliard Y (2006). Adaptative abilities of the females and sustainability of ruminant livestock systems. A review. Animal Research 55: 489-510.
- FAO (2011). Food and Agriculture Organization statistical database. Disponible en http://faostat.fao.org/default.aspx (30 enero 2012).
- AOAC (1999). Official Methods of Analysis, 16th. Ed. AOAC International, MD, USA. 1141 pp.
- MARM (2009). Anuario de estadística agroalimentaria y pesquera 2007. Subsecretaría General Técnica, Ministerio de Medio Ambiente, Medio rural y Marino, 937 pp.

- **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 incluirán en el mismo documento, pero en hojas separadas al texto, y señalando su emplazamiento aproximado. Los dibujos, gráficos, mapas y fotografías se incluirán como figuras. 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. Las figuras se presentarán con la mayor calidad posible, y en blanco y negro, excepto en casos excepcionales que deberán ser aceptados por la revista.

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.

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 latinos de *géneros*, *especies* y *variedades* se indicarán en *cursiva* y los nombres de cultivares entre comillas simples (p. ej. 'Sugar Baby').
- 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).
- 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<0,00l; NS = no significativo).

Volumen 109
Número 4
Diciembre 2013

itea

información técnica económica agraria

www.aida-itea.org

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO