

itea

información técnica económica agraria

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO

Volumen 109

Número 3

Septiembre 2013



www.aida-itea.org

2013 - AÑO XLIII Vol. 109 N.º 3 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



Fotografía: Félix Valcárcel; Texto: Luis Silió

Pocas actividades de investigación logran mantenerse en España a lo largo de siete décadas. Bajo la Sierra de Gredos, *El Dehesón del Encinar* ha albergado desde su fundación en 1944 una piara cerrada de cerdos Ibéricos, objeto de sistemáticos controles genealógicos y productivos y que ha generado el material biológico de numerosos experimentos. Ello ha hecho posible una ininterrumpida investigación multidisciplinar sobre esta raza, que ha contribuido decisivamente a su conocimiento y a la conservación y difusión de su patrimonio genético. El pasado año, la actual penuria de nuestro sistema de I+D provocó su desalojo forzado de la finca experimental. Para la continuidad de las actividades citadas, al cabo de 68 años, los descendientes de los animales fundadores de la piara han debido ubicarse en unas instalaciones privadas en la tierra de sus antepasados. ¡Larga vida a ellos y a todos quienes les dedicaron lo mejor de sus oficios!

Editorial

La investigación Agraria en España

La Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA) se fundó en 1968, sus 400 asociados trabajan en centros de investigación, universidades y empresas agrarias, en temas agroalimentarios. Entre sus fines está orientar, desarrollar y apoyar toda clase de iniciativas que puedan ayudar al desarrollo técnico, económico y social agrario y también la organización de Jornadas de Estudio que permiten la transferencia de las últimas novedades científicas y técnicas a los asociados y participantes. Por ello, bienalmente, AIDA organiza unas Jornadas sobre Producción Animal que se celebran en Zaragoza; en ellas, los equipos investigadores nacionales exponen y discuten los últimos resultados de los proyectos de investigación que están desarrollando. En las XV Jornadas sobre Producción Animal, celebradas los días 14 y 15 de mayo, los 350 asistentes discutieron y expresaron su preocupación por la marcha de la investigación agraria en España.

No es ningún secreto que nuestro sistema de I+D está sufriendo importantes daños debidos a la presente crisis económica que tan gravemente afecta al país. Algunos de ellos, como la reducción de fondos para la realización de proyectos o la mayor precariedad laboral y el desempleo o emigración forzosa de investigadores jóvenes, son conocidos por los responsables políticos y la opinión pública. Existen otros, como el desmantelamiento de fincas y estaciones experimentales que, con una similar gravedad, afectan específicamente a la investigación agroalimentaria. Un ejemplo destacado de ellos es el cierre llevado a cabo el pasado año por los responsables de la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente de la Junta de Comunidades de Castilla la Mancha de la actividad del CIA "Dehesón del Encinar", radicado en una finca de 700 Ha de dehesa en Oropesa (Toledo), y el obligado desalojo de la piara experimental de cerdos ibéricos, allí ubicada desde 1944.

Esta piara, fundada a partir de cuatro estirpes representativas de la población de cerdos ibéricos entonces existente en la Península, ha permanecido genéticamente aislada y con un completo control genealógico y de registros productivos durante 28 generaciones a lo largo de 68 años. La piara contribuyó destacadamente a la recuperación de la raza, tras la grave crisis sufrida entre 1965 y 1985, y a la mejora de la misma mediante la amplia difusión de reproductores seleccionados, y actualmente constituye el principal reservorio genético de linajes de cerdo ibérico hoy desaparecidos o en peligro de extinción. La conservación de estos recursos genéticos singulares se ha simultaneado ininterrumpidamente con una importante actividad de I+D. El Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) se hizo cargo de su mantenimiento y gestión genética desde 1981. En los últimos 15 años se establecieron bancos de dosis seminales, de muestras de ADN y de tejidos para obtención de otros ácidos nucleicos. Asimismo, mediante cruces con líneas divergentes de razas Landrace y Meishan se generaron dos poblaciones experimentales. Todo ello ha proporcionado el material biológico idóneo para numerosos proyectos, muchos de ellos realizados en colaboración con diferentes universidades y organismos públicos de investigación (Universidad de Córdoba, Universidades Complutense y Politécnica de Madrid, IRTA de Cataluña, y Universidad Autónoma de Barcelona entre otros). El inesperado cierre forzoso afectó directamente a tres proyectos en curso de financiación nacional y a una acción Marie Curie, basados en el material animal de la piara experimental, y en menor medida a un cuarto proyecto basado en material generado desde ella.

Los resultados obtenidos han dado lugar a más de un centenar de publicaciones en revistas internacionales, que han supuesto contribuciones indispensables en el conocimiento de la genética, nutrición y manejo del cerdo Ibérico, y que se han aplicado a los aspectos básicos de su producción: programas de mejora genética, normas de alimentación y métodos de verificación del origen racial de animales y productos. En algunos aspectos (métodos de conservación de recursos genéticos, interacción entre producción primaria y calidad de productos, mapeo de genes relacionados con caracteres de interés económico y secuenciación del genoma porcino) los resultados han constituido aportaciones científicas de relevancia internacional. Aunque la firma de un convenio de colaboración entre el INIA y la Asociación de Criadores de Cerdo Ibérico (AECERIBER) ha permitido la conservación de una representación de este material biológico en unas instalaciones privadas, es obvio que su utilización en proyectos de I+D se verá notablemente dificultada por múltiples motivos.

El epílogo de esta historia es asimismo preocupante. Tras un intento finalmente no consumado de venta mediante subasta pública junto a otros tres montes públicos de la región, el pasado 15 de Mayo la Consejera de Agricultura de Castilla-La Mancha anunció que la Junta de Comunidades va a poner en marcha en el “Dehesón del Encinar” un denominado Centro Tecnológico de Mejora Ganadera (CETGAN), que tendrá diferentes unidades, como el Centro de Recría de Novillas de Leche y Carne o la de Recría de Caprino de Leche, con un modelo de gestión público/privado. Finalmente, un importante recurso público con una notable proyección en la investigación en un sector –como el del cerdo Ibérico– que es un referente en nuestra producción agroalimentaria, se destina a otros usos cuya justificación técnica resulta más que discutible, y en todo caso ajenos a la I+D.

Junto a la denuncia de este caso lamentable, como científicos que investigamos en agricultura y ganadería, queremos manifestar el alto riesgo de que un proceso de enajenación similar pueda afectar a las fincas experimentales todavía a cargo de los organismos públicos de investigación, provocando un daño irreversible a la investigación en un campo, que como la propia Secretaria de Estado ha reconocido recientemente, sigue siendo absolutamente prioritario para nuestro país. En muchos casos, el alcance de las investigaciones allí realizadas supera el estricto ámbito regional, por lo que entendemos que los responsables políticos nacionales deben ejercer sus competencias sobre la coordinación del sistema de I+D y actuar de forma conjunta con los de las CCAA buscando la permanencia en el sistema público de estas instalaciones, con la necesaria racionalización de su funcionamiento y financiación.

La investigación agraria en los años 70 estaba desarrollada por el INIA a nivel de estado, pero en el proceso autonómico los distintos centros de investigación fueron transferidos a las Comunidades Autónomas. Este proceso tuvo sus ventajas e inconvenientes. Ventajas como el aprovechamiento de los potenciales de investigación y desarrollo ligados a un territorio, pero inconvenientes como la atomización, dispersión y falta de coordinación, que nos hace menos competitivos en el ámbito europeo de investigación. Por todo ello, AIDA quiere manifestar su profunda preocupación y malestar por actuaciones precipitadas, no contrastadas e impuestas que empobrecen los medios de investigación y reducen nuestra capacidad de competir con equipos internacionales que cuentan con medios e infraestructuras que en nuestro caso vemos desaparecer o peligrar. Sólo el mantenimiento de estos centros y fincas en el sistema público garantiza la existencia de una investigación independiente, cuyos intereses se centren exclusivamente en el desarrollo del sector agroganadero que manifiestamente apoya.

A continuación se adjuntan las respuestas del Ministerio de Economía y Competitividad y del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente a la carta enviada por AIDA para manifestar su preocupación y malestar por la situación anteriormente descrita.



MINISTERIO
DE ECONOMÍA
Y COMPETITIVIDAD

Carmen Vela Olmo

SECRETARÍA DE ESTADO
DE INVESTIGACIÓN,
DESARROLLO E INNOVACIÓN

Sr. D. Pere Albertí Lasalle
Presidente de AIDA
Avda. Montañana, 930
50059 - ZARAGOZA

Madrid a 20 de junio de 2013

Estimado Presidente:

Hemos recibido su escrito de 28 de mayo de 2013, en el que nos traslada algunos aspectos de las discusiones y preocupaciones de los asistentes a las XV Jornadas de la Producción Agraria celebradas recientemente por su organización en Zaragoza. Aunque su referencia inicial se centra en la investigación agraria, hacen extensivos su comentarios posteriores a las consecuencias que la crisis económica está provocando en el conjunto de la ciencia en general y centran su atención en el desmantelamiento de fincas e instalaciones experimentales, concretamente en el cierre de las instalaciones de "El dehesón del Espinar", centro de la Junta de Comunidades de Castilla La Mancha en la que se albergaba una piara de cerdos ibéricos.

Esta Secretaría de Estado comparte con todos ustedes la importancia de la investigación, especialmente en épocas de crisis, y la necesidad de que esa investigación sea excelente y actúe como motor para el desarrollo y la competitividad de todos los sectores económicos. Sin embargo, la decisión que ha tomado la Junta de CCLM corresponde al ejercicio de sus propias competencias, en los que no debemos interferir. Por tanto, no tenemos nada que decir respecto al cierre de las instalaciones. A nosotros, como Administración General del Estado, nos corresponde la gestión de nuestros propios bienes y la coordinación y la defensa del interés general. En este caso, además de gestionar los bienes propiedad del INIA, hemos procedido a buscar una solución para mantener la piara de cerdos que se habían albergado en esas instalaciones durante las últimas décadas.

Así, con fecha 10 de septiembre de 2012, el INIA firmó un convenio con la Asociación española de criadores de ganado porcino selecto ibérico puro y troco ibérico (AECERIBER) para la conservación de las estirpes de cerdo ibérico Torbiscal y Guadyaberas que estaban alojadas en la finca de "El dehesón del Encinar" y que, de acuerdo con los investigadores del INIA debían protegerse y conservarse. El objeto del presente convenio es la colaboración de ambas partes en la realización de las actividades de identificación, manejo, alimentación, tratamientos sanitarios y reproducción controlada de los animales, necesarias para la correcta conservación de las estirpes Torbiscal y Guadyaberas de cerdos ibéricos y que se detallan en el Anexo Técnico de dicho Convenio; en definitiva, garantizar que mantenemos la reserva genética existente.



Este convenio, con una duración de cuatro años, garantiza que la asociación pone a disposición del INIA una explotación ganadera en la que se mantendrán los animales, con todos los cuidados necesarios, productivos y sanitarios, para que se mantengan los recursos genéticos. Allí se llevará a cabo la informatización de los registros genealógicos y fenotípicos necesarios para la conservación de las estirpes, que se pondrán a disposición del INIA. Queda establecido igualmente que se seguirán obteniendo las muestras que se consideren necesarias para el estudio y el análisis científico de los animales. Se nombran dos investigadores del INIA como responsables del correcto seguimiento de esos animales en la explotación. Es decir, que se han puesto las bases para que se puedan seguir desarrollando proyectos de investigación, tal y como se estaban ejecutando hasta ahora.

En resumen, esta Secretaría de Estado, en este caso a través del INIA, garantiza que se conservan los recursos genéticos, en condiciones suficientes para el desarrollo de la ciencia. Y esa seguirá siendo nuestra actitud en el futuro, considerando que el sistema de investigación en general, y agrario en particular, debe ser capaz de abordar los retos que le plantea la sociedad en general y el tejido económico y productivo en particular. Así lo hemos constatado en el Plan Estatal de I+D+i aprobado con fecha 1 de febrero por el Consejo de Ministros, en el que las cuestiones de los recursos genéticos en particular, y la producción agroalimentaria, la bioeconomía y el cambio climático, como cuestiones más generales, forman parte destacada de las preocupaciones de esta administración.

La salida de esta crisis es tarea común. Además, al sector de la ciencia y la tecnología le corresponde una tarea especial, por su potencial para contribuir a la expansión del tejido empresarial que, mejorando su competitividad a través de la innovación, será capaz de generar los puestos de trabajo que, poco a poco, permitirán la recuperación de nuestra economía. A la vez, el sistema de ciencia y tecnología debe mejorar su eficacia y su eficiencia en el uso de los recursos.

Particularizando en el sector agroganadero al que hacen referencia, quiero manifestarle que todos tenemos interés en tener un sistema de investigación agroalimentaria eficiente y coordinado. Es nuestra tarea. Por eso, desde el INIA y desde otros OPIs dependientes de esta Secretaría de Estado estamos abordando una tarea de coordinación de las actividades desarrolladas por el conjunto de los grupos de investigación. Quiero aprovechar esta carta para pedirle su colaboración en esta tarea, que nos debe permitir mejorar en todos nuestros ratios de excelencia científica, captación de fondos y contribución al desarrollo y competitividad de este importante sector.

Un saludo,



Sr. D. Pere Albertí Lasalle
Presidente
Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA)
Avda. Montañana, 930
50059 - ZARAGOZA

Madrid, 1 de agosto de 2013

Estimado Sr. Albertí:

He recibido su escrito de 23 de mayo, en el que manifiesta su preocupación por la situación de la investigación en el ámbito agrario, en estos momentos de dificultad económica en España, y en particular, de los animales de la especie porcina, ubicados en *El Dehesón del Encinar*, finca situada en Oropesa, Toledo.

En primer lugar, quiero expresar mi agradecimiento a los más de 400 profesionales que forman parte de esa Asociación Interprofesional, ya que cualquier iniciativa que pueda aportar valor al mundo agrario, y, en particular al desarrollo técnico, económico y social, es compartida por este Departamento.

La finca *El Dehesón del Encinar* es una propiedad de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, en la que este Ministerio no tiene ninguna participación. Por otra parte, y como sabe, la competencia en materia de ganadería, en todas sus vertientes -sanitaria, productiva, etc.- corresponde a la Administración Autonómica. Por tanto, la implantación de un Centro Tecnológico de Mejora Ganadera (Cetgan), en dicha finca, tal como indica en su carta, formará parte del desarrollo de la política ganadera de esa Comunidad Autónoma.

Según me informan, el Cetgan incluirá un centro de cría de novillas de leche, de caprino de leche, así como actividades sobre otras especies de interés ganadero y otras orientaciones zootécnicas. Y con dicho proyecto, se pretende entre otras cosas, la recuperación económica de la comarca de Talavera de la Reina y del conjunto de la región, zona de amplia tradición ganadera.

Respecto al régimen de funcionamiento y gestión para dicho Centro, tiene la característica de ser público-privado, combinando de esta forma la garantía y estabilidad que ofrecen las Administraciones públicas, en este caso la Consejería de Agricultura y el Departamento de Genética de la Facultad de Veterinaria de la Universidad Complutense de Madrid, con el dinamismo de las entidades como el Instituto Español de Genética y Reproducción Animal (IEGRA) y aquellas empresas o asociaciones de ganaderos interesadas.

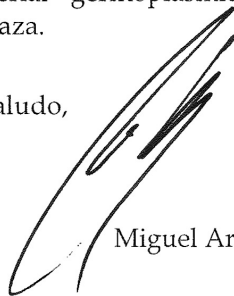
Respecto al tema de la Investigación y Desarrollo, quiero señalar que en estos momentos hay un impulso general a nivel europeo que se va a plasmar en la aportación de mas de cuatro mil millones de euros destinados a la Investigación del sector agroalimentario, mas aquellos correspondientes del Fondo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER), destinados a impulsar la innovación de los Grupos Operativos, constituidos por colectivos científicos, empresariales y agroalimentarios.

Por ello, somos conscientes de que proyectos como el CETGAN, pueden tener cabida en ese nuevo impulso a nivel comunitario, sin contar, con que en estos momentos hay necesidad de poner en marcha proyectos empresariales de carácter aplicativo, con mejoras significativas de los procesos productivos, y con actividades tanto en el ámbito de la investigación industrial como de desarrollo experimental, según las necesidades.

En relación con la situación del porcino ibérico, me informan de que en dicho Centro se va a crear una Unidad de Mejora Genética de Porcino Ibérico. Esta actuación será valorada de manera positiva teniendo en cuenta que existe por parte de varias empresas de genética porcina, un gran interés en la mejora de esta raza en pureza, al objeto de poder suministrar al sector ganadero y agroalimentario, animales en pureza pero con índices fisiológicos atractivos en términos económicos (prolificidad, índices de transformación, ganancia media diaria, niveles de grasa infiltrada y de cobertura, etc.)

Respecto a la piara experimental existente en *El Dehesón del Encinar*, cabe señalar que la misma, no era propiedad de la Junta de Castilla-La Mancha, sino del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), el cual, tras negociaciones con AECERIBER (Asociación Española de Criadores de Ganado Porcino Selecto Ibérico Puro y Tronco Ibérico), ha depositado los animales en otras explotaciones para continuar con su programa de mejora, no habiéndose perdido esta reserva genética. Además, la única base ganadera que existía en la finca, antes de su reestructuración, lo constituía, aparte de la mencionada piara de cerdo ibérico, un rebaño de vacas de raza Avileña Negra Ibérica, que ya cuenta con su Esquema de Selección Oficial a través de su Asociación de Ganaderos oficialmente reconocida, y otro rebaño de ovino *Talaverano*, cuyos mejores sementales han pasado a ubicarse en el Centro Regional de Selección y Reproducción Animal de Valdepeñas como donantes de material germoplásmico, y las hembras subastadas entre ganaderos de esta raza.

Reciba un cordial saludo,

A handwritten signature in black ink, consisting of several fluid, overlapping strokes that form a stylized representation of the name Miguel Arias Cañete.

Miguel Arias Cañete

Sumario

Producción Vegetal

- Cultivo *in vitro* de Embriones Inmaduros en tres Citotipos de *Brachypodium distachyon* (L.) P. Beauv.
In vitro culture of immature embryos in three cytotypes of Brachypodium distachyon (L.) P. Beauv.
R. Hammami, E. Friero, C. Soler, N. Jouve y J.M. González 275
- Análisis proximal de carpóforos de *Agaricus subrufescens* Peck producidos sobre diferentes capas de cobertura.
Proximate analysis of sporophores of Agaricus subrufescens Peck produced on different casing layers.
A. Pardo-Giménez, V.R. Figueirêdo, E.S. Dias, J.E. Pardo-González, M. Álvarez-Ortí y D.C. Zied 290

Producción Animal

- Caracterización y agrupamiento de algunos tipos comerciales de cordero por su perfil sensorial.
Characterizing and clustering some commercial lamb types by their sensory profile.
B. Panea, G. Ripoll y M. Joy 303
- Relación entre la vida productiva y la producción de leche en la raza Assaf Española.
Relationship between length of productive life and the milk production in the Spanish Assaf sheep breed.
M.A. Jiménez y J.J. Jurado 319
- Descomposición de la producción de leche de ovejas de raza Assaf en partes atribuibles al manejo y al genotipo. Una herramienta práctica.
Decomposition of Assaf sheep milk production in parts attributable to environmental factors and genotype. A practical tool.
J.J. Jurado y M.A. Jiménez 331

Economía Agraria

La sostenibilidad del olivar: producción convencional vs. ecológica en Los Pedroches.
The sustainability of olive groves: Conventional vs. ecological production in Los Pedroches (Andalusia, Spain).

E. Cabrera, R. Gallardo y J.A. Gómez-Limón 345

Mercado de *Lactarius deliciosus*. Modelización de la oferta en España.
Market of Lactarius deliciosus. Modelling the supply in Spain.

L. Díaz-Balteiro, O. Alfranca y R. Voces 370

Cultivo *in vitro* de Embriones Inmaduros en tres Citotipos de *Brachypodium distachyon* (L.) P. Beauv.

R. Hammami^{*,1}, E. Friero^{**}, C. Soler^{***}, N. Jouve^{**} y J.M. González^{**}

* Departamento de Pomology, EEAD-CSIC Av. Montañana 1005- 50059 Zaragoza (Spain)

** Departamento de Biología Celular y Genética, Campus Universitario, Universidad de Alcalá, 28871 Madrid (España)

*** Departamento de Medio Ambiente del I.N.I.A., Finca La Canaleja, Alcalá de Henares (Madrid)

Resumen

En este trabajo se ha analizado la respuesta al cultivo *in vitro* de muestras de seis poblaciones de *Brachypodium distachyon* (dos por cada uno de los citotipos $2n = 10$; $2n = 20$; $2n = 30$), para lo cual se ha partido de embriones cigóticos inmaduros que fueron sembrados en nueve medios de inducción de callos (BR1 a BR9), que se diferenciaban entre sí en el regulador de crecimiento utilizado (Ácido 2,4-Diclorofenoxiacético (2,4-D), Piclorán o Dicamba) y en su concentración (1, 2 ó 4 mg/l). Para cada uno de los medios utilizados se han realizado cuatro repeticiones de 20 embriones por tratamiento. Los resultados obtenidos fueron analizados posteriormente mediante un análisis de la varianza (ANOVA) de las variables: nº de callos totales/nº total de embriones (TC); nº de callos compactos/nº total de callos (CC); nº de callos blandos/nº total de callos (SC). La respuesta ha sido muy variable, tanto para el número como para el tipo de callo formado, dependiendo de la población y el medio de cultivo empleado. Así, las muestras con $2n = 30$ cromosomas son las que han dado lugar a un mayor número de callos totales y también de callos embriogénicos. La mejor respuesta se obtuvo en aquellos medios de cultivos que contenían 2,4-D, con independencia de la concentración. Los callos obtenidos se distribuyeron al azar en cuatro grupos y se sembraron en un medio de regeneración (G1) conteniendo BAP (0,5 mg/l) y se incubaron en una cámara climática con un fotoperiodo de 14 h de luz y 22°C de temperatura constante. Al cabo de un mes se contabilizó el número de brotes formados (verdes o albinos) y se calcularon las siguientes variables: nº de brotes totales (verdes+ albinos)/nº total de callos (TSV), nº de brotes verdes/nº total callos (TSVC), nº de brotes verdes a partir de callos compactos/nº total callos compactos (SCC), nº de brotes verdes a partir de callos blandos/nº total callos blandos (SSC) y nº total brotes verdes/nº total embriones (R). Los ANOVA de estas variables, revelaron diferencias significativas entre las poblaciones para cada una de las variables estudiadas.

Los seis genotipos han sido clasificados en función de su aptitud para la regeneración de plantas a partir del cultivo *in vitro* de embriones inmaduros (variable R). Así, las dos poblaciones con $2n = 30$ cromosomas, Bd238 y Bd341, fueron las de mejor comportamiento mientras que las poblaciones Bd160 y 'Zulema' con $2n = 10$ cromosomas, mostraron la respuesta más baja.

Palabras clave: *Brachypodium distachyon*, embriones inmaduros, citotipos, cultivo *in vitro*.

Abstract

In vitro culture of immature embryos in three cytotypes of *Brachypodium distachyon* (L.) P. Beauv.

In this work the *in vitro* culture response of six population samples of *Brachypodium distachyon* (two by each one of the cytotypes of $2n = 10$; $2n = 20$; $2n = 30$) has been analyzed. Immature zygotic embryos

1. Autor para correspondencia: rifkah82@yahoo.fr

<http://dx.doi.org/10.12706/itea.2013.016>

were seeded for callus induction in nine culture media (BR1 to BR9), that were different to each other in the growth regulator kind of (2, 4-dichlorophenoxyacetic acid (2, 4-D), Picloran or Dicamba) and concentration (1, 2 or 4 mg/l), with four repetitions with 20 embryos per treatment. Results were subsequently analyzed using an ANOVA test for the following variables: TC = total calluses number / total embryos number; CC = compact calluses number / total calluses number; SC = soft calluses number / total calluses number. A very different response among them, as much for the number as for the type of callus developed, has been observed, based on the genotype and culture medium used. Thus, the samples with $2n = 30$ chromosomes gave rise to a greater number of total calluses and embryogenic calluses. The culture mediums that induced the best response were those that contained 2, 4-D in all the concentrations tested. The obtained calluses were distributed in four repetitions and they were seeded in the regeneration media containing N6-benzyl-aminopurine BAP (0.5 mg/l) and were transferred to a chamber growth with a photoperiod of 14 h light and a constant temperature of 22°C. After a month, the number of developed buds (green or albinos) was counted and were estimated the following variables: TSV = total number of buds (green + albinos) / total number of calluses; TSVC = number of green buds / total number of calluses; SCC = number of green buds from compact calluses / total number of compact calluses; SSC = number of green buds from soft calluses / total number of soft calluses; Total green buds / total immature embryos (R). The ANOVA test for each one of the variables revealed significant differences between the populations. The study of the variable R, that summarizes the response of the *in vitro* culture, has allowed classifying the six populations based on its aptitude for the regeneration of plants from the *in vitro* culture of immature embryos. Thus, two populations of $2n = 30$ chromosomes, Bd238 and Bd341 were those of the best behavior, whereas the populations Bd160 and 'Zulema' with $2n = 10$ chromosomes, showed the lowest response.

Key words: *Brachypodium distachyon*, immature embryos, cytotypes, *in vitro* culture.

Introducción

Brachypodium distachyon ($2n = 10$) se ha propuesto como especie modelo de los cereales de climas templados entre los que se encuentran el trigo, la cebada y el centeno (Draper et al., 2001). Esta especie presenta una serie de ventajas para llevar a cabo estudios de genómica funcional. Entre ellas destacan su pequeño genoma (335-400 Mpb), la reproducción autógena, el pequeño porte, su ciclo vegetativo corto (11 a 18 semanas), la sencillez de cultivo y la posibilidad de su cultivo a altas densidades de siembra (Opanowicz et al., 2011). Actualmente, se incluyen dentro de esta especie otros citotipos con $2n = 20$ y $2n = 30$ cromosomas, aunque estudios recientes indican que el citotipo con $2n = 20$ podría tratarse de una especie diferente y el de $2n = 30$ sería un anfigenoma entre las formas de 10 y las de 20

cromosomas (Filiz et al., 2009; Hammami et al., 2011b). Recientemente, Catalán et al. (2012) han propuesto que los tres citotipos se corresponden con tres especies diferentes que serían *Brachypodium distachyon* ($2n = 10$), *B. stacei* ($2n = 20$) y el aloploidio entre ambas *B. hybridum* ($2n = 30$). Además, *Brachypodium* se está comenzando a utilizar en la protección de suelos en terrenos sometidos a erosión por escorrentía como es el caso de los olivares (Soler et al., 2004). Así, se han comercializado líneas de *Brachypodium* con $2n = 10$ ('Zulema') y con $2n = 30$ ('Ibros').

Además de otras características, es deseable que una especie modelo posea una buena respuesta al cultivo *in vitro*, ya que muchas de las aplicaciones a desarrollar y de los estudios básicos que se deseen hacer, requieren la posibilidad de regenerar plantas adultas y fértiles a partir de células o tejidos. En este sentido, desde la proposición de *B. distach-*

yon como modelo de cereales de climas templados, se han llevado a cabo estudios de respuesta al cultivo *in vitro* en diferentes poblaciones (Bablak et al., 1995; Draper et al., 2001 Hammami et al., 2011a).

En gramíneas, se han desarrollado diferentes medios de cultivo con el fin de inducir la embriogénesis somática a partir de embriones inmaduros, con respuestas muy variables (González et al., 2001; Kilinic, 2004; Sener et al., 2008). De acuerdo con Evans et al. (1981) la mayoría de los sistemas embriogénicos requieren de una concentración alta de auxina en el medio para la inducción de los embriones somáticos. En el caso de las gramíneas, la auxina más utilizada es el ácido 2,4-Diclorofenoxiacético (2,4-D). Otras auxinas sintéticas tales como el Picloran, el ácido 2-benzothiazolacético y el ácido paraclorofenoxiacético también han resultado ser bastante efectivas en algunos casos (Kilinic, 2004; Sener et al., 2008).

Previo a este trabajo se llevó a cabo un estudio de cultivo *in vitro* de embriones inmaduros de una colección de 23 poblaciones autóctonas españolas de *B. distachyon* y dos líneas comerciales 'Ibros' y 'Zulema' en dos medios de inducción de embriogénesis somática: MS y MSm diferenciados solamente por el tipo de azúcar añadido al medio (Hammami et al., 2011a). Los resultados de este trabajo mostraron una amplia diversidad genética en la respuesta al cultivo *in vitro* de embriones inmaduros, de manera que la colección abarca poblaciones recalcitrantes al cultivo y otras con respuestas aceptables. En el presente trabajo se estudiaron seis poblaciones de *B. distachyon* (dos por cada citotipo) y se ensayaron nueve medios de inducción de embriogénesis somática. Los medios se basaron en el puesto a punto previamente (Hammami et al., 2011a) y se diferenciaron en el tipo de auxina (ácido 2,4-Diclorofenoxiacético (2,4-D), Picloran o Dicamba) y en su concentración en el medio de inducción (1 mg/l, 2 mg/l y 4 mg/l). Con este estudio se

pretende estudiar: *i*)- la respuesta al cultivo *in vitro* de los 3 citotipos ($2n = 10$, 20 y 30) de *Brachypodium*, *ii*)- la influencia del regulador de crecimiento y su concentración en la estimulación de la capacidad embriogénica en las tres formas, *iii*)- la capacidad para regenerar plantas a partir de los callos obtenidos en la fase anterior.

Materiales y métodos

Material Vegetal

Se han utilizado embriones inmaduros procedentes de cinco poblaciones silvestres de *Brachypodium distachyon*, con diferentes números cromosómicos: Bd160 y la variedad comercial 'Zulema' con $2n = 10$; Bd114 y Bd115 con $2n = 20$; Bd 238 y Bd341 con $2n = 30$. Las poblaciones silvestres fueron recolectadas por el grupo que dirige la Dra. Soler en varias expediciones en los últimos años en distintas localidades de la Península ibérica. Este material está incluido dentro de una amplia colección de especies de gramíneas silvestres españolas que se conserva en la Unidad de Mejora Genética Vegetal del INIA (Departamento de Medio Ambiente, finca La Canaleja, Alcalá de Henares). La variedad 'Zulema' fue obtenida por domesticación y selección a partir de una población silvestre por el mismo grupo y ha sido registrada y aprobada por la Oficina de Variedades Europeas para su comercialización por la empresa Agrosa Semillas S.A.

Medios de cultivo

Se han empleado nueve medios de cultivo. El medio basal consistió en el medio de Muras-hige y Skoog (1962) suplementado con 30 g/l de maltosa y conteniendo 2,4-D, Dicamba o Piclorán a concentraciones de 1, 2 ó 4 mg/l, denominados medios BR1 (1 mg/l 2,4-D) a BR9 (4 mg/l Piclorán).

Inducción de callos a partir de embriones cigóticos inmaduros de *B. distachyon*

Los embriones se obtuvieron de semillas en formación con una edad entre 15-25 días después de la antesis. Se procedió a la desinfección de las semillas con una solución 1:5 Domestos™ manteniéndose en esta solución con agitación suave durante 20 minutos. Luego se lavaron 6 veces con agua destilada estéril en una campana de flujo laminar. Las semillas desinfectadas se diseccionaron con pinzas estériles bajo observación con lupa estereoscópica. De cada semilla se extrajo el embrión junto al escutelo colocándose el embrión en contacto con el medio de cultivo. El tamaño de los embriones varió entre 0,3 y 0,7 mm.

Se realizaron cuatro repeticiones de 20 embriones cada una, para cada uno de los medios y población. Las placas se cerraron con Parafilm y se mantuvieron 4 ó 5 semanas en una estufa a 25°C y en oscuridad. Se contabilizó el número de callos compactos o embriogénicos, caracterizados por ser de consistencia sólida y con estructuras globulares en su superficie y de callos blandos, caracterizados por su consistencia acuosa. A partir de los datos obtenidos se calcularon las siguientes variables: n° de callos totales/n° total de embriones (TC); n° de callos embriogénicos/n° total de callos (CC); n° de callos blandos/n° total de callos (SC). Se ha llevado a cabo un análisis de varianza de dos vías para cada una de las tres variables: TC, CC y SC. Previo a este análisis estadístico, se llevó a cabo la transformación de los valores de las variables con el $\text{arc sen}\sqrt{x}$, con el fin de normalizar la distribución. A continuación se realizó un test de LSD (Mínima Diferencia Significativa) con el fin de comparar las medias de cada una de las poblaciones y medios de inducción de callos empleados.

Regeneración de plántulas

Los callos obtenidos se distribuyeron en cuatro repeticiones y se sembraron en un medio de regeneración (G1), similar al medio de inducción de callos pero conteniendo 6-bencilaminopurina BAP (0,5 mg/L) como regulador de crecimiento, y se mantuvieron en una cámara climática con un fotoperiodo de 14 h de luz y 22°C de temperatura constante. Al cabo de un mes se contabilizó el número de brotes formados (verdes o albinos) por cada tipo de callo y se calcularon las siguientes variables n° de brotes totales (verdes + albinos)/n° total de callos (TSV), n° de brotes verdes/n° total de callos (TSVC), n° de brotes verdes a partir de callos compactos/n° total de callos compactos (SCC), n° total de brotes verdes a partir de callos blandos/n° total de callos blandos (SSC), n° total de brotes verdes/n° total embriones inmaduros (R). Se realizó un análisis de varianza a cada una de las variables estimadas en la fase de regeneración de brotes. Previamente al ANOVA se procedió a la normalización de las variables mediante la aplicación de las siguientes transformaciones, TSC: $\text{arc sen}\sqrt{x/10}$, TSVC: $\text{arc sen}\sqrt{x/10}$, SCC: $\text{arc sen}\sqrt{x/100}$, SSC: $\text{arc sen}\sqrt{x/10}$, R: $\text{arc sen}\sqrt{x/10}$.

Resultados

Fase de inducción de callos

El número total de embriones puestos en cultivo en los diferentes medios ha sido de 4.400. Después de un mes de cultivo se observaron diferentes tipos de callos: compactos o embriogénicos, blandos, necróticos y en algunos casos varios tipos diferentes en un mismo callo.

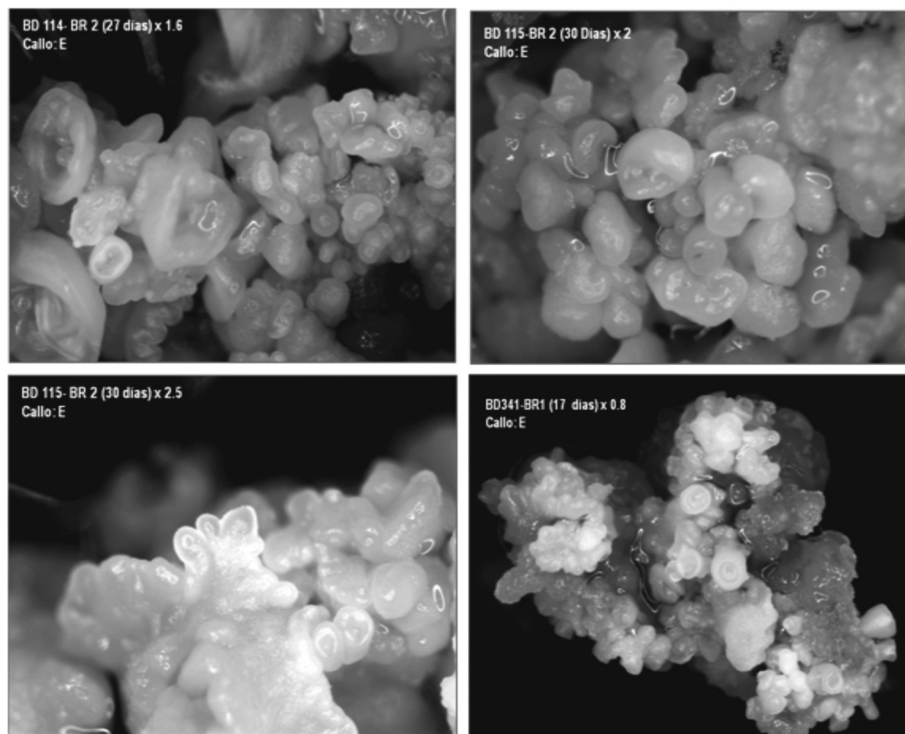


Figura 1. Respuesta a la inducción de callos embriogénicos sobre medios BR1y BR2 de los embriones inmaduros procedentes de Bd114 ($2n = 20$), Bd115 ($2n = 20$) y Bd341 ($2n = 30$).

Ejemplos de callos embriogénicos (E).

Figure 1. Response to embryogenic callus induction on medium BR1 and BR2 of immature embryos from Bd114 ($2n = 20$), Bd115 ($2n = 20$) and Bd341 ($2n = 30$). Examples of embryogenic calls (E).



Figura 2. Respuesta a la inducción de callos embriogénicos sobre medios BR3 y BR4 de embriones inmaduros procedentes de Bd114 ($2n = 20$). Ejemplos de callos fofos (F).

Figure 2. Response to embryogenic callus induction on medium BR3 and BR4 of immature embryos from Bd114 ($2n = 20$). Examples of soft callus (F).

En las figuras 1 y 2 se muestran algunos ejemplos de los diferentes tipos de callos encontrados. A partir de la respuesta de los diferentes citotipos en los 9 medios de cultivo ensayados, se calcularon las variables TC, CC y SC y se llevó a cabo un análisis de varianza en función de la población, medio de inducción de callos y la interacción entre ellos (Tabla 1). Se puede observar que en todos los casos las diferencias

fueron altamente significativas. El test de LSD ha permitido agrupar los genotipos en función de su respuesta para las diferentes variables. En el caso de la variable TC, las poblaciones con $2n = 20$ cromosomas (Bd114 y Bd115) son las que dieron los valores más bajos y se comportaron de manera diferente al resto de las poblaciones, que no mostraron diferencias significativas entre ellas (Tabla 2).

Tabla 1. Resultados del ANOVA de las tres variables analizadas:
n° de callos totales/n° total de embriones (TC); n° de callos compactos/n° total de callos (CC);
n° de callos blandos/n° total de callos (SC)
*Table 1. Results of the ANOVA of three analyzed variables: TC = total calluses number / total embryos number; CC = compact calluses number / total calluses number;
SC = soft calluses number / total calluses number*

Variables	Fuente Variación	g.l	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Coficiente-F
TC	Población (G)	5	46802	9360	35,16***
	Medio (M)	8	21677	2709	10,18***
	G x M	40	19913	497	1,87***
	Residuos	162	43129	266	–
	Total	215	131523	–	–
CC	Población (G)	5	63824	12764	47,95***
	Medio (M)	8	37106	4638	17,42***
	G x M	40	48010	1200	4,51***
	Residuos	162	43125	266	–
	Total	215	192067	–	–
SC	Población (G)	5	106453	21290	53,86***
	Medio (M)	8	16332	2041	5,16***
	G x M	40	45325	1133	2,87***
	Residuos	162	64037	395	–
	Total	215	232147	–	–

*** = significativa $p < 0,001$.

Los callos embriogénicos son los que presentan un mayor interés por ser los que generalmente presentan una mayor capacidad para regenerar plántulas. Por ello se ha realizado un estudio de la producción de los callos embriogénicos y también de los callos blandos en

las seis poblaciones utilizadas. El análisis de varianza mostró diferencias significativas en todos los casos y el test de LSD realizado para la variable CC indica la existencia de diferencias entre las muestras procedentes de las poblaciones de distintos niveles cromosómicos.

Bd160 y 'Zulema', con $2n = 10$, son las que presentaron una respuesta más baja mientras que Bd238 y Bd341 con $2n = 30$ y Bd115 ($2n = 20$) presentaron la respuesta más alta. Respecto a la variable SC, las muestras de $2n = 10$ cromosomas son los que dieron valores más altos, estadísticamente diferentes a los restantes y en especial a los que tiene $2n = 20$, que son los que mostraron los valores más bajos (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados de la comparación múltiple de las distintas poblaciones analizadas para las variables TC, CC, y SC. Poblaciones seguidas de la misma letra no son significativamente diferentes (Test LSD)

Table 2. LSD Results of different populations for the variables TC, CC and SC

Población	Variables		
	TC	CC	SC
Bd160	b	a	d
'Zulema'	b	a	d
Bd114	a	b	a
Bd115	a	c	a
Bd238	b	c	c
Bd341	b	c	b

Se realizó un ANOVA de cada una de las variables (TC, CC y SC) en función del medio de inducción de callos (BR1 a BR9) y también se aplicó un test de LSD. Los resultados obtenidos indican que para el caso de las variables TC y CC los medios BR1, BR2 y BR3 que están suplementados con tres concentraciones diferentes del 2.4-D (1 mg/l, 2 mg/l, y 4 mg/l, respectivamente) y el medio BR6 conteniendo Dicamba (4 mg/l) fueron los que en mayor medida favorecieron la formación de callos totales y en particular de callos compactos, mientras que en los medios BR7, BR8

y BR9 preparados con Piclorán (1mg/l, 2mg/l y 4mg/l, respectivamente) son los que presentaron los valores más bajos para estas variables (Tabla 3). Respecto a la variable SC, la diferencia entre los nueve medios no es tan clara, aunque en general los medios suplementados con Piclorán indujeron una mayor proporción de callos blandos (Tabla 3).

Tabla 3. Resultados de la comparación múltiple de los distintos medios de cultivo analizados para las variables TC, CC, y SC. Poblaciones seguidas de la misma letra no son

significativamente diferentes (Test LSD)

Table 3. LSD Results of different culture mediums for the variables TC, CC and SC

Medio	Variables		
	TC	CC	SC
BR1	cd	d	ab
BR2	d	d	ab
BR3	d	d	a
BR4	ab	a	abc
BR5	bc	bcd	abc
BR6	bcd	cd	abc
BR7	a	a	bc
BR8	ab	ab	c
BR9	ab	abc	c

Fase de regeneración de plántulas

La obtención de brotes verdes a partir de los callos, es una de las etapas más críticas en el proceso de cultivo *in vitro* vegetal. Los callos obtenidos en cada uno de los nueve medios de inducción (BR1 a BR9) se distribuyeron en cuatro réplicas y fueron sembrados en el medio de germinación G1. En la Figura 3 se muestran imágenes de plántulas obtenidas a partir de diferentes poblaciones.

Tabla 4. Resultado del ANOVA de las variables analizadas: nº de brotes totales (verdes+ albinos)/nº total de callos (TSV), nº de brotes verdes/nº total callos (TSVC), nº de brotes verdes a partir de callos compactos/nº total callos compactos (SCC), nº de brotes verdes a partir de callos blandos/nº total callos blandos (SSC) y nº total brotes verdes/nº total embriones (R)

Table 4. Result of the ANOVA of analyzed variables : TSV = total number of buds (green + albinos) / total number of calluses; TSVC = number of green buds / total number of calluses; SCC = number of green buds from compact calluses / total number of compact calluses; SSC = number of green buds from soft calluses /total number of soft calluses; Total green buds/total immature embryos R

Variables	Fuente Variación	g.l	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Coefficiente-F
TSC	Entre poblaciones	5	2084	416	17,61***
	Dentro población	18	425	23	–
	Total	23	2510	–	–
TSVC	Entre poblaciones	5	1787	357	17,29***
	Dentro población	18	372	10	–
	Total	23	2159	–	–
SCC	Entre poblaciones	5	853	170	16,57***
	Dentro población	18	185	10	–
	Total	23	1039	–	–
SSC	Entre poblaciones	5	689	137	3,87 (ns)
	Dentro población	18	641	35	–
	Total	23	1331	–	–
R	Entre poblaciones	5	1701	340	17,07***
	Dentro población	18	358	19	–
	Total	23	2060,71	–	–

*** = significativa $p < 0,001$; (ns) = no significativa.

A partir de los resultados obtenidos se calcularon las variables TSVC, TSC, SCC, SSC y R y se llevó a cabo un ANOVA. En la Tabla 4, se muestran los resultados del análisis de la varianza de las cinco variables estudiadas. En todos los casos se han observado diferencias estadísticamente significativas, excepto para la variable SSC. La falta de significación para los brotes verdes derivados de callos blandos, probablemente se debe al pequeño número de callos blandos que regeneraron plantas, con una notable variación entre las distintas poblaciones y con desviaciones típicas muy

grandes, que hacen que las comparaciones resulten no significativas.

Se ha aplicado un test de LSD para las cuatro plántulas restantes con el fin de agrupar las poblaciones que presentan una respuesta similar. Los resultados se detallan en la Tabla 5.

En general se observa que, para las variables TSC, TSVC, SCC y R las poblaciones con $2n = 30$, Bd238 y Bd341 son las que muestran mayores valores, mientras que las poblaciones con $2n = 10$, Bd160 y 'Zulema' son las que presentan valores más bajos.

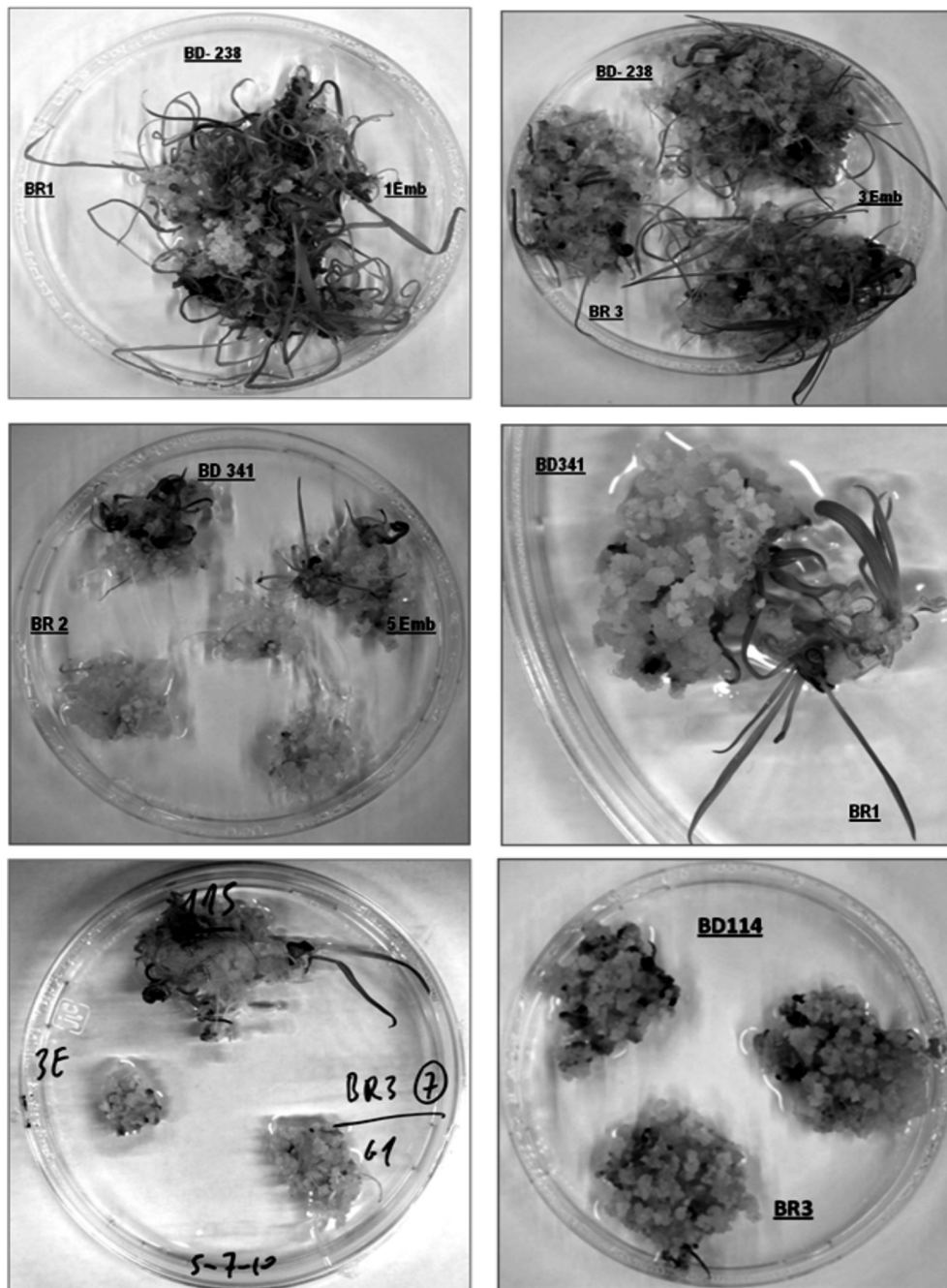


Figura 3. Resultados de la regeneración de brotes verdes a partir de callos compactos de las poblaciones Bd238, Bd341, Bd115 y Bd114, obtenidos en los medios de inducción BR1, BR2 y BR3.

Figure 3. Results of green shoot regeneration of compact callus from BD238 Bd341, and Bd114 Bd115 obtained in induction medium BR1, BR2 and BR3.

Tabla 5. Resultados de la comparación múltiple de las distintas poblaciones analizadas para las variables TSV, TSVC, SCC, y R. Poblaciones seguidas de la misma letra no son significativamente diferentes (Test LSD)

Table 5. LSD Results for the variables TSV, TSVC, SCC, SSC and R

Población	Variables				
	TSC	TSVC	SCC	SSC	R
Bd160	a	a	a	a	a
'Zulema'	a	ab	b	ab	ab
Bd114	b	bc	ab	a	abc
Bd115	b	c	b	a	bc
Bd238	c	d	c	ab	d
Bd341	b	c	b	b	c

La variable R puede considerarse como una estimación global de la capacidad de una población dada para regenerar brotes a partir del cultivo *in vitro* de embriones inmaduros. La población Bd238 es la que mostró un valor más elevado, al alcanzar las 2,21 plantas regeneradas por embrión inmaduro cultivado *in vitro*. Este valor es casi cinco veces superior al de la población Bd341 que alcanzó un valor de 0,47.

Discusión

En los últimos años se ha propuesto a *Brachypodium distachyon* como especie modelo de los cereales de climas templados, por lo que es necesario contar con herramientas que permitan abordar tanto estudios básicos como aplicaciones biotecnológicas. Así, es necesario disponer de protocolos de cultivo *in vitro*, que permitan regenerar plantas a partir de diferentes explantes y además disponer de genotipos que respondan adecuadamente al cultivo *in vitro*. En este trabajo se ha estudiado la respuesta al cultivo *in vitro* de embriones inmaduros de una muestra de pobla-

ciones silvestres de la especie *B. distachyon* con diferente número de cromosomas, recolectadas en la Península Ibérica (Soler et al., 2004). Además, en la vertiente aplicada interesa como fuente de obtención de variedades útiles para la protección de suelos, especialmente en relación con cultivos leñosos.

En cereales, los embriones inmaduros son los explantes que mejor respuesta han mostrado al cultivo *in vitro*. (Ahloowalia, 1982; González et al., 2001; Rikiishi et al., 2003; Halámkova et al., 2004; Li et al., 2006; Chauhan et al., 2007). En el caso de *B. distachyon* se han obtenido callos embriogénicos y regeneración de plantas con anterioridad al presente trabajo, si bien en un reducido número de materiales (Babla et al., 1995; Christiansen et al., 2005; Bahar et al., 2008), no habiéndose llevado a cabo una comparación de resultados entre citotipos con diferente número de cromosomas.

A la vista de los resultados obtenidos en un ensayo previo de cultivo *in vitro* limitado a dos medios de cultivo (Hammami et al., 2011a), se eligieron seis poblaciones con diferentes números cromosómicos. A partir de estos materiales se ha llevado a cabo un es-

tudio sobre la influencia de los diferentes niveles cromosómicos de las poblaciones analizadas, el tipo y la concentración de la auxina añadida a los medios (2,4-D, Dicamba o Piclorán) y la interacción 'medio x población'.

En la primera etapa del cultivo, consistente en la inducción de callos, se analizaron tres variables diferentes: TC, CC y SC, y se aplicó un ANOVA y un test de LSD para cada una de ellas. Todos los ANOVA resultaron significativos tanto para el genotipo, el medio de cultivo y su interacción. Del análisis global de los resultados de esta primera fase hay que señalar que las poblaciones con $2n = 10$ fueron las que produjeron callos compactos en menor cantidad y mayor de callos blandos. Las poblaciones con $2n = 20$ y $2n = 30$ tuvieron un comportamiento similar para la producción total de callos y diferente de las poblaciones de 10 cromosomas. Respecto a la producción de callos compactos fueron las poblaciones con $2n = 30$ y la población Bd 115 ($2n = 20$) las que tuvieron una respuesta similar y más alta. El análisis de varianza de la variable CC mostró diferencias estadísticamente significativas entre los distintos materiales ensayados para las tres variables citadas. Además, el test de LSD aplicado a los datos reveló también la existencia de diferencias significativas entre las muestras pertenecientes a las poblaciones de distintos niveles cromosómicos. Los materiales de menor número de cromosomas ($2n = 10$) son los que manifestaron las respuestas más bajas en cuanto a la producción de callos compactos/total de callos formados. Son además los que produjeron un porcentaje más alto de callos blandos. Los restantes materiales, con $2n = 20$ y $2n = 30$, presentaron unas buenas respuestas con niveles más altos para esta variable.

La influencia de la composición del medio en el desarrollo de los embriones inmaduros ha sido estudiada en trabajos previos de otros autores (Carman et al., 1988; Hanzel et al., 1985). En este sentido, Elwafa y Ismail (1999), y Alok

et al. (1999), han propuesto que la formación de callos depende de varios factores determinantes tales como el tipo del explante (Vasil, 1994) y su estado de maduración (Varshney et al., 1996), el tamaño del embrión (Draper et al., 2001) y la composición nutricional del medio de cultivo empleado (Mathias y Simpson, 1986; Ahmad et al., 2002).

Los resultados del presente trabajo confirman lo observado por Serhantová et al. (2004), que analizaron la respuesta al cultivo *in vitro* de 13 cultivares de cebada en medios suplementados con 2,4-D, Dicamba y Piclorán. De los 13 genotipos, en 11 de ellos se obtuvieron los porcentajes más altos de callos embriogénicos en los medios que contenían 2,4-D. De estos 11 genotipos en 8 de ellos no se encontraron diferencias significativas entre los medios que contenían Dicamba o Piclorán y concluyeron que la mejor respuesta la presentan los embriones sembrados en medios preparados con 2,4-D a una concentración igual a 2,5 mg/l. De igual manera, Sikandar et al. (2007), estudiaron la respuesta al cultivo de embriones maduros en dos variedades de trigo harinero y sugirieron que la frecuencia de callos embriogénicos variaba en función de la concentración de 2,4-D y observaron un potencial máximo a una concentración de 3,5 mg/l en las variedades utilizadas. También, Shafquat et al. (2009) estudiaron la respuesta al cultivo *in vitro* de tres variedades de *Triticum aestivum* en diferentes concentraciones de auxinas y sugirieron que la variedad 'Khirman' produjo un porcentaje alto de callos compactos en un medio suplementado con 2,4-D (1 mg/l) + kin (1 mg/l) + NAA (2 mg/l) mientras que la variedad 'Soghat-90' mostró la misma respuesta en los diferentes medios de cultivo. Kilinc (2004) analizó el comportamiento al cultivo *in vitro* de embriones maduros procedentes de siete cultivares de trigo blando en medios preparados con distintas concentraciones de Dicamba (2,5; 5; 7,5 y 10 mg/l) y sus resultados muestra-

ron que la tasa de formación de callos está influida significativamente por el genotipo y la concentración de auxina, obteniéndose las tasas más altas de callos cuando se empleó una concentración de 5 mg/l de Dicamba.

En nuestro estudio, los medios BR1, BR2 y BR3 que contienen la auxina 2,4-D a unas concentraciones de 1 mg/l, 2 mg/l y 4 mg/l, respectivamente, son los que mejor respuesta ofrecieron a la producción de callos embriogénicos. Por el contrario, los medios BR7, BR8 y BR9, que contienen Piclorán (1 mg/l, 2 mg/l y 4 mg/l, respectivamente) ofrecieron los valores más bajos de formación de callos embriogénicos y unos porcentajes altos de callos blandos.

Las poblaciones con números de cromosomas superiores ofrecen mejor respuesta, lo que coincide con los resultados obtenidos por Christiansen (2005), que analizó la respuesta al cultivo *in vitro* a partir de embriones inmaduros de 4 poblaciones de *B. distachyon* y concluyó que los genotipos BDR017 y BDR030 ambos con $2n = 20$ daban tasas de inducción de callos embriogénicos muy altas y próximas al 91%. Por el contrario, los genotipos BDR001 y BDR018, que poseen un número cromosómico de $2n = 10$, mostraban unas tasas de inducción de callos más bajas (30%).

La segunda fase del cultivo *in vitro* consiste en la regeneración de brotes verdes y constituye una de las etapas más críticas. En el presente estudio esta fase se ha analizado a partir de las variables: TSV, TSVC, SCC, SSC y R. Los análisis estadísticos realizados, ANOVA y test de LSD han resultado significativos en casi todos los casos. Las poblaciones Bd238 y Bd341 ($2n = 30$) fueron las que ofrecieron la mejor respuesta en cuanto a la regeneración de plántulas. Es de destacar que las poblaciones con $2n = 20$ cromosomas han formado un número de plántulas verdes más bajo del que sería previsible en función de la alta tasa de callos embriogénicos formados en la fase

anterior. De hecho, los genotipos de $2n = 20$, dieron lugar a callos compactos de gran tamaño, cuyas superficies presentaban, en algunos casos, centenares de embriones somáticos. Sin embargo, al pasarlos al medio de germinación, se observó que un gran porcentaje de estos callos apenas producían brotes y tras dos semanas de cultivo aparecían unas zonas necróticas en los callos, que finalmente no dieron lugar a brotes verdes. Este fenómeno no había sido observado en el ensayo preliminar (Hammami et al., 2011a), lo que sugiere una influencia de las condiciones en que se han desarrollado las plantas donadoras de los embriones.

Estos resultados apoyarían los resultados de Hess y Carman (1998), quienes afirmaron que las condiciones ambientales en las que crecen las plantas podrían afectar la concentración endógena de hormonas, ralentizando la capacidad para formar callos embriogénicos, independientemente del genotipo utilizado. De igual manera, Dejan et al. (2010), analizaron la respuesta al cultivo *in vitro* de 96 genotipos de trigo harinero, demostraron la importancia de los factores climáticos tales como la temperatura y la lluvia en la producción de callos, en el ciclo vegetativo de las plantas.

Papenfus y Carman (1987), Ozgen et al. (1998), y Benkirane et al. (2000), informaron que cuando el trigo se cultiva en condiciones óptimas, la fase de inducción de callos y la fase de regeneración de plantas verdes son fenómenos independientes. Las poblaciones de *Brachypodium* analizadas en el presente trabajo confirman esta hipótesis y permiten concluir que el proceso de cultivo *in vitro* está determinado por dos fases separadas en el tiempo y que cada una debe contar con un sistema de control genético distinto (Hammami et al., 2011a). En las fases de crecimiento de embriones o de callos podrían intervenir varios genes reguladores, como han explicado Bhaskaran y Smith (1990) y Bregitzer y Campbell (2001), quienes han sugerido

además que la fase de regeneración de plántulas podría depender de un sistema poligénico bajo el control de una serie de genes reguladores desconocidos.

Finalmente, la estimación global de la capacidad de una población para regenerar plantas, partiendo del cultivo *in vitro* de embriones inmaduros y estimada a partir de la variable R, indica notables diferencias estadísticamente significativas entre las seis poblaciones evaluadas. Así, Bd238 ($2n = 30$) mostró el valor más elevado, alcanzando un porcentaje de 2,21 plantas regeneradas/embrión cultivado, seguida por la población Bd341 ($2n = 30$) con un valor próximo a 0,47. Las poblaciones que peor aptitud mostraron fueron las de 10 cromosomas y Bd114 ($2n = 20$). Estos resultados sugieren que las poblaciones con $2n = 30$ que actualmente se corresponderían con la especie *B. hybridum* (Catalán et al. 2012) serían los más apropiadas para la regeneración *in vitro*, y por tanto su aplicación en proyectos biotecnológicos.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado gracias a la financiación del Ministerio de Ciencia e Innovación (proyectos AGL2006-09018-C02-01GL; AGL-2009-10373), R. Hammami, agradece al Ministerio de Educación y Ciencia la beca concedida para la realización de este trabajo (BES-2007-14361).

Bibliografía

- Ahloowalia BS, 1982. Plant regeneration from callus culture in wheat. *Crop.Sci.* 22: 405-410.
- Ahmad A, Zhong H, Wang W, Sticklen MB, 2002. Shoot apical meristem. *In vitro* regeneration and morphogenesis in wheat (*Triticum aestivum*). *In vitro Cell Development. Biol. Plant.* 38: 163-167.
- Alok V, Jain S, Kathari SL, Varshney A, Jsin S, 1999. Plant regeneration from mature embryos of 20 cultivars of wheat (*Triticum aestivum* L. and *T. durum* Desf.). *Cereal Res. Comm.* 27 (1-2): 163-170.
- Babla P, Draper J, Davey MD, Lynch PT, 1995. Plant regeneration and micropropagation of *Brachypodium distachyon*. *Plant cell Tissue and Organ Culture.* 42: 97-107.
- Bahar SO, Hernandez P, Filiz E, Budak H, 2008. *Brachypodium* genomics. *Journal of Plant Genomics.*, doi. 10.1155/2008/536014.
- Benkirane H, Abounji Chlyah SA, Chlyah H, 2000. Somatic embryogenesis and plant regeneration from fragments of immature inflorescences and coleoptiles of *durum* wheat plant. *Cell Tissue and Organ Culture* 61: 107-113.
- Bhaskaran S, Smith RH, 1990. Regeneration in cereal tissue culture. A review. *Crop Sci.* 30: 1328-1336.
- Bregitzer P, Campbell RD, 2001. Genetic markers associated with green and albino plant regeneration from embryogenic barley callus. *Crop. Sci.* 41: 173-179.
- Carman JG, Jefferson NE, Campbell WF, 1988. Induction of embryogenic *Triticum aestivum* L. calli. Quantification of genotype and culture medium effects. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 12:83-95.
- Catalán P, Müller J, Hasterok R, Jenkins G, Mur LA, Langdon T, Betekhtin A, Siwinska D, Pimentel M, López-Alvarez D, 2012. Evolution and taxonomic split of the model grass *Brachypodium distachyon*. *Ann Bot.* 109(2) 385-405.
- Chauhan H, Srinivas AD, Khurana P, 2007. Comparative analysis of the differential regeneration response of various genotypes of *Triticum aestivum*, *Triticum durum* and *Triticum dicoccum*. *Plant Cell Tissue Organ Culture* 91: 191-199.
- Christiansen P, Andersen CH, Didion T, Folling M, Nielson KK, 2005. A rapid and efficient transformation protocol for the grass *Brachypodium distachyon*. *Plant Cell* 23: 751-758.
- Dejan DI, Miroslov Z, Mitic N, Radomirka N, Stephen RK, Blazo L, Gordana SM, 2010. Morphologic responses of embryo culture of wheat re-

- lated to environment culture conditions of the explant donor plant. Sci. Agric (Piracicaba, Braz.) 67, n° 3.
- Draper J, Mur LAJ, Jenkins G, Ghosh-Biswas GC, Bablak P, Hasterok R, Routledge APM, 2001. *Brachypodium distachyon*. A New model system for functional genomics in grasses. Plant Physiology 127: 1539-1555.
- Elwafa AAA, Ismail AESA, 1999. Callus induction and plant regeneration from cultures of immature embryos of spring wheat. Aust. J. Agric Sci., 303, 13-23.
- Evans DA, Sharp WR, Flick CE, 1981. Growth and behavior of cell cultures: Embryogenesis and organogenesis. Thorpe T.A (ed). Tissue culture. Methods and applications in agriculture. Academic Press, Nueva York. Pp: 45-113.
- Filiz E, Ozdemir BS, Tuna M, Budak H, 2009. Diploid *Brachypodium distachyon* of Turkey: Molecular and Morphologic Analysis. T.Yamada and G.Spangenberg (eds.), Molecular Breeding of Forage and Turf, doi: 10.1007/978-0-387-39144-9_7; © Spring Science + Busniess Media, LIC 2009.
- González JM, Ferrer E, Jouve N, 2001. Influence of genotype and culture medium on callus formation and plant regeneration from immature embryos of *Triticum turgidum* Desf. Cultivars. Plant breeding vol 120 (6): 513-517.
- Halámková E, Vafera J, Ohnoutková L, 2004. Regeneration capacity of calli derived from immature embryos in spring barley cultivars. Biologia Plantarum 48(2): 313- 316.
- Hammami R, Cuadrado A, Frierio E, Jouve N, Soler C, González JM, 2011a. Callus induction and plant regeneration from immature embryos of *Brachypodium distachyon* with different chromosome number. Biologia plantarum. 55 (4): 797-800.
- Hammami R, Jouve N, Cuadrado A, Soler C, González JM, 2011b. Prolamin storage proteins and allopolyploidy in wild populations of the small grass *Brachypodium distachyon* (L.) P. Beauv. Plant Systematic and Evolution. 297, Issue 1-2: 99-111.
- Hanzel JJ, Miller JP, Rinkman MAB, Fendos E, 1985. Genotype and media effects on callus formation and regeneration in barley. Crop Sci. 25: 27-31.
- Hess JR, Carman JG, 1998. Embryogenic competence of immature wheat embryos: genotype, donor plant environment, and endogenous hormone levels. Crop Sci. 38: 249-253.
- Kilinc M, 2004. Effects of dicamba concentration on the embryo cultures of some bread wheat (*Triticum aestivum*). Genotypes. Biotechnol. And Biotechnol. 58-61 Eq. 18/2004/2.
- Li GY, Huang CY, Sui XX, He ZH, Sun QX, Xia XC, 2006. Tissue culture efficiency of different explants from wheat. Journal of Triticeae Crop., 26, 21-25 Mathias R.J., Simpson E.S., 1986. The interaction of genotype and culture medium on tissue culture response of wheat (*Triticum aestivum* L. em. Thell) callus. Plant Cell Tissue Organ Culture 7: 31-37.
- Murashige T, Skoog F, 1962. A revised medium for rapid growth bioassays with tobacco tissue culture. Physiologia Plantarum. 15(3): 473-497.
- Opanowicz M, Hands PH, Betts D, Parker ML, Toole GA, Mills ENC, Doonan JH, Drea S, 2011. Endosperm development en *Brachypodium distachyon*. Journal of Experimental Botany 62(2): 735-748.
- Ozgen M, Turet M, Altinok S, Sancak C, 1998. Efficient callus induction and plant regeneration from mature embryo culture of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. Plant Cell Reports 18: 331-335.
- Papenfus JM, Carman JG, 1987. Enhanced regeneration from wheat callus culture using dicamba and Kinetin. Crop Science 27: 588-593.
- Rikiishi K, Matsuura T, Maekawa M, Noda K, Takeda K, 2003. Barley lines allowing prominent high green shoot regeneration in cultures derived from immature embryos. Plant Breeding 122: 105-111.
- S, ner O, Can A, Arslan M, Celiktas N, 2008. Effects of genotype and picloram concentrations on callus induction and plant regeneration from immature inflorescence of spring Barley cultivars (*Hordeum Vulgare* L.). Biotechnol. 22: 915-920.
- Serhantová V, Ehrenbergerova J, Ohnoutková L, 2004. Callus induction and plant regeneration efficiency of spring barley cultivars registered in

- the Czech Republic. Plant Soil Environment. 50 (10): 456-462.
- Shafquat Y, Imtiaz AK, Abullah K, Nighat S, Ghulam SN, Mohammad AA, 2009. *In vitro* plant regeneration in bread wheat (*Triticum aestivum*). Pak. J. Bot. 41 (6): 1869-2876.
- Sikandar WA, Israr K, Iqbal M, 2007. Optimization of *in vitro* conditions for callus induction, proliferation and regeneration in wheat (*Triticum aestivum* L.) Biotechnology 6(3): 420-425.
- Soler C, Casanova C, Rojo A, 2004. Desarrollo de cubiertas vegetales a partir de gramíneas seleccionadas, para su explotación en tierras de olivar. Actas de Horticultura, nº 41, II Congreso de Mejora Genética de Plantas, León 2004.
- Varshney AT, Kant VK, Sharma A, Kothari SL, 1996. High frequency plant regeneration from immature embryo cultures of *Triticum aestivum* and *Triticum. Durum*. J. Cereal Res. Commun. 24: 409-416.
- Vasil IK, 1994. Molecular improvement of cereals. Plant. Mol. Biol. 25: 925-937.
- (Aceptado para publicación el 3 de abril de 2013)

Análisis proximal de carpóforos de *Agaricus subrufescens* Peck producidos sobre diferentes capas de cobertura

A. Pardo-Giménez^{*,1}, V.R. Figueirêdo^{**,***}, E.S. Dias^{***}, J.E. Pardo-González^{****}, M. Álvarez-Ortí^{*****} y D.C. Zied^{*****,*}

* Centro de Investigación, Experimentación y Servicios del Champiñón (CIES), C/ Peñicas, s/n, Apartado 63. 16220 Quintanar del Rey, Cuenca, España

** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Rodovia BR 420, KM 2,5 - Zona Rural, Santa Inês – Bahia, 45.320-000, Brasil

*** Universidade Federal de Lavras, Departamento de Biologia, Caixa Postal, 3037, CEP. 37200-000, Lavras/MG, Brasil

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

***** Faculdades Integradas de Bauru (FIB), Rua Rodolfina Dias Domingues, 11, Jardim Ferraz, 17056-100, Bauru, SP, Brasil

Resumen

Agaricus subrufescens Peck es un hongo cuyo cultivo ha despertado gran interés en todo el mundo en los últimos años, adquiriendo gran popularidad. Sus propiedades medicinales y culinarias hacen prever una rápida expansión del cultivo en todo el mundo. El trabajo plantea como objetivo principal la evaluación de la productividad y las características químicas de los carpóforos de *A. subrufescens*, que se han hecho fructificar sobre cinco capas de cobertura diferentes. Se ha llevado a cabo un ciclo de cultivo de *A. subrufescens* en condiciones controladas en el que se ha evaluado el rendimiento y la composición de los carpóforos cosechados. Las coberturas basadas en turba presentan mejor comportamiento que las basadas en suelo mineral. Los mejores resultados de productividad han sido proporcionados por la cobertura comercial Euroveen (9,71 kg dt⁻¹ compost). Exceptuando la humedad, no se han observado diferencias significativas en la composición de los champiñones cosechados, cuyos resultados resultan similares a los registrados en la bibliografía. En términos generales, destacan, junto a los bajos contenidos en humedad, los altos contenidos en proteína y los bajos contenidos en lípidos y el bajo valor energético de los carpóforos cosechados. Los resultados ponen de manifiesto que el contenido en humedad de los carpóforos se encuentra directamente influenciado por las características de la capa de cobertura utilizada para la fructificación, lo que, teniendo en cuenta que la comercialización de este hongo se lleva a cabo mayoritariamente tras un proceso de deshidratación, afecta directamente al rendimiento final del proceso productivo.

Palabras clave: *Agaricus blazei*, hongo medicinal, composición, calidad.

Abstract

Proximate analysis of sporophores of *Agaricus subrufescens* Peck produced on different casing layers

Agaricus subrufescens Peck is a mushroom whose cultivation has aroused great interest worldwide in recent years, gaining great popularity. A rapid expansion of culture throughout the world is foreseen

1. Autor para correspondencia: apardo.cies@dipucuenca.es

<http://dx.doi.org/10.12706/itea.2013.017>

because of their medicinal and culinary properties. This work assesses the productivity and chemical characteristics of the fruiting bodies of *A. subrufescens* that have been produced on five different casing layers. A growth cycle of *A. subrufescens* under controlled conditions has been carried out. The productivity and composition of the harvested fruiting bodies were evaluated. Peat-based casings have better performance than those based on mineral soil. The best results have been provided by the Euroveen commercial casing layer (9,71 kg dt⁻¹ compost). Except for moisture, no significant differences were observed in the composition of the mushrooms harvested, obtaining similar results to those reported in the literature. In general terms, the low moisture content, high protein and low fat contents and low energy value of the harvested mushrooms are noteworthy. The results show that the moisture content of the carpophores is directly influenced by the characteristics of the casing layers used for fruiting, which, considering that the marketing of this fungus is mainly performed after a process of dehydration, directly affects the final yield of the production process.

Key words: *Agaricus blazei*, medicinal mushroom, composition, quality.

Introducción

Los hongos son consumidos tradicionalmente como alimentos de alto valor nutritivo, y algunos de ellos también como suplementos dietéticos dado su valor medicinal. Entre ellos, *Agaricus subrufescens* Peck es un hongo cuyo cultivo ha despertado gran interés en todo el mundo en los últimos años, adquiriendo gran popularidad. Es frecuente encontrar referencias al mismo como *Agaricus blazei* (Murrill) ss. Heinemann o *Agaricus brasiliensis* Wasser aunque estos nombres se presentan, no sin cierta polémica, como incorrectamente aplicados o ilegítimos (Kerrigan, 2005; Wisitrassameewong et al., 2012). Conocido comúnmente en España como Champiñón del sol, se le menciona también como Cogumelo Piedade, Cogumelo do sol, Cogumelo de Deus, Portobello de almendra o Cogumelo medicinal en Brasil, Himematsutake, Agarikusutake y Kawariharatake en Japón, Ji Song Rong en China y Almond mushroom en Norteamérica (Firenzouli et al., 2007; Moukha et al., 2011).

El cultivo se encuentra bien establecido en Brasil, Japón, China y Korea (Gregori et al., 2008), aunque se está originando la expansión del cultivo a otros muchos países debido a su alto precio en los mercados internacionales, hecho que puede asociarse no solo a su im-

portante valor medicinal, debido a los numerosos compuestos bioactivos que contiene, sino también al culinario, dado su agradable aroma ligeramente almendrado (Largeveau et al., 2011). Se comercializa en fresco, pero mayoritariamente deshidratado o pulverizado, en cápsulas, comprimidos e infusiones, siendo también utilizado como ingrediente de productos cosméticos (Stamets, 2000; Wisitrassameewong et al., 2012).

Los hongos están comenzando a verse como alimentos funcionales y como fuente de medicinas fisiológicamente beneficiosas y no invasivas (CTICH, 2010). Las propiedades medicinales de *A. subrufescens* han sido destacadas en diversos estudios revisados recientemente por Wisitrassameewong et al. (2012). Se ha utilizado tradicionalmente para tratar muchas enfermedades comunes, como aterosclerosis, hepatitis, hiperlipidemia, diabetes, dermatitis y cáncer (Firenzouli et al., 2007). Entre las propiedades beneficiosas de *A. subrufescens* que han sido publicadas se encuentran reducciones en el crecimiento de tumores, actividades inmunomoduladoras, efectos inmunoestimuladores, actividades antimicrobianas y antivirales y efectos anti-alérgicos (Wisitrassameewong et al., 2012).

Además del interés por sus propiedades medicinales, *A. subrufescens* es un alimento que

presenta alto valor nutritivo, rico en proteínas, fibras y bajo contenido de grasas, y también cantidades elevadas de minerales, principalmente potasio, fósforo y calcio (Largeteau et al., 2011). El interés actual por parte de los consumidores de la búsqueda de alimentos saludables hace que el consumo de hongos constituya una alternativa alimentaria con la doble ventaja de tener, en algunas variedades, propiedades terapéuticas y poseer además proteínas en una concentración relativamente alta y de calidad (Henriques et al., 2008).

Para su cultivo se han adoptado los procesos y técnicas previamente establecidos para la producción de champiñón *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach, aunque la tecnología específica de cultivo se encuentra todavía en desarrollo.

Por otro lado, la aplicación de una capa de cobertura sobre el compost colonizado de micelio es una operación imprescindible en la producción comercial tanto de *A. bisporus* como de *A. subrufescens*. En esta capa es donde se produce el cambio de la fase de crecimiento vegetativo al reproductivo. En el caso de *A. bisporus*, numerosos materiales vienen siendo utilizados con este fin, siendo diferentes tipos de turbas los más extendidos en todo el mundo, debido principalmente a sus excepcionales propiedades estructurales y de retención de agua (Yeo y Hayes, 1979). Para el caso de *A. subrufescens*, los materiales utilizados vienen condicionados en la mayoría de los casos por la disponibilidad en los países productores. Así se utilizan habitualmente coberturas basadas en suelos minerales y distintos tipos de turbas locales, aunque podemos encontrar entre sus ingredientes otros materiales, como esquisto calizo, carbón vegetal, serrín, arena, vermiculita, corteza de pino y fibra de coco, entre otros (Silva et al., 2007; Siqueira et al., 2009; Cavalcante et al., 2008; Colauto et al. 2010; Zied et al., 2010, Zied, 2011; Zied et al., 2011a).

El objetivo del presente trabajo es el estudio de la influencia de cinco capas de cobertura diferentes (dos de base orgánica y tres de base mineral) sobre la productividad y las características analíticas de los carpóforos producidos en cultivo de *A. subrufescens*.

Materiales y métodos

Análisis físicos, químicos y biológicos

Para la caracterización física, química y biológica del compost y las mezclas de cobertura se realizaron las siguientes determinaciones: humedad, pH, conductividad eléctrica, contenido en N total, materia orgánica y cenizas, relación C:N, fibra bruta, grasa bruta, celulosa, hemicelulosa, lignina y solubles neutro-detergentes, densidad real, densidad aparente, porosidad total y capacidad de retención de agua, nematodos, ácaros y hongos competidores. Se utilizó para ello la metodología descrita por Pardo-Giménez et al. (2012).

Compost

Como sustrato de base para el cultivo de *A. subrufescens* se utilizó un compost comercial, basado en paja de trigo y estiércol de pollo, correspondiente al grupo de los denominados "semisintéticos" y elaborado según la tecnología de compostaje en dos fases adoptada para el cultivo de *Agaricus bisporus*. Las características analíticas fueron las siguientes: humedad: 648 g kg⁻¹; pH (1:5, p/v): 7,55; materia orgánica: 678,1 g kg⁻¹; nitrógeno total: 22,7 g kg⁻¹; relación C/N: 17,3; cenizas: 321,9 g kg⁻¹; fibra bruta: 243,4 g kg⁻¹, grasa bruta: 2,5 g kg⁻¹, hemicelulosa: 94,9 g kg⁻¹, celulosa: 189,3 g kg⁻¹; lignina: 174,6 g kg⁻¹ y solubles neutro-detergentes: 216,6 g kg⁻¹. La ausencia de ácaros y nematodos es indicadora de un proceso de pasteurización suficiente.

Micelio

Se utilizó la cepa ABL 99/30, aislada en Piedade, São Paulo, Brasil, en 1999 y obtenida de la micoteca del Módulo de Cogumelos de la Facultad de Ciencias Agronómicas (Universidad Estadual Paulista, Brasil). El sustrato para la preparación del inóculo consistió en una mezcla de granos de trigo, carbonato cálcico y yeso. Se sometió el grano de trigo a ebullición en agua durante unos 25 min hasta alcanzar un contenido en humedad aproximado del 50%, tras lo cual se añadieron CaCO_3 (20 g kg^{-1}) y yeso (10 g kg^{-1}). Tras la homogeneización se transfirió el sustrato a frascos de vidrio procediéndose a su autoclavado a 121°C durante 2h. Una vez frío, el sustrato se inoculó de acuerdo con la metodología descrita por Zied (2011).

Coberturas

Se evaluaron cinco tipos de cobertura diferentes, dos de ellos mayoritariamente orgánicos, basados en turbas, y tres mayoritariamente inorgánicos, basados en suelo mineral. Sus principales características se presentan en la tabla 1.

- a) Euroveen: cobertura comercial de origen holandés (Euroveen B.V., Grubbenvorst, Holanda).
- b) Infertosa: cobertura comercial de origen español (Infertosa, Valencia, España).
- c) SM+TN: mezcla de suelo mineral (SM) y turba negra (TN) en proporción 3:1 (v/v).
- d) SM+TR: mezcla de suelo mineral (SM) y turba rubia (TR) en proporción 3:1 (v/v).
- e) SM+FC: mezcla de suelo mineral (SM) y fibra de coco (FC) en proporción 3:1 (v/v).

Previamente a su aplicación, todas las coberturas fueron sometidas a un tratamiento desinfectante con formalina (1,5 L m^{-3}). Debido a las diferentes características de las cober-

turas y con objeto de conseguir una aparición de micelio uniforme en la sala de cultivo en el momento de la inducción de la fructificación, se aplicaron las mismas sobre el compost con diferentes espesores, 3,75 cm en el caso de Euroveen e Infertosa y 3 cm para las basadas en suelo mineral.

Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue diseño de bloques al azar con 6 repeticiones. Se utilizaron un total de 30 cajas, colocadas en dos niveles, a ambos lados de la sala de cultivo. Cada una de las cajas se llenó con 10 kg de compost, compactado a razón de 450 kg m^{-3} , presentando una superficie a cubrir de 1450 cm^2 (peso de llenado 69,0 kg m^{-2}).

Conducción y seguimiento del ciclo de cultivo

El ciclo de desarrollo de *A. subrufescens* se llevó a cabo en una sala de cultivo experimental, provista de sistemas de humidificación, calefacción/refrigeración, y recirculación/ventilación exterior, que permite el control automático de la temperatura y la humedad relativa, así como de la concentración de dióxido de carbono. El compost fue inoculado con 12 g kg^{-1} de micelio sobre grano en relación al peso fresco de compost e incubado durante 20 días a $28\pm 1^\circ\text{C}$, con humedad relativa del $95\pm 2\%$ y sin ventilación exterior ni iluminación. Completada la incubación se procedió a aplicar las capas de cobertura, manteniendo las condiciones ambientales de crecimiento vegetativo para facilitar la invasión de las mismas por parte del micelio del hongo. Las coberturas se rastrillaron 8 días después de su aplicación, al aparecer el micelio en superficie, y un día más tarde se procedió a inducir la fructificación reduciendo la temperatura ambiental ($19\pm 1^\circ\text{C}$), la humedad relativa ($88\pm 2\%$) y el nivel de dióxido de carbono (<800 ppm), con iluminación

(150 lux, 12h/día). Tres días después se procedió a elevar de nuevo la temperatura ambiental ($24\pm 1^\circ\text{C}$), manteniéndola así a lo largo del ciclo de cultivo, disminuyendo puntualmente de nuevo a $19\pm 1^\circ\text{C}$ para inducir la 2ª y 3ª floradas. La duración total de ciclo de cultivo fue de 82 días, cosechándose tres floradas.

Cosecha y parámetros analíticos

La recolección de los champiñones se realizó diariamente en el estado óptimo comercial de desarrollo, con el mayor peso posible antes de la apertura del sombrero. La productividad se calculó dividiendo el peso total de champiñones cosechados en el cultivo (varias floradas) por el peso fresco total del sustrato, expresando la fracción como kilogramos por 100 kilogramos (dt) de compost. En el día de la máxima cosecha de la primera florada, se eligieron carpóforos de tamaño y madurez uniformes para el análisis composicional de los mismos. El método utilizado para determinar el contenido en humedad de los carpóforos consistió en la medida de la pérdida de peso tras desecación a 105°C al menos 72 h, hasta pesada constante (Lau, 1982). El contenido en proteína de los champiñones se calculó multiplicando el contenido en nitrógeno total, obtenido por el método Kjeldahl (FOSS, 2003), por un factor de conversión de 4,38 (Miles y Chang, 1997). El contenido en grasa bruta (extracto etéreo) se determinó por extracción con éter de petróleo utilizando la técnica de bolsa filtrante con ayuda de un sistema de extracción Ankom XT10 (ANKOM, 2009). Para la determinación del contenido en fibra bruta se aplicó la técnica Weende adaptada a la técnica de bolsa filtrante, sometiendo la muestra a dos digestiones sucesivas con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio, utilizando para ello un equipo Ankom 220 Fiber Analyzer (ANKOM, 2008). El contenido en carbohidratos totales se calcula restando al peso to-

tal de los carpóforos la suma de los contenidos en proteína bruta, grasa bruta, humedad y cenizas (Sullivan, 1993). Los carbohidratos disponibles (extractivos libres de nitrógeno) resultan de restar el contenido en fibra bruta del contenido en carbohidratos totales (Lau, 1982). Para determinar el contenido en cenizas, los champiñones se calcinaron a 540°C durante al menos 6 h, hasta pérdida de peso constante. El valor energético se calcula a partir de los contenidos relativos de proteína, grasa y carbohidratos utilizando los factores de Atwater modificados (Lau, 1982).

Análisis estadístico

Para la realización del análisis estadístico se utilizó el paquete informático Statgraphics Plus v. 4.1 (Statistical Graphics Corp., Princeton, NJ, USA). Se empleó la técnica de análisis de varianza para evaluar los datos. Para el establecimiento de diferencias significativas entre medias se utilizó el test de Tukey-HSD ($p = 0,05$).

Resultados y discusión

Las características analíticas de las diferentes capas de cobertura evaluadas se presentan en la tabla 1. Como aspectos destacables encontramos que las coberturas basadas en turbas (Euroveen e Infertosa), presentan, con respecto a las basadas en suelo mineral, valores muy superiores de porosidad y capacidad de retención de agua, dos de los principales atributos de una buena capa de cobertura. Un material poroso mejora la fructificación al facilitar el intercambio gaseoso, mientras que una alta capacidad de retención de agua supone una mayor disponibilidad para la formación y desarrollo de los carpóforos y aporte de humedad al microclima donde se produce la fructificación, a la vez que facilita las operaciones de riego. La utilización de suelo mi-

Tabla 1. Caracterización analítica de los sustratos de cobertura utilizados
Table 1. Analytical characterization of the casing soils used

	EUROVEEN	INFERTOSA	SM+TN 3:1 (v/v)	SM+TR 3:1 (v/v)	SM+FC 3:1 (v/v)
Humedad (g kg ⁻¹)	811	801	221	252	227
pH (1:5, v/v)	8,03	8,27	8,14	8,45	8,49
Conductividad eléctrica (µs cm ⁻¹)	233	785	821	153	176
Densidad aparente (fresco) (g cm ⁻³)	0,647	0,654	0,962	1,043	1,037
Densidad aparente (seco) (g cm ⁻³)	0,122	0,130	0,749	0,780	0,802
Densidad real (g cm ⁻³)	1,811	1,938	2,541	2,538	2,564
Porosidad total (mL L ⁻¹)	932	933	705	693	687
Capacidad de retención de agua (kg kg ⁻¹)	4,70	5,09	0,49	0,54	0,51
Cenizas (g kg ⁻¹)	347,5	482,3	939,6	937,6	952,8
Materia orgánica (g kg ⁻¹)	652,5	517,7	60,4	62,4	47,2
Caliza activa (g kg ⁻¹)	52	85	134	197	167
Carbonatos totales (g kg ⁻¹)	138	207	445	429	420
Ácaros	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Nematodos	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Hongos competidores	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

SM: suelo mineral; TN: turba negra; TR: turba rubia; FC: fibra de coco.

neral en la preparación de las capas de cobertura implica un menor contenido en materia orgánica en las mismas, con mayores contenidos en caliza activa y carbonatos totales. La alta conductividad de las coberturas Infertosa y SM+TN (785 y $821 \mu\text{S cm}^{-1}$, respectivamente), es consecuencia del origen de las turbas utilizadas, aunque se encuentran por debajo del umbral encontrado como limitante para el caso de *A. bisporus*. Pardo-Giménez et al. (2004), fijaron en torno a $1600 \mu\text{S cm}^{-1}$ el umbral a partir del cual cabría esperar disminuciones notables de rendimiento.

En la figura 1 se presentan los resultados obtenidos para la productividad obtenida en cada uno de los tratamientos. El mayor ren-

dimiento, significativamente superior al resto, fue proporcionado por la cobertura comercial Euroveen ($9,70 \text{ kg dt}^{-1}$). Teniendo en cuenta el contenido en materia seca de los champiñones, el rendimiento proporcionado por esta cobertura, expresado en base a materia seca de champiñones sobre peso fresco de compost, supone una productividad del 1,08%. De acuerdo con Silva et al (2007), en Brasil se considera que la productividad así expresada debe ser al menos del 1% para que el cultivo sea económicamente viable. La cobertura comercial Infertosa proporcionó un rendimiento de $6,5 \text{ kg dt}^{-1}$, mientras que el resto de coberturas, basadas en suelo mineral, proporcionaron rendimientos significativamente inferiores, entre $1,49$ y $1,88 \text{ kg dt}^{-1}$.

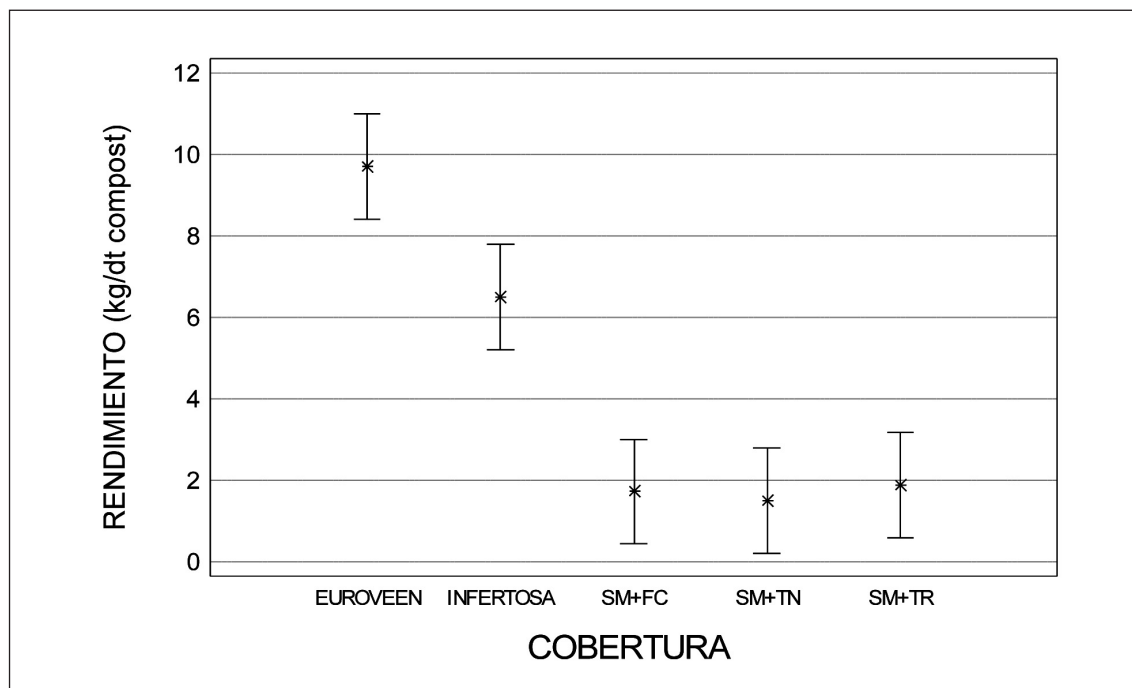


Figura 1. Resultados de productividad para las diferentes capas de cobertura consideradas en el diseño experimental (medias e intervalos Tukey HSD 95%).

Figure 1. Productivity results for the different casing layers considered in the experimental design (means and Tukey HDS intervals 95%).

La producción obtenida en este trabajo con la cobertura Euroveen se encuentra, en general, en el mismo orden de magnitud que la mayoría de referencias consultadas, dentro de lo que podría considerarse normal teniendo en cuenta la frecuencia con la que se producen resultados anómalos y las grandes diferencias observadas en el cultivo de esta especie. Utilizando coberturas basadas en suelos minerales y carbón, Minhoni et al. (2006) obtuvieron un rendimiento medio de $9,3 \text{ kg dt}^{-1}$, mientras el registrado por Silva et al. (2007) fue de $7,82 \text{ kg dt}^{-1}$. Posteriormente, Kopytowski Filho e Minhoni (2007) evaluaron el comportamiento la variedad ABL 99/30, utilizada en este trabajo, sobre tres tipos de compost y dos ambientes de cultivo, registrando valores de productividad entre $6,2$ y $9,9 \text{ kg dt}^{-1}$ compost. Del mismo orden son los registros de Cavalcante et al., quienes evaluaron también en Brasil diferentes coberturas basadas en suelos locales y arena con diferentes aditivos, obteniendo rendimientos entre $6,51$ y $9,62 \text{ kg dt}^{-1}$. Mayor es el rango observado por Siqueira et al. (2009), quienes llegaron a pasar de producción nula a rendimientos de hasta $16,38 \text{ kg dt}^{-1}$ compost, evaluando combinaciones de diferentes sustratos y suelos locales.

La tabla 2 presenta los resultados del análisis composicional de los carpóforos cosechados. Las únicas diferencias significativas registradas con las diferentes capas de cobertura se han presentado en el contenido en humedad donde el mayor contenido ha sido proporcionado por la cobertura comercial Euroveen ($888,9 \text{ g kg}^{-1}$). Esta misma capa de cobertura ha producido, aunque no de manera significativa, carpóforos con menor contenido en proteína y mayor contenido en carbohidratos totales.

La falta de significación estadística observada para la mayoría de parámetros puede explicarse en base a que se ha utilizado el mismo compost y la misma variedad de micelio. Las necesidades nutricionales de los hongos cul-

tivados, heterótrofos, son soportadas por el compost, degradando y utilizando un rango considerable de nutrientes disponibles en este sustrato de crecimiento. Por otro lado, aunque en la fructificación participan factores físicos químicos y biológicos, asociados a la aplicación de la capa de cobertura, la diferencia entre la situación nutritiva del compost y de la capa de cobertura ha sido indicada como un factor que afecta a la fructificación (Pardo et al., 2002). Diferente es el caso del agua. En el caso del champiñón, en contra de las teorías iniciales, según las cuales los riegos únicamente reponían las pérdidas de agua por evaporación y toda el agua necesaria para los carpóforos era tomada del compost, la capa de cobertura proporciona agua para el crecimiento y desarrollo del micelio y los champiñones, sirviendo como suplemento al agua proporcionada por el compost. Aproximadamente, un 90% del peso del champiñón es agua, que la extrae del compost (54-83%) y de la capa de cobertura (17-46%) (Kalberer, 1985).

A. subrufescens es un hongo de alto valor nutritivo, rico en proteína, fibra y minerales y bajo contenido en lípidos. La tabla 3 muestra datos de la composición de los carpóforos de *A. subrufescens* según diferentes autores. Grosso modo, la composición de los hongos es agua (900 g kg^{-1}), proteína ($20\text{-}400 \text{ g kg}^{-1}$), grasa ($20\text{-}80 \text{ g kg}^{-1}$), carbohidratos ($10\text{-}550 \text{ g kg}^{-1}$), fibra ($30\text{-}320 \text{ g kg}^{-1}$) y cenizas ($80\text{-}100 \text{ g kg}^{-1}$) (Firenzouli et al., 2007). Con respecto a la composición de otras especies cultivadas de hongos comestibles, *A. subrufescens* presenta, en general, bajos contenidos en humedad, grasa bruta, fibra bruta y cenizas, altos contenidos en proteína, carbohidratos totales y valores medios de carbohidratos disponibles y valor energético (Chang y Miles, 2004).

Los contenidos en proteína registrados ($280,6\text{-}301,0 \text{ g kg}^{-1}$), son similares a los encontrados recientemente por Siqueira et al. (2011) ($283,3\text{-}293,5 \text{ g kg}^{-1}$) y Zied et al. (2011b) (262-

Tabla 2. Composición de los carpóforos de *Agaricus subrufescens* producidos por la variedad ABL30 sobre las diferentes coberturas
 Table 2. *Proximate analysis of the carpophores of Agaricus subrufescens produced by the strain ABL30 on different casing layers*

	HUMEDAD (g kg ⁻¹)	PROTEÍNA BRUTA (Nx4,38, g kg ⁻¹ m.s.)	GRASA BRUTA (g kg ⁻¹ m.s.)	CARBOHIDRATOS TOTALES (g kg ⁻¹ m.s.)	CARBOHIDRATOS DISPONIBLES (g kg ⁻¹ m.s.)	FIBRA BRUTA (g kg ⁻¹ m.s.)	CENIZAS (g kg ⁻¹ m.s.)	VALOR ENERGÉTICO (Kcal/100g m.s.)
EUROVEEN	888,9 (104,9) ^a	280,6 (41,9) ^a	14,8 (5,4) ^a	632,4 (51,0) ^a	565,7 (52,9) ^a	66,8 (19,7) ^a	72,1 (7,4) ^a	355 (9) ^a
INFERTOSA	865,8 (127,3) ^b	290,5 (19,5) ^a	11,2 (0,7) ^a	630,3 (23,4) ^a	572,5 (28,1) ^a	57,9 (8,1) ^a	68,0 (4,7) ^a	358 (5) ^a
SM+TN, 3:1 (v/v)	880,5 (138,0) ^{ab}	292,6 (27,4) ^a	22,6 (5,5) ^a	606,1 (29,5) ^a	523,7 (39,0) ^a	82,4 (19,1) ^a	78,7 (7,3) ^a	348 (10) ^a
SM+TR, 3:1 (v/v)	842,1 (91,7) ^c	298,8 (15,8) ^a	17,5 (3,8) ^a	619,7 (16,9) ^a	554,2 (20,6) ^a	65,5 (13,6) ^a	64,0 (4,5) ^a	359 (7) ^a
SM+FC, 3:1 (v/v)	848,6 (130,5) ^{bc}	301,0 (14,1) ^a	17,2 (3,6) ^a	616,0 (3,8) ^a	549,1 (23,3) ^a	66,9 (25,0) ^a	65,8 (6,8) ^a	358 (12) ^a
MEDIA	865,4	291,6	15,9	623,4	557,2	66,2	69,1	356

Los valores entre paréntesis corresponden a la desviación estándar. Para cada columna, valores seguidos de distinta letra en superíndice son significativamente diferentes entre sí ($p \leq 0,05$, test de Tukey). m.s.= materia seca.

SM: suelo mineral; TN: turba negra; TR: turba rubia; FC: fibra de coco.

Tabla 3. Composición de los carpóforos de *Agaricus subrufescens* según diferentes autores
 Table 3. *Proximate composition of the carpophores of Agaricus subrufescens according to different authors*

	HUMEDAD (g kg ⁻¹)	PROTEÍNA BRUTA (g kg ⁻¹ m.s.)	GRASA BRUTA (g kg ⁻¹ m.s.)	CARBOHIDRATOS TOTALES (g kg ⁻¹ m.s.)	CARBOHIDRATOS DISPONIBLES (g kg ⁻¹ m.s.)	FIBRA BRUTA (g kg ⁻¹ m.s.)	CENIZAS (g kg ⁻¹ m.s.)	VALOR ENERGÉTICO (Kcal/100g m.s.)
Huang et al. (1999)	97,3 (1)	358,6	18,5	534,4 (2)	454,6	79,8	88,5	345 (2)
Stamets (2000)	98,8 (1)	393	18	389	–	256	101	–
Celso (2002), citado por Eira (2003)	–	289,4-391,8	15,3-33,3	–	–	60,4-75,9	55,6-118,1	–
COPERCOM, citado por Eira (2003)	75 (1)	367	34	383	–	68	73	–
Chang y Miles (2004)	850-870	380-450	30-40	415	–	60-80	–	–
Stamets (2005)	–	351,9	33,9	–	477	–	–	362
Siqueira et al. (2011)	85,2-100,4 (1)	283,3-293,5	16,6-21,4	617,2-633,0 (2)	555,5-575,4 (2)	57,7-63,5	67,1-69,7	348-350 (2)
Zied et al. (2011b)	830-883	262-349	9-17	571-648 (2)	515-587	51-82	58-72	344-349 (2)

(1) Corresponden a carpóforos previamente deshidratados.

(2) Calculados a partir de los datos de los autores.

349 g kg⁻¹), aunque inferiores a los observados por otros autores (Tabla 3). Este último hecho puede ser atribuido a la utilización de diferentes factores de conversión nitrógeno-proteína. De acuerdo con los datos recopilados por Eira (2003) en esporóforos de *A. subrufescens* cultivados en Brasil (tabla 3), los contenidos en proteína (289,4-391,8 g kg⁻¹) son superiores a los registrados para *A. bisporus* (263 g kg⁻¹), *Lentinula edodes* (175 g kg⁻¹), *Pleurotus florida* (189 g kg⁻¹), *Volvariella diplasia* (285 g kg⁻¹) y *Pleurotus ostreatus* (187 g kg⁻¹). Chang y Miles (2004) la presentan como una de las especies de mayor contenido en proteína de todos los hongos comestibles cultivados, más de dos veces superior a *L. edodes*.

Los bajos contenidos en grasa registrados en el presente trabajo (11,2-22,6 g kg⁻¹) son, en general, del mismo orden que los encontrados en la bibliografía (tabla 3). De acuerdo con Chang y Miles (2004), el contenido en grasa de diferentes especies de hongos oscila entre 11 y 83 g kg⁻¹ en base a peso seco, con un contenido medio de 40 g kg⁻¹. Del contenido lipídico total de los hongos, alrededor del 80% son ácidos grasos insaturados (CTICH, 2010).

Los carpóforos cosechados presentaron un contenido medio de 65,6 g kg⁻¹ de fibra bruta, similar a los registrados por otros autores (tabla 3). Los datos recopilados por Eira (2003) en esporóforos de *A. subrufescens* cultivados en Brasil presentan contenidos en fibra (55,6-118,1 g kg⁻¹) del mismo orden que *A. bisporus* (104 g kg⁻¹), *Lentinula edodes* (80 g kg⁻¹) y *Pleurotus florida* (115 g kg⁻¹), aunque inferiores a los de *Volvariella diplasia* (174 g kg⁻¹) y *Pleurotus ostreatus* (156 g kg⁻¹). Los polisacáridos derivados de hongos están considerados actualmente como componentes capaces de modular la respuesta inmune en animales y humanos e inhibir el crecimiento de ciertos tumores (CTICH, 2010). El potencial medicinal se asocia principalmente al contenido en β-glucanos, polisacáridos estructurales especialmente abundantes

en *A. subrufescens* (Zied, 2011). Otros polisacáridos bioactivos aislados de *A. subrufescens* son principalmente riboglucanos y glucomanos (Wisitrassameewong et al., 2012).

El contenido en minerales obtenido, con un promedio de 68,2 g kg⁻¹, se encuentra dentro del rango de los datos proporcionados por otros autores (55,6-118,1 g kg⁻¹, tabla 3), y resulta en general inferior al encontrado para otros hongos comestibles cultivados (Eira, 2003; Chang y Miles 2004).

Por último, el valor energético es bajo, con una media de 357 kcal por 100 g de materia seca, también similares a los encontrados en la bibliografía (entre 344 y 362 g kg⁻¹, tabla 3).

En cuanto a la amplitud de los rangos observados para los diferentes parámetros, aunque todos los carpóforos se cosecharon diariamente en el estado óptimo comercial de desarrollo, con el mayor peso posible y antes de la apertura del sombrero, estas pueden achacarse a ligeras desviaciones de tamaño, madurez o grado de desarrollo. Hay que tener en cuenta que se trata de un hongo de rápido crecimiento, si se compara, por ejemplo, con los dos principales hongos cultivados, *Agaricus bisporus* y *Pleurotus ostreatus*. Esto obliga, en algunos casos, a llevar a cabo dos cosechas diarias. A esto hay que unir que, debido a la reciente introducción del cultivo comercial, las condiciones de cultivo no se encuentran definidas con tanta precisión como en el caso de los otros hongos anteriormente mencionados, lo que lleva asociado frecuentes irregularidades productivas.

La productividad en el presente trabajo se ha visto favorecida con el empleo de coberturas orgánicas basadas en turba. Dado que el ciclo de cultivo de este hongo presenta una duración relativamente larga, y que se produce además a temperatura relativamente alta y con fuerte régimen de ventilación, el mejor comportamiento de las coberturas basadas en turbas sobre las basadas en suelo mineral

puede asociarse a la mayor capacidad de retención de agua de las primeras, que permiten soportar en mejores condiciones el alto grado de evaporación.

En cuanto a la caracterización analítica de los carpóforos, teniendo en cuenta que la comercialización de este hongo se lleva a cabo mayoritariamente tras un proceso de deshidratación, los contenidos en humedad/materia seca de los carpóforos resultan extremadamente importantes en la producción de *A. subrufescens*. De acuerdo con los resultados obtenidos, este parámetro se encuentra directamente influenciado por las características de la capa de cobertura utilizada en la producción. Esto afecta directamente al rendimiento final del proceso, de manera que cuanto mayor sea el contenido de materia seca mayor será la eficiencia del procesado (lavado, laminado y deshidratación).

Por último, el hecho de que los nutrientes para el desarrollo de los carpóforos sean absorbidos mayoritariamente del compost limita la influencia de la capa de cobertura sobre la composición de los mismos, que presumiblemente se vería afectada con la utilización de diferentes sustratos de cultivo y entre diversas cepas de *A. subrufescens*. Este aspecto, junto a la caracterización de carbohidratos de interés medicinal, abre la vía para futuras investigaciones.

Agradecimientos

A la Diputación Provincial de Cuenca y a la Consejería de Agricultura de Castilla-La Mancha (España) y al Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola de la Universidade Federal de Lavras, CAPES processo 5083/11-7 (Brasil) por el apoyo.

Bibliografía

- ANKOM, 2008. Crude Fiber Analysis in Feeds by Filter Bag Technique. ANKOM Technology Method 7, AOCS Approved Procedure Ba 6a-05. ANKOM Technology, Macedon (NY), USA. 3 pp.
- ANKOM, 2009. Rapid Determination of Oil/Fat Utilizing High Temperature Solvent Extraction. ANKOM Technology Method 2, AOCS Official Procedure Am 5-04. ANKOM Technology, Macedon (NY), USA. 2 pp.
- Cavalcante JLR, Gomes VFF, Kopytowsky-Filho J, Minhoni MTA, Andrade MCN, 2008. Cultivation of *Agaricus blazei* in the environmental protection area of the Baturité region under three types of casing soils. Acta Scientiarum - Agronomy 30(4): 513-517.
- Chang ST, Miles PG, 2004. Mushrooms. Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effect, and Environmental Impact (2nd ed.). CRC Press, Boca Raton (FL), USA. 451 pp.
- Colauto NB, Silveira AR, Eira AF, Linde GA, 2010. Alternative to peat for *Agaricus brasiliensis* yield. Bioresource Technology 101(2): 712-716.
- CTICH, 2010. Propiedades nutricionales y medicinales del champiñón y otros hongos cultivados. Centro Tecnológico de Investigación del Champiñón de La Rioja, Autol, España. 76 pp.
- Eira AF, 2003. Cultivo do Cogumelo Medicinal *Agaricus blazei* (Murrill) ss. Heinemann o *Agaricus brasiliensis* (Wasser et al.). Aprenda Fácil Editora, Viçosa (MG), Brasil. 396 pp.
- Firenzouli F, Gori L, Lombardo G, 2007. The medicinal mushroom *Agaricus blazei* Murrill: review of literature and pharmaco-toxicological problems. Advance Access Publication 27: 3-15.
- FOSS, 2003. The determination of nitrogen according to Kjeldahl using block digestion and steam distillation. Foss Application Note AN 300. FOSS Tecator AB, Höganäs, Sweden. 12 pp.
- Gregori A, Pahor B, Glaser R, Pohleven F, 2008. Influence of carbon dioxide, inoculum rate, amount and mixing of casing soil on *Agaricus blazei* fruiting bodies yield. Acta Agriculturae Slovenica 91(2): 371-378.

- Henriques GS, Simeone MLF, Amazonas MALA, 2008. Avaliação in vivo da qualidade protéica do champignon do Brasil (*Agaricus brasiliensis* Wasser et al.). Revista de Nutrição 21(5), 535-543.
- Huang SJ, Huang LC, Chen CC, Mau JL, 1999. Antioxidant properties of *Agaricus blazei*, pp. 266-274. En: Proceedings of the 3rd International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products. A. Broderick, T. Nair (eds.). AMGA, Sydney, Australia. 507 pp.
- Kalberer PP, 1985. Influence of the depth of the casing layer on the water extraction from casing soil and substrate by the sporophores, on the yield and on the dry matter content of the fruit bodies of the first three flushes of the cultivated mushroom, *Agaricus bisporus*. Scientia Horticulturae 27: 33-43.
- Kerrigan RW, 2005. *Agaricus subrufescens*, a cultivated edible and medicinal mushroom, and its synonyms. Mycologia 97: 12-24.
- Kopytowski Filho J, Minihoni MTA, 2007. Produtividade e eficiência biológica da linhagem ABL 99/30 de *Agaricus blazei* em três tipos de compostos e em dois ambientes de cultivo. Energia na Agricultura 22(4): 65-78.
- Largeteau ML, Llarena-Hernández RC, Regnault-Roger C, Savoie J-M, 2011. The medicinal *Agaricus* mushroom cultivated in Brazil: biology, cultivation and non-medicinal valorisation. Applied Microbiology and Biotechnology 92(5): 897-907.
- Lau O, 1982. Methods of chemical analysis of mushrooms, pp. 87-116. En: Tropical Mushrooms. Biological Nature and Cultivation Methods. S.T. Chang, T.H. Quimio (eds.). The Chinese University Press, Hong Kong. 493 pp.
- Miles PG, Chang ST, 1997. The chemical composition of fungal cells. Useful generalizations, pp. 33-35. En: Mushroom Biology. Concise Basics and Current Developments. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore. 194 pp.
- Minihoni MTA, Kopytowski Filho J, Andrade MCN, Zied DC, 2006. Avaliação de diferentes métodos de desinfestação da camada de cobertura no cultivo do cogumelo *Agaricus blazei* Murril ss. Heinemann. Documentos 82/2006, Fertbio 2006, Bonito, Brasil. 4 pp.
- Moukha S, Ferandon C, Mobio T, Creppy EE, 2011. Safety evaluation of *Agaricus subrufescens* varieties and their products of therapeutic interest or for disease prevention, pp. 290-301. En: Proceedings of the 7th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products. J.M. Savoie, M. Foulongne-Oriol, M. Largeteau, G. Barroso (eds.). INRA-Mycologie et Sécurité des Aliments, Arcachon, Francia. 582 pp.
- Pardo A, de Juan JA, Pardo JE, 2002. Factores que influyen en la iniciación de la fructificación del champiñón cultivado. I. Factores físicos y ambientales. Factores químicos y nutritivos. ITEA Producción Vegetal 98(1): 33-42.
- Pardo-Giménez A, Navarro MJ, López MJ, Gea FJ, 2004. Uso del compost agotado de hongos cultivados reciclado como material de cobertura para el cultivo de champiñón, pp. 1599-1609. En: Agroecología: referente para la transición de los sistemas agrarios. Sociedad Española de Agricultura Ecológica, Valencia, España. 2256 pp.
- Pardo-Giménez A, Zied DC, Álvarez-Ortí M, Rubio M, Pardo-González JE, 2012. Effect of supplementing compost with grapeseed meal on *Agaricus bisporus* production. Journal of the Science of Food and Agriculture 92: 1665-1671.
- Silva VA, Dias ES, Vale RHP, Silva R, Moreira GF, 2007. Isolamento e identificação de bactérias presentes nos solos de cobertura utilizados no cultivo do cogumelo *Agaricus blazei* Murril. Ciência e Agrotecnologia 31(5): 1374-1379.
- Siqueira FG, Dias ES, Silva R, Martos ET, Rinker DL, 2009. Cultivation of *Agaricus blazei* ss. Heinemann using different soils as source of casing materials. Scientia Agricola 66(6): 827-830.
- Siqueira FG, Martos ET, Silva EG, Silva R, Dias ES, 2011. Biological efficiency of *Agaricus brasiliensis* cultivated in compost with nitrogen concentrations. Horticultura Brasileira 29(2): 157-161.
- Stamets P, 2000. The Himematsutake mushroom *Agaricus blazei*, pp. 208-216. En: Growing Gourmet and Medicinal Mushrooms (3rd ed.). Ten Speed Press, Berkeley (CA), USA. 574 pp.
- Stamets P, 2005. Mycelium running: how mushrooms can help save the world. Ten Speed Press, Berkeley (CA), USA. 343 pp.

- Sullivan DM, 1993. Proximate and mineral analysis, pp. 105-109. En: Methods of Analysis for Nutrition Labeling. D.M. Sullivan, D.E. Carpenter (eds.). AOAC International, Arlington (VA), USA. 624 pp.
- Wisitrassameewong K, Karunarathna SC, Thongkaland N, Zhao R, Callac P, Moukha S, Férandon C, Chukeatirote E, Hyde KD, 2012. *Agaricus subrufescens*: A review. Saudi Journal of Biological Sciences 19(2): 131-146.
- Yeo SG, Hayes WA, 1979. A new medium for casing mushroom beds. Mushroom Science 10(2): 217-229.
- Zied DC, 2011. Produtividade e teor de β -glucana de *Agaricus subrufescens* Peck (*A. blazei* (Murrill) ss. Heinemann) em função de diferentes práticas de cultivo e conversões energéticas. Tesis Doctoral. Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Botucatu (SP), Brasil. 98 pp.
- Zied DC, Minhoni MTA, Kopytowski-Filho J, Andrade MCN, 2010. Production of *Agaricus blazei* ss. Heinemann (*A. brasiliensis*) on different casing layers and environments. World Journal of Microbiology and Biotechnology 26(10): 1857-1863.
- Zied DC, Minhoni MTA, Kopytowski-Filho J, Barbosa L, Andrade MCN, 2011a. Medicinal mushroom growth as affected by non-axenic casing soil. Pedosphere 21(2): 146-153.
- Zied DC, Pardo-Giménez A, Savoie JM, Pardo-González JE, Callac P, 2011b. "Indoor" method of composting and genetic breeding of the strains to improve yield and quality of the almond mushroom *Agaricus subrufescens*, pp. 424-432. En: Proceedings of the 7th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products. J.M. Savoie, M. Foulongne-Oriol, M. Largeteau, G. Barroso (eds.). INRA-Mycologie et Sécurité des Aliments, Arcachon, Francia. 582 pp.

(Aceptado para publicación el 17 de abril de 2013)

Caracterización y agrupamiento de algunos tipos comerciales de cordero por su perfil sensorial

B. Panea*, G. Ripoll y M. Joy

Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón, Avenida de Montañana, 930, 50059 Zaragoza, Spain

Resumen

Se realizó una serie de 8 experimentos para determinar si se podían agrupar diferentes tipos comerciales de cordero criados en condiciones distintas en función del perfil sensorial de su carne. Los animales pertenecían a uno de los siguientes tres troncos raciales: *Ovis aries ibericus*, *ligeriensis* o *studer*. Dependiendo del experimento al que pertenecían, los animales eran machos o hembras, destetados o no, criados en confinamiento o al aire libre y sacrificados a 22-24 Kg. ó 10-12 Kg. El muestreo y cocinado se realizaron siempre de la misma manera y todas las muestras fueron probadas por el mismo panel de cata. El estudio estadístico se hizo mediante un GLM, un análisis discriminante y un análisis de correspondencias múltiples. Se puede concluir que en animales muy jóvenes, la genética fue más importante que otros factores, como el sexo, alimentación o destete, en la definición de las propiedades sensoriales de la carne. El análisis discriminante fue capaz de clasificar los animales por el tronco de pertenencia pero no por la alimentación.

Palabras clave: Alimentación, análisis discriminante, peso al sacrificio, sexo, tronco racial.

Abstract

Characterizing and clustering some commercial lamb types by their sensory profile

To cluster by their sensory profile different commercial lamb-types reared under several feeding systems, a series of 8 experiments had been carried out. Animals belonged to one of the three following trunks: *Ovis aries ibericus*, *ligeriensis* or *studer* they could be males or females, weaned or unweaned, outdoor or indoors, slaughtered at 22-24 Kg. or 10-12 Kg., according to the experiment to which belonged. Sampling and cooking were always the same and all the samples were tested by the same trained panel of nine-members. GLM, discriminant analysis and multiple correspondence analyses were carried out. It could be concluded that in very young lambs, genetic is more important than other factors, such as feed or weaning, in the definition of sensory properties. Discriminate analysis is able to separate animals by trunk but not by the feed.

Key words: Breed trunk, discriminant analysis, feed, slaughter weight, sex.

* Autor para correspondencia: bpaneaa@aragon.es

<http://dx.doi.org/10.12706/itea.2013.018>

Introducción

En los países de la Europa Mediterránea, el cordero suele venderse como cordero ligero o como lechal. Los primeros se crían en condiciones de confinamiento con libre acceso a concentrado, se destetan hacia los 45 días y son sacrificados a 20-24 Kg. de peso vivo con unos 90 días de edad. Por su parte, los lechales se crían con sus madres o con leche artificial y se sacrifican con 10-11 Kg. de peso vivo y unos 40 días de edad. Sin embargo, el reciente incremento en el precio de los cereales condiciona la rentabilidad de las explotaciones ovinas y ha puesto en entredicho el uso de estos manejos tradicionales. Como consecuencia de ello, algunos estudios han demostrado que un nuevo enfoque de la producción, orientado a los sistemas ligados a la tierra, sería una opción beneficiosa (Carrasco et al. 2009a). No obstante, los cambios en las condiciones de cría de los animales pueden afectar a la calidad sensorial de su carne (Sañudo et al., 1998b). La raza, el sexo, la edad, el destete, la dieta y el peso al sacrificio son los principales factores que determinan la calidad sensorial de la carne (Sañudo et al., 1998b) aunque los resultados encontrados en la bibliografía sobre el efecto de los mismos no son consistentes e incluso son a veces contradictorios. Así, por ejemplo, estudios con razas cárnicas pesadas han demostrado que no existen diferencias de terneza entre razas (Dransfield et al., 1979; Solomon et al., 1980; Ellis et al., 1997), mientras que con razas ligeras, la raza es uno de los factores determinantes de la terneza (Sañudo et al., 1997, Martínez-Cerezo et al., 2005, Teixeira et al., 2005). En cuanto al sexo, la mayoría de los autores coinciden al señalar que no hay diferencias en terneza cuando se comparan machos castrados y hembras (Kemp et al., 1976; Hawkins et al., 1985; Ellis et al., 1997) pero cuando se comparan machos enteros y hembras encontramos trabajos en los que no se detectaron de diferencias

entre sexos (Crouse et al., 1978, Teixeira et al., 2005, Panea et al. 2010), trabajos en la que la carne de los machos resultó más tierna (Buttler-Hogg et al., 1984; Dransfield et al., 1990) y trabajos en los que era la carne de las hembras la más tierna (Alvi, 1980; Valdimarsdottir et al., 1998). Igualmente, cuando se considera el peso al sacrificio, algunos autores no encuentran diferencias en la terneza (Sañudo et al., 1996; Teixeira et al., 2005), mientras que otros concluyen que sí existe un efecto del mismo (Martínez-Cerezo et al., 2005). De manera similar y atendiendo al sistema de alimentación o a la dieta, Summers et al. (1978) y Kemp et al. (1981) no encontraron ninguna diferencia en la terneza cuando compararon animales criados con trébol, concentrado o ambos, pero por el contrario, Paul et al. (1964) o Crouse et al. (1978) observaron que la terneza era mayor en animales criados con concentrado que en aquéllos criados con pasto.

Independientemente del sistema de cría, tanto el cordero ligero como el lechal son considerados por el consumidor español como productos de una alta calidad (Sañudo et al., 1998a). La carne se ha vendido tradicionalmente a granel, pero cada vez más, y sobre todo desde el uso masivo de barquetas en los supermercados, se vende etiquetada y con una marca. A pesar de ello, la información contenida en las etiquetas es frecuentemente escasa y productos similares en apariencia pueden proceder de razas distintas criadas en condiciones diferentes. Por lo tanto, para definir el producto comercial y proteger el interés de los consumidores, parece razonable comparar las propiedades sensoriales de diferentes tipos de cordero. La hipótesis de trabajo es que condiciones similares de manejo deberían conferir a la carne un perfil sensorial similar, es decir, que existe un patrón común que define el perfil sensorial de la carne en función del manejo al que se someten los animales. Por lo tanto, el objetivo

del presente trabajo fue investigar si es posible agrupar diferentes tipos de cordero criados en condiciones diferentes por las características sensoriales de su carne.

Material y métodos

Los datos utilizados provienen de una serie de 8 experimentos. Los experimentos difieren en las condiciones de cría de los animales, pero el muestreo, cocinado y procedimiento de cata fue siempre el mismo y en todos los casos fue realizado por el mismo equipo investigador. Asimismo, todas las muestras fueron evaluadas por el mismo panel sensorial.

Animales y manejo

Experimento 1. Se estudió el efecto de la dieta sobre las características de la canal y de la carne de corderos ligeros (Carrasco et al., 2009a,b). Se utilizaron 48 machos de la raza Churra Tensina procedentes de parto simple y criados en cuatro sistemas diferentes: *Pastoreo (P)*: tanto los corderos como las madres estuvieron permanentemente en pradera. Ni las hembras ni los corderos tuvieron acceso al concentrado. Los corderos mamaron y pastorearon desde el nacimiento hasta el sacrificio. *Pastoreo con suplemento para los corderos (PS)*: El mismo manejo que en P pero los corderos recibieron concentrado *ad libitum* hasta el sacrificio. *Corderos estabulados con hembras en pastoreo (PE)*: los corderos permanecieron estabulados y fueron destetados a los 45 días de edad y alimentados con concentrado mientras que las ovejas pastaban durante 8 horas al día (desde 08:00 hasta 16:00) y recibían un suplemento de 0.5 Kg. MS de cebada/día. Este sistema intentaba reproducir el manejo más habitual en Aragón. *Estabulación (E)*: Tanto las madres como los corderos estaban permanentemente estabulados. Las ovejas tenían acceso libre a un uni-

feed seco (110 g CP, 681 g NDF, sobre material seca) y los corderos disponían de concentrado *ad libitum*. Los corderos se destetaron a los 45 días de edad. Los datos del análisis sensorial de este experimento han sido publicados en Panea et al. (2011a). La Churra Tensina es una raza de lana basta perteneciente al tronco *Ovis aries studeri* (Sierra, 2002a), por lo que todos los animales de este experimento han sido codificados como S. Por lo tanto, en el experimento 1 tenemos los grupos designados como *S-P*, *S-PS*, *S-PE* y *S-E* (véase la Tabla 1).

Experimento 2. Los mismos manejos que en el Experimento 1 pero utilizando 48 machos de la raza Rasa Aragonesa. Los animales pastorearon alfalfa en lugar de pradera natural. Pueden encontrarse más detalles en Ripoll et al. (2008). La Rasa Aragonesa pertenece al tronco *Ovis aries ligeriensis* (Jordana y Ribó, 1991), por lo que todos los animales de esta raza se han codificado como L, teniendo en consecuencia 4 grupos: *L-P*, *L-PS*, *L-PE* y *L-E* (Tabla 1).

Experimento 3. Este experimento pretendía comparar el efecto del peso al sacrificio. Se evaluaron dos manejos en la raza Churra Tensina. El primero fue pastoreo con suplemento para los corderos (*PS*), como en el experimento 1; el segundo fueron corderos lechales (*M*), alimentados únicamente con leche y sacrificados a 9-12 Kg. de peso vivo y 35 días de edad. Los códigos para este experimento son *S-P* y *S-M* (Tabla 1). Para más detalles sobre el mismo, véase Sanz et al. (2008).

Experimento 4. El objetivo fue comparar el efecto del sexo (machos o hembras) de animales criados con dos manejos diferentes (pastoreo o estabulación, tal y como se describen en las condiciones P y E del Experimento 1), sobre las características de la canal y de la carne de 32 corderos ligeros de raza Rasa Aragonesa. Para ampliar detalles, consúltese Álvarez-Rodríguez et al. (2011). Los códigos de este experimento son *L-P* y *L-E* (Tabla 1).

Tabla 1. Resumen de las condiciones experimentales de cría de los corderos: tronco, raza, peso de sacrificio, sexo, dieta y presencia o no de destete. Código experimental y número de animales
 Table 1. Summary of the experimental rearing conditions of lambs: trunk, breed, sex, diet and presence or not of weaning. Experimental code and number of animals

Experimento	Tronco	Raza	Peso sacrificio	Sexo	Dieta	Destete	Código experimental	n
1	Studer (S)	Churra	Cordero ligero (22-24 Kg)	Machos	Pastoreo Pastoreo+ suplemento Estabulación Estabulación- madres en pastoreo	No No Sí Sí	S-P S-PS S-E S-PE	4 4 4 4
2	Ligeriensis (L)	Rasa Aragonesa	Cordero ligero (22-24 Kg)	Machos	Pastoreo Pastoreo+ suplemento Estabulación Estabulación- madres en pastoreo	No No Sí Sí	L-P L-PS L-E L-PE	12 12 12 12
3	Studer (S)	Churra	Cordero ligero (22-24 Kg)	Machos	Pastoreo+ suplemento	No	S-PS	5
		Churra	Lechal (10-11 kg)	Machos	Leche	No	S-M	5
4	Ligeriensis (L)	Rasa Aragonesa	Cordero ligero (22-24 Kg)	Machos Hembras Machos Hembras	Pastoreo Estabulación- madres en pastoreo	No Sí	L-P L-E	16 16
5	Ibericus (IB)	Ojalada u Ojinegra	Lechal (10-11 kg)	Machos	Leche	No	IB-M	42
6	Ligeriensis (L)	Rasa Aragonesa	Lechal (10-11 kg)	Machos Hembras	Leche	No	L-M	6 6
		Ansotana	Lechal (10-11 kg)	Machos Hembras	Leche	No	L-SK	6 6
7	Ligeriensis (L)	Rasa Aragonesa	Cordero ligero (22-24 Kg)	Machos	Estabulación	Sí	L-E	27
			Lechal (10-11 kg)	Machos	Leche	No	L-M	9
8	Ligeriensis (L)	Rasa Aragonesa	Cordero ligero (22-24 Kg)	Machos	Estabulación	Sí	L-E	24

Experimento 5. El objetivo de este estudio fue evaluar la calidad de la canal y de la carne de corderos lechales de dos razas pertenecientes al tronco *Ovis aries ibericus* (Jordana and Ribó, 1991; Sierra, 2002b). En el experimento se utilizaron 21 animales de la raza Ojinegra y 21 animales de la raza Ojalada, amparada esta última por la I.G.P. "Lechazo de Castilla y León". Todos los animales se alimentaron exclusivamente con leche de sus madres hasta el sacrificio, a los 10-11 Kg. de peso vivo. Los datos del análisis sensorial están publicados en Panea et al. (2011b). El código para este experimento es **IB-M** (Tabla 1).

Experimento 6. Los animales de este experimento eran de raza Ansotana, que pertenece al tronco *Ovis aries ligeriensis* (Jordana and Ribó, 1991, Sierra, 2002b). Esta raza se cría habitualmente para ofrecer al mercado corderos ligeros y el objetivo del experimento fue estudiar la oportunidad de criar lechales, comparando la calidad de su carne con sus posibles competidores en el mercado. Para ello, se utilizaron 12 animales (6 machos y 6 hembras) que fueron criados exclusivamente con leche materna hasta el sacrificio, con 10-11 Kg. de peso vivo. La carne de estos animales se comparó con la de la raza Rasa Aragonesa, incluyendo también 6 machos y 6 hembras, criados y sacrificados en las mismas condiciones. Los detalles sobre el experimento pueden consultarse en Panea et al. (2010). Para todos los animales de este experimento, el código es **L-M** (Tabla 1).

Experimento 7. Este experimento pretendía determinar la capacidad del consumidor para discriminar entre la carne de cordero y la de lechal. Se comparó la carne de 9 lechales con la de 27 corderos ligeros (estándar, ecológicos o con I.G.P., 9 de cada tipo), todos ellos de la raza Rasa Aragonesa. Como en los otros experimentos, los lechales permanecieron con sus madres hasta el sacrificio, a los 10-11 Kg. de peso vivo, mientras que los corderos ligeros se criaron según lo descrito en el lote "es-

tabulado" (E) del Experimento 1. Los códigos en el presente trabajo son **L-M** y **L-E** (Tabla 1).

Experimento 8. Se pretendía comparar el efecto del alelo FECX² del gen de prolificidad BMP15 sobre algunas características de la canal y de la carne de animales de raza Rasa Aragonesa. Los corderos se criaron siguiendo el sistema "estabulado" (E) descrito en el Experimento 1. Para ampliar detalles véase Roche et al. (2012). El código de este experimento es **L-E** (Tabla 1).

En la Tabla 1 se resumen las razas, el tronco de pertenencia de cada raza, los códigos experimentales, sexos, dietas, pesos vivos y la existencia o no de destete del material animal utilizado.

Sacrificio y muestreo

Todos los animales se sacrificaron de acuerdo con las leyes de la UE en el matadero más cercano a la explotación. Los procedimientos de sacrificio están de acuerdo con las recomendaciones de la Directiva 86/609/EEC (1986) sobre protección de animales utilizados en experimentación animal y otros propósitos científicos.

Todas las canales se enfriaron durante 24 h a 4°C. Posteriormente, se extrajo el músculo *Longissimus lumborum* y las muestras, envasadas al vacío, se maduraron durante 3 días a 4°C en oscuridad y se congelaron a -20°C, manteniéndose en congelación hasta el día del análisis.

Análisis sensorial

El día del análisis, las muestras se descongelaron, siempre dentro de la bolsa de vacío, por inmersión en agua corriente a una temperatura 17-19°C. Tras abrir la bolsa, los lomos fueron envueltos en una hoja de papel de aluminio y cocinadas en un grill de doble placa precalentado a 200°C (SAMMIG P8D-2; C)

hasta alcanzar una temperatura interna de 70°C, que fue controlada con la ayuda de un termopar (JENWAY 2000). Se eliminó de cada lomo el tejido conjuntivo externo y se cortó cada lomo en submuestras de 2x2 cm, que fueron envueltas individualmente en papel de aluminio previamente codificado. Las muestras se sirvieron en las cabinas de cata, donde se mantuvieron calientes a 50°C hasta que se probaron. Las muestras fueron servidas aleatoriamente a un panel entrenado (ISO 8586-1, 1993) de 9 miembros, que trabajó con luz roja para enmascarar las diferencias de color. Los atributos analizados fueron intensidad de olor a cordero, terneza, jugosidad, intensidad de flavor a cordero, intensidad de flavor a grasa y apreciación global, utilizándose para ello una escala de 100 puntos en la que 1 correspondía al valor más bajo y 100 al más alto para cada uno de los atributos.

sis GLM con el tronco, sexo, dieta y destete como efectos fijos y con el peso al sacrificio anidado dentro del efecto dieta. Posteriormente, se realizó un ANOVA de una vía con el tipo de cordero (definido como la combinación de tronco-dieta, véase Tabla 1) como efecto fijo y se calcularon las diferencias entre medias mediante el tests de Tukey, considerando como significativo el nivel $P < 0,05$. Para discriminar entre tipos de cordero por las variables estudiadas, se realizó un discriminante por pasos sucesivos. Finalmente, para mostrar las similitudes entre tipos de corderos para cada una de las variables en estudio, se llevó a cabo un análisis de correspondencias múltiples por el procedimiento normalizado y se han dibujado las proyecciones de cada tipo de cordero en cada una de las variables consideradas.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se hizo utilizando el paquete SPSS Statistical 19. La influencia de cada efecto considerado sobre las variables estudiadas se determinó mediante un análisis

Resultados y discusión

La Tabla 2 muestra los resultados del análisis GLM con el tronco, sexo, dieta y destete como efectos fijos. El tronco tuvo efecto sobre todas las variables estudiadas ($P < 0,001$)

Tabla 2. Significación (valor de p) del tronco, sexo, dieta y destete sobre las características sensoriales de 232 muestras de carne de cordero obtenidas de varios experimentos distintos. Las interacciones no significativas o sin casos no se muestran

Table 2. Significance (p-value) of the trunk, sex, diet and weaning on the sensory characteristics of 232 lamb meat samples obtained from several different experiments. No significant or no cases interactions are not shown

	Tronco racial (T)	Sexo (S)	Dieta (D)	Destete (M)	T*D	D*M
Intensidad de olor a cordero	0,000	0,040	0,004	0,158	0,846	0,194
Terneza	0,000	0,963	0,000	0,554	0,003	0,000
Jugosidad	0,134	0,912	0,216	0,404	0,209	0,000
Intensidad de flavor a cordero	0,000	0,239	0,069	0,460	0,202	0,417
Intensidad de flavor a grasa	0,000	0,190	0,477	0,777	0,727	0,681
Apreciación global	0,001	0,025	0,120	0,305	0,978	0,279

excepto la jugosidad ($P > 0,05$). El sexo y la dieta tuvieron escasa influencia sobre las variables en estudio y así, el sexo sólo afectó a la intensidad de olor a cordero ($P < 0,05$) y a la apreciación global ($P < 0,05$) mientras que la dieta sólo afectó a la terneza ($P < 0,001$). Por último, el destete no tuvo efecto sobre ninguna de las variables estudiadas.

La Tabla 3 muestra los resultados del ANOVA con el tipo de cordero (definido como combinación tronco-dieta) como efecto fijo, así como las medias de cada atributo para cada tipo de cordero. El tipo de cordero afectó a todas las variables estudiadas ($P < 0,001$). No se ha encontrado un patrón general en las relaciones entre apreciación global y las otras variables. De hecho, se hizo una regresión para predecir la apreciación global a partir del resto de las variables y el coeficiente fue de $R = 0,446$. Los corderos del tipo *S-PS* presentaron los valores más altos de intensidad de olor a cordero, flavor a cordero y flavor a grasa, mientras que los del tipo *L-PS* presentaron los valores más altos para la terneza, la jugosidad y la apreciación global.

El resultado del análisis discriminante se muestra en la Figura 1. El valor Lambda de Wilks fue significativo para todas las funciones ($p < 0,001$). El factor 1 explicó el 50,9% de la variabilidad encontrada y separó los tipos de cordero por la intensidad del flavor a cordero ($r = 0,81$), mientras que el Factor 2 explicó el 22,2% de la variabilidad y discriminó por la terneza ($r = 0,80$) y por la apreciación global ($r = 0,80$). El análisis discriminante separó claramente los tres troncos, independientemente de la dieta. El porcentaje de casos correctamente clasificados en su tipo fue de tan sólo el 18,7% pero el porcentaje de casos correctamente clasificados en su tronco fue del 42,4% (Tabla 4).

La Figura 2 muestra la proyección de los centroides de cada tipo de cordero sobre cada una de las variables consideradas. En cuanto a la intensidad de olor a cordero, puede apre-

ciarse que los cuatro tipos de cordero ligero del tronco S fueron muy similares entre ellos y estuvieron claramente separados del resto de los tipos de animales. La intensidad de flavor a cordero y la intensidad de flavor a grasa siguieron el mismo comportamiento que la intensidad de olor cordero, como era de esperar, ya que estas tres variables están muy relacionadas entre sí. Por lo que afecta a la terneza, todos los corderos ligeros del tronco S presentaron los valores más bajos, diferentes de los valores registrados para todos los corderos del tronco L. La jugosidad presentó un comportamiento similar. Por último, para la apreciación global puede verse que los cuatro tipos de cordero ligero del tronco S presentaron los valores más bajos, muy relacionados entre ellos y separados del resto. Sin embargo, la apreciación global en los lechales depende de la raza, siendo mayor en el tronco S (tipo 1) que en L (tipo 2) o en el IB (tipo 7).

La alta variabilidad de los datos está de acuerdo con otros estudios (Campo et al., 1999; Martínez-Cerezo et al. 2005). En la bibliografía, el efecto del tronco racial sobre las características organolépticas de la carne rara vez se contempla, pero el efecto de la raza está ampliamente estudiado. Algunos autores han demostrado que la raza afecta a la terneza y a la jugosidad, pero no al resto de las variables sensoriales (Sañudo et al., 1997, Martínez-Cerezo et al., 2005, Teixeira et al., 2005). Las diferencias entre razas disminuyen cuando las condiciones de cría son similares (Alcalde et al., 1999) y en general se acepta que a edades muy tempranas (menos de 100 días al sacrificio), no existen grandes diferencias entre razas en intensidad de flavor (Hernando et al., 1996; Sañudo et al., 1996). En el presente estudio hemos encontrado un efecto significativo de la raza sobre las variables sensoriales que puede deberse al diferente manejo seguido en los ocho experimentos (peso al sacrificio y dieta, principalmente), independientemente de la edad del animal.

Tabla 3. ANOVA con el tipo de cordero (combinación tronco-dieta) como efecto fijo.
Significación (valor de p), medias y error estándar de la media
Table 3. ANOVA with the type of Lamb (combination trunk-diet) as a fixed effect.
Significance (p-value), mean and standard error of the mean

Tipo de cordero (tronco-dieta)	Intensidad de olor a cordero (1-100)	Terneza (1-100)	Jugosidad (1-100)	Intensidad de flavor a cordero (1-100)	Intensidad de flavor a grasa (1-100)	Apreciación global (1-100)
IB-M	47,5 cd	60,4 bc	53,1 ab	64,1 ab	42,9 de	50,1 abc
L-M	47,5 cd	61,6 bc	50,8 b	58,1 bc	44,0 cde	46,4 bc
L-P	49,9 bcd	64,0 abc	57,7 ab	60,0 bc	45,3 bcde	54,2 ab
L-PS	50,7abcd	71,7 a	61,6 a	60,3 abc	44,3 cde	57,1 a
L-E	45,5 d	60,5 bc	53,8 ab	52,7 c	39,5 e	50,5 abc
L-PE	50,3 abcd	66,4 abc	57,8 ab	60,3 bc	46,4 bcde	53,9 abc
S-M	56,8 abc	68,5 ab	58,5 ab	63,7 ab	49,5 abcde	47,6 abc
S-P	58,0 ab	60,3 bc	52,3 ab	64,5 ab	57,7 ab	43,9 c
S-PS	59,9 a	60,2 bc	50,8 b	69,7 a	60,7 a	45,7 bc
S-E	55,9 abc	60,7 bc	54,0 ab	63,0 ab	53,8 abcd	46,2 bc
S-PE	59,8 a	57,2 c	54,3 ab	65,7 ab	56,1 abc	51,7 abc
Media global	48,9	62,7	54,8	58,4	44,1	50,8
e.e.	0,395	0,406	0,431	0,387	0,519	0,409
Sig. (p)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

IB- Tronco *Ovis aries ibericus*; L- Tronco *Ovis aries ligeriensis*; S- Tronco *Ovis aries studei*.

E- estabulación: ovejas y corderos siempre en confinamiento; P- pastoreo: ovejas y corderos siempre en pasto; PE- pastoreo y estabulación: corderos en confinamiento y ovejas en pastoreo limitado; PS- pastoreo con suplemento: corderos en pastoreo con suplemento y ovejas en pastoreo; M.- lechal: corderos lactantes.

a, b.- superíndices distintos en la misma columna implican diferencias estadísticas entre tipos de cordero ($p < 0.05$).

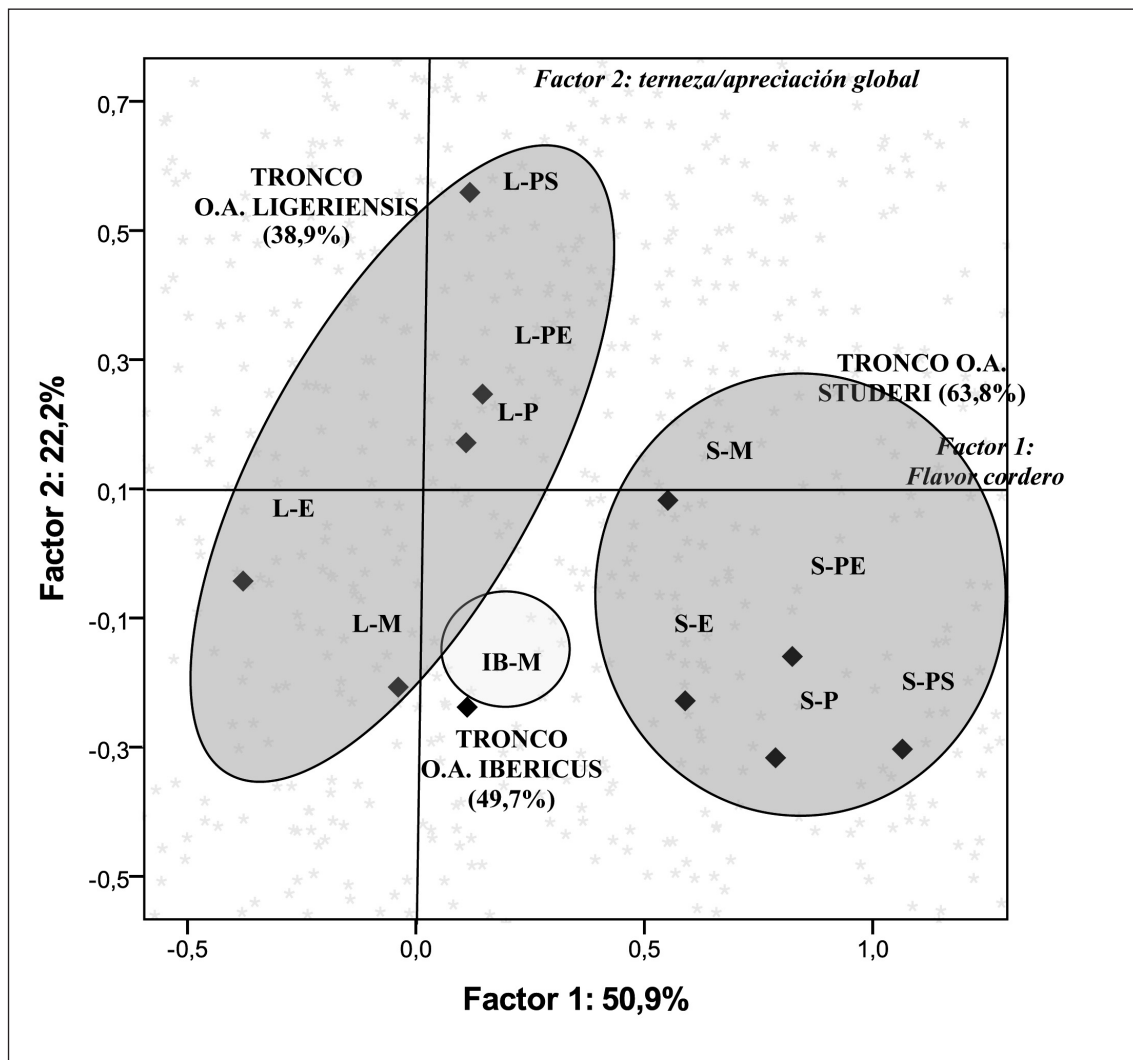


Figura 1. Análisis discriminante con las características sensoriales de 232 muestras de carne de cordero obtenidas de varios experimentos distintos. Al lado de cada tronco se muestra entre paréntesis el porcentaje de casos clasificados correctamente.

IB- Tronco *Ovis aries ibericus*; L- Tronco *Ovis aries ligeriensis*; S- Tronco *Ovis aries studeri*;
 E- estabulación: ovejas y corderos siempre en confinamiento; P- pastoreo: ovejas y corderos siempre en pasto; PE.- pastoreo y estabulación: corderos en confinamiento y ovejas en pastoreo limitado;
 PS- pastoreo con suplemento: corderos en pastoreo con suplemento y ovejas en pastoreo;
 M.- lechal: corderos lactantes.

Figure 1. Discriminant analysis with the sensory characteristics of 232 lamb meat samples obtained from several different experiments. Beside each trunk the percentage of cases correctly classified is shown in parentheses.

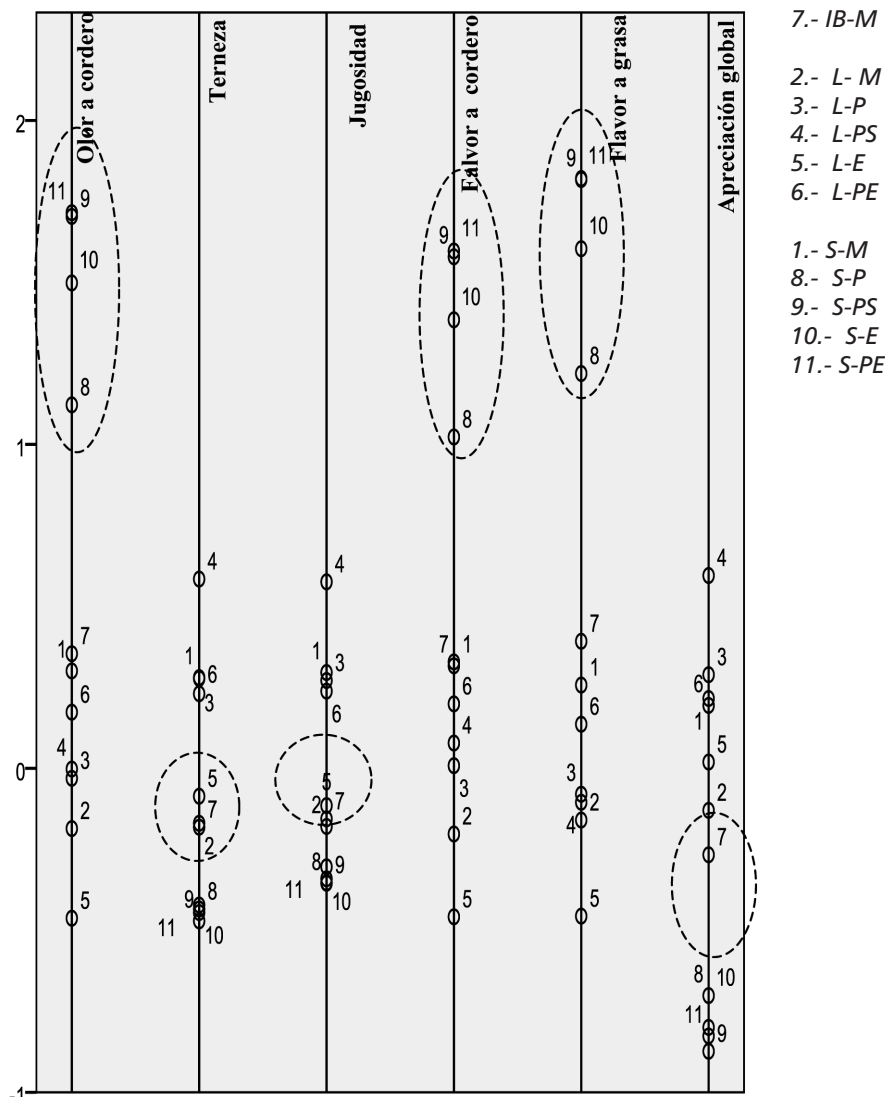


Figura 2. Proyección de los centroides de cada tipo de cordero sobre las características sensoriales de 232 muestras de carne de cordero obtenidas de varios experimentos distintos.

IB- Tronco *Ovis aries ibericus*; L- Tronco *Ovis aries ligeriensis*; S- Tronco *Ovis aries studeri*;
E- estabulación: ovejas y corderos siempre en confinamiento; P- pastoreo: ovejas y corderos siempre en pasto; PE.- pastoreo y estabulación: corderos en confinamiento y ovejas en pastoreo limitado;
PS- pastoreo con suplemento: corderos en pastoreo con suplemento y ovejas en pastoreo;
M.- lechal: corderos lactantes.

Figure 2. Projection of the centroids of each type of lamb on the sensory characteristics of 232 lamb meat samples obtained from several different experiments.

Tabla 4. Porcentaje de casos correctamente clasificados por el análisis discriminante en su tronco de pertenencia
 Table 4. Percentage of cases correctly classified by discriminant analysis in its trunk of belonging

Tronco	Tipos	Grupo de pertenencia pronosticado			Total
		Studer	Ligeriensis	Ibericus	
Studer	1, 8,9,10,11	63,8	14,1	22,1	100,0
Ligeriensis	2,3,4,5,6,	30,0	38,9	31,1	100,0
Ibericus	7	28,1	22,2	49,7	100,0

Según Martínez-Cerezo et al. (2005) en la raza Rasa Aragonesa (L) o en la raza Merina, la terneza y la jugosidad de la carne se incrementan con el aumento del peso al sacrificio, mientras que en la raza Churra (S) no existe una relación entre peso y jugosidad o terneza, indicando que el comportamiento de las razas cárnicas es diferente al de las lecheras. Sin embargo, otros autores no encuentran relación entre el peso de la canal y las propiedades sensoriales de la carne (Sañudo et al., 1996; Teixeira et al., 2005; Oury et al. (2009). En el presente estudio el peso se ha estudiado como un factor anidado dentro de la dieta, ya que todos los animales sacrificados al 10-12 Kg. de peso vivo eran lactantes, mientras que los animales sacrificados a 22-24 Kg. recibieron dietas diferentes en función del experimento. Así, encontramos que, dentro de cada tronco racial, no existe una progresión clara ni de la terneza ni de la jugosidad de la carne con el incremento de peso (de lechal a cordero ligero) y, en general, dentro de cada tronco, las diferencias entre los dos pesos son pequeñas o no significativas. Algunos autores han señalado que el peso al sacrificio afecta a las variables de olor y flavor, que normalmente se incrementan al hacerlo el peso al sacrificio (Martínez-Cerezo et al., 2005; Teixeira et al. 2005, Tejeda et al., 2008). Pollot et al. (1994) describieron que cuando la comparación se hace a igual-

dad de peso de canal, los animales de razas precoces serían en realidad cronológicamente algo mayores que el resto y, en consecuencia, podrían estar algo más engrasados, lo que resultaría en una carne con mayor intensidad de flavor. Sin embargo, los resultados de la bibliografía no son concluyentes.

La falta de efecto del sexo sobre las características sensoriales de la carne coincide con los resultados de la mayoría de los autores (Teixeira et al. 2005; Vergara et al., 1999; Vergara and Gallego, 1999; Tejeda et al., 2008). Sin embargo, este consenso no existe en relación con la terneza. Según Alvi (1980) la carne de los machos enteros era más dura que la de los machos castrados y Valdimarsdottir et al. (1998) mostraron que la carne de las hembras resultaba más tierna que la de los machos enteros. En cuanto al flavor, Jeremiah et al. (1998) encontraron que los machos castrados tenían peores notas de flavor que la de los machos enteros o las hembras, pero en el presente trabajo no se encontraron diferencias entre sexos para los atributos de flavor, lo que podría deberse a que los animales empleados en el presente trabajo eran muy jóvenes y las diferencias de flavor son poco notables en edades tempranas (Hernando et al., 1996; Sañudo et al., 1996).

Fisher et al. (2000) concluyeron que la dieta afecta a las propiedades sensoriales de la

carne de manera más significativa que la raza, lo que estaría en desacuerdo con nuestros resultados. El efecto de la dieta sobre las propiedades sensoriales no está claro en la bibliografía y los resultados descritos son a veces contradictorios. La ingesta de proteína y energía son los dos factores más comúnmente considerados. El contenido en proteína es importante sólo cuando las diferencias entre dietas son significativas, mostrando una relación positiva entre nivel de proteína y la terneza (Kemp et al., 1976; Fhamy et al., 1992). Por otra parte, Solomon et al. (1986) encontraron que los corderos criados con una dieta baja en energía tuvieron una carne más tierna que los animales criados con una dieta rica en energía, pero Paul et al. (1964) o Crouse et al. (1978) observaron una mayor terneza en la carne de animales alimentados con concentrado que en animales alimentados con hierba. La mayoría de los autores recoge que el tipo de forraje no tiene ningún efecto sobre la terneza (Summers et al., 1978, Field et al., 1978, Kemp et al., 1981, Vipond et al., 1995, Hopkins and Nicholson, 1999). Ni el nivel de energía de la dieta (Crouse et al., 1978, Solomon et al., 1986), ni su contenido en proteína (Kemp et al., 1976, 1981), ni el tipo de forraje (Field et al., 1978, Vipond et al., 1995, Hopkins and Nicholson, 1999), tienen efecto sobre la jugosidad, lo que coincidiría con los resultados del presente trabajo.

Se ha descrito que la dieta afecta principalmente al flavor, porque el grado de engrasamiento intramuscular determina en gran parte el perfil sensorial (McCaughey and Clipfey, 1995). Sin embargo, tampoco en este punto la bibliografía es concluyente. Algunos autores han señalado que el olor y el flavor de la carne son similares en los animales criados a pasto o con concentrado (Paul et al., 1964; Solomon et al., 1996), lo que estaría de acuerdo con nuestros resultados, pero otros estudios muestran que las dietas basadas en pastoreo promueven en la carne olores lige-

ramente más intensos que las dietas a base de concentrado (Rousset-Akrim et al., 1997) y que la sustitución de parte del forraje por concentrado reduciría la intensidad de flavor de la carne (Field et al., 1978, Angood et al., 2008). Fisher et al. (2000) describieron que la carne de los animales criados con hierba posee grandes cantidades de ácidos grasos insaturados, como el C18:3 y los PUFA n-3, lo que le confiere mayor intensidad de flavor, mientras que la carne de los animales criados con concentrado posee mayores proporciones de C18:2, lo que se traduce en una carne con menor flavor. Priolo et al. (2002) describieron que el típico flavor a cordero y a grasa era más intenso en la carne de corderos estabulados, mientras que el flavor a hígado era más intenso en la carne de los animales alimentados con hierba. En cuanto a la apreciación global, se ha demostrado que ni el nivel de energía de la dieta (Crouse et al. 1978), ni el contenido en proteína (Kemp et al., 1976) ni el tipo de forraje (Vipond et al., 1995, Hopkins and Nicholson, 1999) afectan a la misma.

Por último, la mayoría de los autores no encuentran efecto del destete sobre las características sensoriales de la carne (Summers et al., 1978, Sañudo et al., 1998a, Vipond et al., 1995, Alcalde et al., 1999), lo que estaría de acuerdo con nuestros resultados.

Como se ha comentado, no hemos encontrado un patrón general en las relaciones entre la apreciación global y el resto de las variables estudiadas. Así, el tipo *L-PS* presentó los valores más altos para la apreciación global ya que presentó los valores más altos para a terneza y para la jugosidad. Sin embargo, el tipo *S-M* presentó valores altos para la terneza, jugosidad e intensidad de flavor a cordero pero sus notas para la apreciación global están por debajo de la media. Igualmente, el tipo *S-PS* presentó las notas más altas para la intensidad de olor a cordero y para la intensidad de flavor a cordero y a grasa y su nota para la apreciación global estuvo claramente por de-

bajo de la media, mientras que el tipo *L-E* presentó la carne con menor intensidad olor a cordero e intensidad de flavor a cordero y a grasa y su nota de apreciación global se situó prácticamente en la media. Por último, y análogamente, el tipo *S-PE* presentó también valores intermedios para la apreciación global con altas notas en la intensidad de olor a cordero y las notas más bajas para la terneza. Alfonso (2000), trabajando con 12 tipos ovinos diferentes, describió que la apreciación puede explicarse sólo parcialmente por la terneza, el flavor a cordero y la jugosidad.

En el análisis discriminante puede verse que la carne de los animales del tronco S presentó mayor intensidad de flavor que la carne del tronco L, mientras que la última presentaba, en general, mayor terneza que la primera. Los lechales del tronco IB se situaron más próximos a los corderos del tronco L que a los del tronco S. Dentro del tronco L, los animales del lote E estuvieron claramente separados del resto porque presentaron una carne menos tierna y con menor flavor, lo que se tradujo en las notas de apreciación global más bajas. En la parte central del dibujo se localizan los lechales de los tres troncos raciales. Los lechales de los troncos L e IB presentaron una carne menos tierna que los corderos ligeros del tronco L y una terneza muy similar a la de la carne de los corderos ligeros del tronco S. Sin embargo, la carne de los lechales del tronco S resultó más tierna que la del resto de los lechales y que la de los corderos ligeros de su mismo tronco. Por último, puede verse que los corderos ligeros del tronco S, independientemente de la dieta, se situaron en el cuadrante inferior derecho del dibujo.

La utilidad de las técnicas multivariantes ha sido demostrada por varios autores. Zurita-Herrera et al. (2011) demostraron que el análisis discriminante es capaz de distinguir entre

grupos de animales en función de las características sensoriales de su carne, separando de manera inequívoca los animales procedentes de un sistema ecológico de los criados en estabulación. Por otro lado, Alfonso (2000), en un experimento con 12 tipos ovinos europeos describió que la terneza y el flavor fueron las dos variables que explicaron la agrupación de animales, con el flavor claramente discriminando entre los animales procedentes del Sur de Europa (animales ligeros, jóvenes y criados con concentrado) y los animales procedentes del Norte de Europa (de mayor edad y criados con pasto). La alta variabilidad de los datos puede explicar que el porcentaje de casos clasificados correctamente en su grupo (Tabla 4) no sea excesivamente alto, especialmente en el tronco *Ligeriensis*, en el que sólo el 38,9% se clasificó de acuerdo con lo previsto, situándose un 30,0% de los casos en el tronco *Studeri* y un 31,1% en el *Ibericus*. Sin embargo, la significación del la Lambda de Wilks ($P < 0,001$) indica que las variables utilizadas en el análisis son capaces de discriminar correctamente entre grupos.

El patrón de agrupamiento observado en el análisis discriminante puede verse también en la Figura 2. Nuestros resultados parecen indicar que en animales jóvenes, la raza tiene mayor influencia sobre las características de la carne que el peso al sacrificio o la dieta, lo que estaría de acuerdo con las conclusiones de otros estudios (Sañudo et al., 1997, Martínez-Cerezo et al., 2005, Teixeira et al., 2005).

A partir de los presentes resultados, se puede concluir que en corderos muy jóvenes, la genética es más importante que otros factores, como el peso al sacrificio, el sexo, la dieta o el destete, a la hora de definir las propiedades sensoriales de la carne. El análisis discriminante fue capaz de separar los animales en función del tronco racial de pertenencia pero no en función del peso de sacrificio o la dieta.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Asociación de Criadores de la raza Ansotana (ANCOAN) y al Dr. Folch la provisión de parte del material experimental. Asimismo, agradecen a L. Cascarosa, y al personal del CITA de Aragón y de la Estación Experimental de La Garcipollera su asistencia técnica.

Los distintos experimentos han sido financiados por los siguientes proyectos: INIA-FEDER RTA2003-031, INIA-FEDER RZ2004-028, INIA-FEDER RTA2008-0098: INIA FEDER - RZ2010-002.

Bibliografía

- Alcalde MJ, Sañudo C, Osorio JC, Olleta JL and Sierra I, 1999. Evaluación de la calidad de la canal y de la carne en canales ovinas ligeras de tipo comercial "Ternasco". *ITEA* 95: 49-64.
- Alfonso M, 2000. *Caracterización sensorial y aceptabilidad de la carne de doce tipos ovinos representativos de distintos sistemas de producción europeos*. PhD Thesis University of Zaragoza.
- Álvarez-Rodríguez J, Monleón E, Sanz A, Badiola JJ and Joy M, 2011. Rumen fermentation and histology in *cordero ligeros* as affected by forage supply and lactation length. *Research in Veterinary Science*. doi:101016/jrvsc201103010.
- Alvi AS, 1980. The influence of sex status on meat quality characteristics in sheep. *Fleischwirtsch* 60: 2037-2042.
- Angood KM, Wood JD, Nute GR, Whittington FM, Hughes SI and Sheard PR, 2008. A comparison of organic and conventionally-produced lamb purchased from three major UK supermarkets: price eating quality and fatty acid composition. *Meat Science* 78: 176-184.
- Buttler-Hog BW, Francombe MA and Dransfield E, 1984. Carcass and meat quality of ram and ewe lambs. *Animal Production* 39: 107-113.
- Campo MM, Sañudo C, Panea B, Alberti P and Santolaria P, 1999. Breed type and ageing time effects on sensory characteristics of beef strip loin steaks. *Meat Science* 51: 383-390.
- Carrasco S, 2008. Efecto del sistema de alimentación sobre el crecimiento y la calidad de la canal y de la carne de corderos ligeros de raza Churra Tensina. PhD Thesis, University of Zaragoza, Spain.
- Carrasco S, Ripoll G, Sanz A, Álvarez-Rodríguez J, Panea B, Revilla R and Joy M, 2009a. Effect of feeding system on growth and carcass characteristics of Churra Tensina light lambs. *Livestock Science* 121: 56-63.
- Carrasco S, Panea B, Ripoll G, Sanz A and Joy M, 2009b. Influence of feeding systems on cortisol levels fat colour and instrumental meat quality in light lambs. *Meat Science* 83: 50-56.
- Crouse JD, Field RA, Chant JL, Ferrel CR, Smith GM and Harrison VL, 1978. Effect of dietary energy intake and palatability of different weight carcasses from ewe and ram lambs. *Journal of Animal Science* 47: 1207-1218.
- Dransfield E, Nute GR, MacDougall DB and Rhodes DN, 1979. Effect of sire breed on eating quality of cross-breed lambs. *Journal of Science of Food and Agricultural* 30: 805-808.
- Dransfield E, Nute GR, Hogg BW and Walters BR, 1990. Carcass and eating quality of ram castrated ram and ewe lambs. *Animal Production* 50: 291-299.
- Ellis M, Webster GM, Merrel BG and Brown I, 1997. The influence of terminal sire breed on carcass composition and eating quality of cross-breed lambs. *Animal Science* 64: 77-86.
- Fhamy DC, Harrison DL and Anderson LL, 1992. Lamb and beef roast cooked from the frozen state dry and moist heat. *Journal of Food Science* 37: 226-229.
- Field RA, Willimas JC, Ferrell CL, Crouse JD and Kunsman JR, 1978. Dietary alteration of palatability and fatty acids in meat from light and heavy weight ram lambs. *Journal of Animal Science* 47: 858-864.

- Fisher AV, Enser M, Richardson RI, Wood JD, Nute GR, Kurt E, Sinclair LA and Wilkinson RG, 2000. Fatty acid composition and eating quality of lamb types derived from four diverse breed x production systems. *Meat Science* 55: 141-147.
- Hawkins RR, Kemp JD, Ely DG, Fox JD, Moody WG and Vimini RJ, 1985. Carcass and meat characteristics of crossbreed lambs born to ewes of different genetic types and slaughtered at different weights. *Livestock Production Science* 12: 241-250.
- Hernando S, Rovira J and Jaime I, 1996. Influence of carcass weight on the quality of *cordero ligero* meat. In: 42nd International Congress of Meat Science and Technology, Lillehammer, Norway, 1-6 September 1996, pp. 338-339. Oxford: Elsevier Applied Science.
- Hopkins DL and Nicholson A, 1999. Meat quality of whether lambs grazed on saltbush, (*Atriplex nummularia*) plus supplements or lucerne (*Medicago sativa*). *Meat Science* 51: 91-95.
- Jeremiah LE, Tong AKW and Gibson LL, 1998. The influence of lamb chronological age slaughter weight and gender on flavour and texture profiles. *Food Research International* 31: 227-242.
- Jordana J and Ribó O, 1991. Relaciones filogenéticas entre razas ovinas españolas obtenidas a partir del estudio de caracteres morfológicos. *Investigación Agraria: Producción y Sanidad Animal* 63: 225-237.
- Kemp JD, Johnson AE, Stewart DF, Ely DG and Fox JD, 1976. Effect of dietary protein carcass weight and sex on carcass composition organoleptic properties and cooking losses of lamb. *Journal of Animal Science* 42: 575-583.
- Kemp JD, Mahyuddin DG, Ely DG, Fox JD and Moody WG, 1981. Effect of feeding system on organoleptic properties and fatty acid composition of lamb. *Journal of Animal Science* 51: 321-330.
- Martínez-Cerezo S, Sañudo C, Medel I and Olleta JL, 2005. Breed slaughter weight and ageing time effects on sensory characteristics of lamb. *Meat Science* 69: 571-578.
- McCaughey WP and Clipef RL, 1995. Carcass and organoleptic characteristics of meat from steers grazed on alfalfa/grass pastures and finished on grain. *Canadian Journal of Animal Science* 76: 149-152.
- Oury MP, Picard B, Briand M, Blanquet JP and Dumont R, 2009. Interrelationships between meat quality traits texture measurements and physicochemical characteristics of M rectus abdominis from Charolais heifers. *Meat Science* 83: 293-301.
- Panea B, Joy M, Ripoll G, Boscolo J and Albertí P, 2010. Características de la canal y de la carne del lechal de raza Ansotana: efecto del sexo. *ITEA* 106: 1-16.
- Panea B, Carrasco S, Ripoll G and Joy M, 2011a. Diversification of feeding systems for *cordero ligeros*: sensory characteristics and chemical composition of meat. *Spanish Journal of Agricultural Research* 9: 66-73.
- Panea B, Ripoll G, Ripoll-Bosch R, Blasco I, Falo F and Joy M, 2011b. Calidad sensorial de lechales de raza Ojinegra de Teruel. In: *XIV Jornadas sobre Producción Animal*, ed. Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario), Zaragoza, España, 17-18 mayo 2011, pp. 739-741.
- Paul PC, Torten J and Spurlock GM 1964 Eating quality of lamb. I. Effect of age. *Food Tech* 18 1779-1782.
- Pollot GE, Guy DR and Croston D, 1994. Genetic parameters of lamb carcass characteristics and three end-points: fat level age and weight. *Animal Production* 58: 65-75.
- Priolo A, Micel D, Agabiel J, Prache S and Dransfield E, 2002. Effect of grass or concentrate feeding on lamb carcass and meat quality. *Meat Science* 62: 179-185.
- Ripoll G, Joy M, Muñoz F and Albertí P, 2008. Meat and fat colour as a tool to trace grass-feeding systems in *cordero ligero* production. *Meat Science* 80: 2 239-248.
- Ripoll G, Joy M and Sanz A, 2010. Estimation of carcass composition by ultrasound measurements in 4 anatomical locations of 3 commercial categories of lamb. *Journal of Animal Science* 88:3409-3418.
- Rousset-Akrim S, Young OA and Berdagué JL, 1997. Diet and growth effects in panel assessment of sheep meat odour and flavour. *Meat Science* 45: 169-181.

- Sanz A, Álvarez-Rodríguez J, Cascarosa L, Ripoll G, Carrasco S, Revilla R and Joy M, 2008. Características de la canal de los tipos comerciales de cordero lechal ternasco y pastenco en la raza Churra Tensina. *ITEA* 104: 42-57.
- Sañudo C, Santolaria MP, María G, Osorio M and Sierra I, 1996. Influence of carcass weight on instrumental and sensory lamb meat quality in intensive production systems. *Meat Science*: 42 195-202.
- Sañudo C, Campo MM, Sierra I, María GA, Olleta JL and Santolaria P, 1997. Breed effect on carcass and meat quality of *lechal* lambs. *Meat Science* 46: 357-365.
- Sañudo C, Nute GR, Campo MM, Maria G, Baker A, Sierra I, Enser ME and Wood JD, 1998a. Assessment of commercial lamb meat quality by British and Spanish taste panels. *Meat Science* 48: 91-100.
- Sañudo C, Sánchez A and Alfonso M, 1998b. Small Ruminant Production systems and factors affecting lamb meat quality. *Meat Science* 49: no suppl 1 529-564.
- Sierra I, 2002. *Razas aragonesas de Ganado*. Leeds: Gobierno de Aragón.
- Solomon MB, Kemp JD, Moody WG, Ely DG and Fox JD, 1980. Effect of breed and slaughter weight on physical chemical and organoleptic properties of lamb carcasses. *Journal of Animal Science* 51: 1102-1107.
- Solomon MB, Lynch GP and Berry BW, 1986. Influence of animal diet and carcass electrical stimulation on the quality of meat from youthful ram lambs. *Journal of Animal Science* 62: 139-146.
- Summers RL, Kemp JD, Ely DG and Foz J D, 1978. Effects of weaning feeding systems and sex of lamb on lamb carcass characteristics and palatability. *Journal of Animal Science* 47: 622-629.
- Teixeira A, Batista S, Delfa R and Cadavez V, 2005. Lamb meat quality of two breeds with protected origin designation Influence of breed sex and live weight. *Meat Science* 71: 530-536.
- Tejeda JF, Pena RE and Andres AI, 2008. Effect of live weight and sex on physico-chemical and sensorial characteristics of Merino lamb meat. *Meat Science* 80: 1061-1067.
- Valdimarsdottir T, Thorkelsson G and Thorsteinsson S, 1998. Sensory quality of lambs meat of rams and weathers at different ages. In: *44th International Congress of Meat Science and Technology*, Barcelona, Spain, 30th August- 4th September 1998, pp. 774-775.
- Vergara H, Molina A and Gallego L, 1999. Influence of sex and slaughter weight on carcass and meat quality in *cordero ligeros* produced in intensive systems. *Meat Science* 52: 221-226.
- Vergara H and Gallego L, 1999. Effect of type of *lechal* and length of lactation period on carcass and meat quality in intensive production systems. *Meat Science* 53: 211-215.
- Vipond JE Marie S Hunter EA, 1995. Effect of clover and milk in the diet of grazed lambs on meat quality. *Journal of Animal Science* 60: 231-238.
- Zurita-Herrera P, Delgado JV, Arguello A and Camacho ME, 2011. Multivariate analysis of meat production traits in Murciano-Granadina goat kids. *Meat Science* 88: 447-453.

(Aceptado para publicación el 18 de marzo de 2013)

Relación entre la vida productiva y la producción de leche en la raza Assaf Española

M.A. Jiménez¹ y J.J. Jurado

Departamento de Mejora Genética Animal. INIA. Ctra. de La Coruña, Km. 7,5. 28040 Madrid

Resumen

La raza Assaf española cuenta con un Programa Nacional de Mejora Genética basado en el incremento de la producción de leche por lactación y el incremento de la calidad de la misma. El presente trabajo trata de determinar la relación existente entre las altas producciones de esta raza y la duración de la vida productiva (número de lactaciones registradas hasta su baja) de las ovejas, utilizando los datos de control lechero acumulados hasta el año 2011. Para cada oveja (27.170 animales muertos y 36.268 vivos) se ha calculado el valor medio de sus lactaciones (producción tipificada a 150 días) y se ha realizado un análisis de varianza (procedimiento GLM de SAS) de la producción de leche en función del estado de la oveja (viva o muerta), rebaño, tipo de parto medio, número de días de secado medio y vida productiva usando distintos modelos. La vida productiva media fue de 3,76 lactaciones/oveja (el 55,3% de los animales presentaron un total de entre 2 y 3 lactaciones registradas hasta la baja). Los resultados mostraron un aumento de la producción de leche con los años y una reducción de la vida productiva.

Palabras clave: Ovino de leche, lactaciones registradas, programa de selección genética.

Abstract

Relationship between length of productive life and the milk production in the Spanish Assaf sheep breed

The Spanish Assaf sheep breed has a National Breeding Program based on increasing milk production per lactation and its quality. This research attempts to determine the relationship between milk yield and length of productive life (number of lactations registered to culling) of the breed, using historic data from official dairy recording system until 2011. For each individual (27.170 dead and 36.268 alive animals) the average value of 150d standardized milk yield was calculated. Analysis of variance (GLM procedure of SAS) of milk production was performed using different models based on the state of sheep (alive or dead), flock, average type of birth, average number of dry days, and productive life. The average value of productive life was 3.76 lactations/sheep (55.3% of the animals had between 2 and 3 lactations recorded to low). The results showed an increase in milk production over the years and a reduction of productive life.

Key words: Dairy sheep, lactations registered to culling, breeding program.

1. Autor para correspondencia: hernando@inia.es
<http://dx.doi.org/10.12706/itea.2013.019>

Introducción

El término **longevidad** en ganado ovino se puede definir como la capacidad que tienen las ovejas para vivir produciendo en un ambiente determinado. Una oveja puede vivir un periodo largo de tiempo, citándose hasta 16-20 años de edad. Una larga vida con partos regulares influye de forma importante sobre la rentabilidad de las explotaciones, ya que se reducen los costes de amortización y se diluyen durante más tiempo. Sin embargo, la longevidad definida de esta forma resulta difícil de estudiar ya que los animales no se suelen dejar morir en el rebaño, sino que son desechados por distintas causas y a edades muy diversas con el fin de obtener, en algunos casos, algún beneficio, por ejemplo con su venta (Vera et al., 1978).

Una forma más adecuada de definir la permanencia de una oveja en un rebaño es teniendo en cuenta la opinión del ganadero que mantiene al animal hasta que decide sustituirlo. Se habla de **vida productiva**, definida como el intervalo de tiempo durante el que una oveja está produciendo de acuerdo con los criterios económicos y de manejo del ganadero. No es más que un reflejo de las características del sistema productivo puesto en marcha, y de los factores (productivos, económicos, sanitarios etc.) que llevan al ganadero a tomar decisiones relacionadas con la sustitución de las ovejas en el rebaño.

En vacuno de leche se han usado distintas variables para medir la vida productiva de los animales, entre las que se encuentran la duración de la vida activa en el rebaño (diferencia entre la fecha de primer parto y la fecha de desecho o fecha del último registro de producción) medida en días o en meses, el número total de lactaciones registradas o la producción de leche acumulada hasta el desecho etc. También se ha distinguido entre vida productiva verdadera o vida productiva funcional que depende de la habilidad del animal para evitar el desecho por razones in-

voluntarias (por ejemplo esterilidad o enfermedades) (Ducrocq et al., 1988). En ganado ovino, los estudios relacionados con la longevidad son más escasos, y como en otras cuestiones, se toma como referencia las pautas desarrolladas por el vacuno de leche.

Para medir la vida productiva de una oveja es necesario que ésta tenga su vida completa. Se debe conocer, entre otros datos, su fecha de nacimiento (o la de primer parto), la fecha de baja y la causa de la baja. Este último dato es importante porque permite distinguir entre el desecho involuntario, debido a causas ajenas al manejo o voluntad del ganadero (accidentes, enfermedades...) y el desecho voluntario, en función de la estrategia de manejo desarrollada por el ganadero en el rebaño (desvieje, baja producción...). Así, habrá ganaderos que deciden dejar sus ovejas produciendo un mayor número de lactaciones y habrá ganaderos que renovarán los animales con un menor número de lactaciones, en ambos casos, dependiendo de su voluntad. Por consiguiente, tanto las ovejas lactantes como las desechadas por causas involuntarias no son adecuadas para medir la vida productiva, ya que ésta no se ha completado.

El objetivo de este trabajo es buscar la relación que existe entre la duración de la vida productiva de las ovejas de raza Assaf y su nivel de producción láctea. La raza Assaf española cuenta con un programa de selección genética basado en el incremento de la producción de leche por lactación y la mejora de la calidad de la misma (MARM, 2011). Los resultados obtenidos hasta ahora indican que se está logrando incrementar de forma efectiva la producción de leche por lactación (Jiménez et al., 2012), y se encuentra en el camino de mejorar la calidad de la misma. Se trata, pues, de determinar la influencia que las altas producciones de esta raza (mejoradas con los años de selección) y la presión de selección del esquema tienen sobre la duración de la vida productiva de estos animales.

Material y métodos

La información que se ha utilizado para realizar este estudio es la misma que la empleada en la última valoración genética de la raza Assaf realizada en Febrero de 2012 (Jiménez et al., 2012). Se han empleado, fundamentalmente, los datos de control lechero oficial de la raza acumulados hasta el año 2011.

Esta información se toma en función de los objetivos de selección del programa (mejora de los caracteres lecheros) no habiendo una estructura de recogida de datos específica para medir la vida productiva. Esto implica la no existencia de algunos datos clave para el cálculo de la misma (tal es el caso de la causa de baja, no especificada con precisión en la base de datos), habiendo sido sustituidos por estimas indirectas o por convenciones razonables. Se trata de establecer un protocolo de actuación usando los datos de control lechero (lactaciones registradas de cada oveja) como base para medir parámetros relacionados con la permanencia de los animales en el rebaño desde un punto de vista productivo.

Se han utilizado datos de ovejas que tienen completa su vida productiva (ovejas muertas) y causan baja por la voluntad del ganadero (ovejas que no han tenido ningún parto en los dos últimos años, considerando el año 2011 como el último año de parto de este estudio). Se ha estudiado la variable **vida productiva** usando como medida el número de lactaciones registradas en control lechero hasta su baja (se asume que el número de lactaciones controladas coincide con el total de lactaciones o producción acumulada en los años de vida del animal). Se ha realizado un estudio comparativo entre las ovejas muertas y las vivas (una oveja se considera viva si no tiene fecha de baja y además ha tenido algún parto en los dos últimos años de estudio). En este caso, se ha estudiado la variable **número de lactaciones** registradas en control lechero.

En ambas situaciones (ovejas vivas y muertas) se ha exigido un número mínimo de 2 lactaciones registradas (lactaciones tipificadas a 150 días). La razón es que si un ganadero deja una oveja una segunda lactación es porque considera que es apropiada para formar parte de sus ovejas productoras y se espera que siga en el rebaño hasta que el ganadero decida lo contrario. Esto implica asumir que no se produce baja por causa involuntaria después de la segunda lactación ya que se carece de información adicional para discriminar entre desecho voluntario (datos no censurados) e involuntario (datos censurados).

Del conjunto de lactaciones registradas en la base de datos de la raza Assaf y con dato para producción de leche tipificada a 150 días (454.034 registros, 183.538 animales distintos) y tras diversas depuraciones, se ha utilizado la información de 27.170 animales que han causado baja (muertos) y 36.268 ovejas vivas. Estas ovejas pertenecen a 115 rebaños distintos, con un mínimo de 30 ovejas cada uno, y se encuentran en activo en la asociación en el año 2011 (aportan datos de forma regular a la base de datos de la raza). Para cada oveja se ha calculado el valor medio de sus lactaciones (producción media de leche tipificada a 150 días), tipo medio de parto, días de secado (número medio de días entre el último control de una lactación y la fecha de parto de la siguiente), la variable vida productiva para las ovejas que han causado baja, y número total de lactaciones registradas para las ovejas que aún están vivas.

En un primer estudio se ha realizado un análisis de varianza (modelos 1 y 2) de la producción de leche tipificada a 150 días en función de los siguientes factores de variación: estado de la oveja (viva o muerta), rebaño (115 ganaderías), año de nacimiento (de 1990 a 2010), tipo de parto medio (parto simple o doble; el tipo de parto doble agrupa los partos superiores a tres, dado el bajo volumen de datos existentes en las distintas categorías de

partos múltiples), días de secado, y vida productiva ó número de lactaciones (un mínimo de 2 lactaciones y un máximo de 14). El modelo 2 se puede considerar como una variante del modelo 1, en el que el efecto vida productiva está jerarquizado al factor estado.

En el segundo estudio también se ha realizado un análisis de varianza (modelos 3 y 4) considerando los datos de dos grupos de rebaños. Estos grupos se han establecido en función de los años que llevan participando en el programa de selección (años con datos registrados en el control lechero oficial). El primer grupo está integrado por 15 ganaderías las cuales han mantenido una actividad en el programa de más de 10 años (15.218 ovejas muertas y 5.737 vivas). El segundo grupo lo integran 37 rebaños cuya actividad selectiva es más reciente, no más de 5 años (3.204 ovejas muertas y 14.315 vivas). Los modelos utilizados consideran los mismos factores de variación que en el estudio anterior. En el modelo 3, el efecto vida productiva está jerarquizado al factor año de nacimiento, y en el modelo 4, se incluye el factor grupo de selección (grupo de rebaños 1 y 2). Se trata de un modelo jerarquizado al factor estado y grupo de rebaños.

Los modelos utilizados en los distintos estudios son los siguientes:

$$\text{Modelo 1: } y = \mu + St + Reb + Año + Tp + b_{(y/lp)} lp + NI + \varepsilon$$

$$\text{Modelo 2: } y = \mu + St + Reb + Año + Tp + b_{(y/lp)} lp + NI_{(St)} + \varepsilon$$

$$\text{Modelo 3: } y = \mu + Reb + Año + Tp + b_{(y/lp)} lp + NI_{(Año)} + \varepsilon$$

$$\text{Modelo 4: } y = \mu + St + Sel_{(St)} + Reb_{(St \times Sel)} + Año_{(St \times Sel)} + Tp + b_{(y/lp)} lp + NI_{(St \times Sel)} + \varepsilon$$

donde y es la producción media de leche tipificada a 150 días (PT150), μ es la media de la población, St es el estado de la oveja, Sel es el grupo de rebaños, Reb es el rebaño,

$Año$ es el año de nacimiento, Tp es el tipo de parto, lp es la variable días de secado, $b_{(y/lp)}$ es el coeficiente de regresión de y sobre lp , NI es la vida productiva ó número de lactaciones y ε es el residuo.

El estudio estadístico se ha realizado mediante el paquete SAS (SAS, 2002), utilizado el procedimiento GLM (Modelo Lineal General) para el análisis de varianza de la producción de leche, y la técnica de mínimos cuadrados (LSMEAN) para la comparación de las distintas producciones según los diversos factores de variación considerados en los modelos.

Resultados y discusión

En la figura 1 se presenta la distribución de frecuencias de la vida productiva de las ovejas muertas y el número total de lactaciones registradas para las ovejas vivas. En el primer caso (ovejas muertas) la mayor frecuencia corresponde a animales cuya vida productiva supone un total de 3 lactaciones, seguida de aquellos que cuentan con 2. Este grupo constituye el 55,3% de todas las ovejas muertas, alcanzando el 74,7% cuando se incluyen los datos de ovejas muertas con 4 lactaciones. En el extremo superior, solo el 1,3% de las ovejas tienen 9 lactaciones, disminuyendo al 0,96% los animales con 10 o más lactaciones. La vida productiva media es de 3,76 lactaciones. La distribución de frecuencias en el caso de las ovejas vivas es muy similar, pico de frecuencias en la 3ª lactación y un valor medio de 3,58 lactaciones registradas por oveja.

Estos valores son inferiores a los descritos en la raza Churra (De la Fuente et al., 2012) donde el 50% de las ovejas tienen un total de entre 4 y 5 partos (el 10% de las ovejas tienen más de 9 partos), y similares a los de la raza Manchega con una longevidad media comprendida entre los 3 y 4 partos (Ramón et al., 2012).

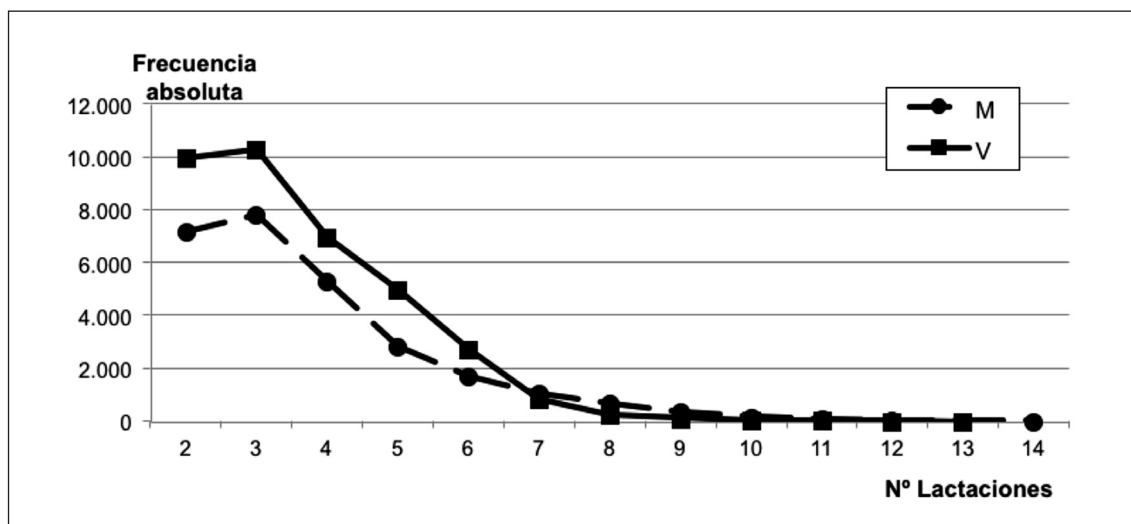


Figura 1. Frecuencia absoluta en función del número de lactaciones (NL) de ovejas vivas (V) y vida productiva (VP) de ovejas muertas.
 Figure 1. Absolute frequency depending on the number of lactations (NL) alive animals (V) and productive life of dead animals (M).

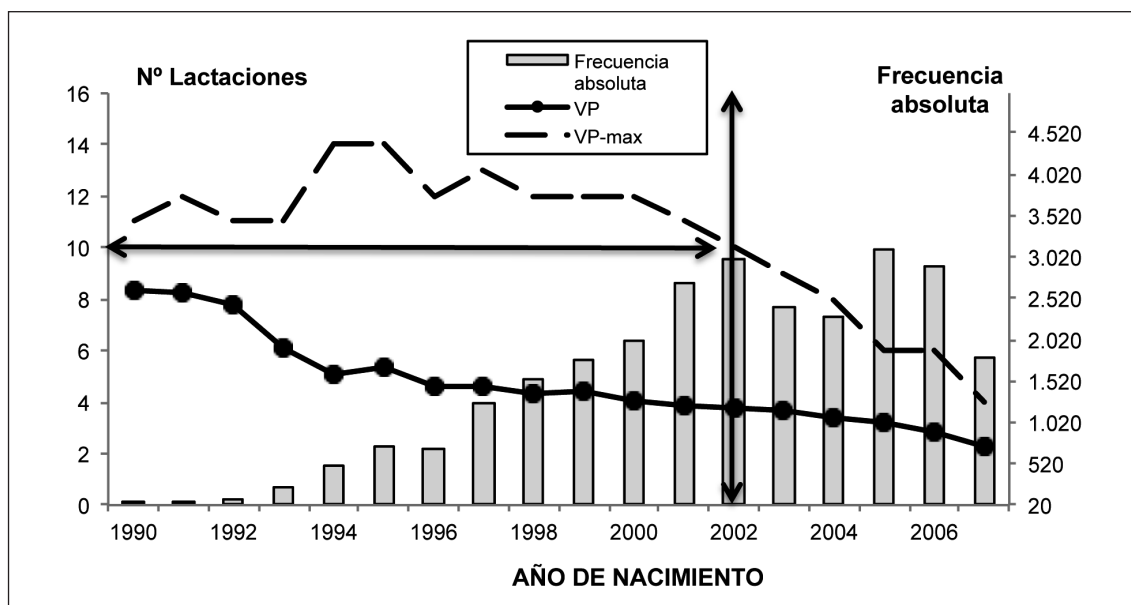


Figura 2. Evolución de la vida productiva media (VP) y de la vida productiva máxima (VP-max) de ovejas muertas.
 Figure 2. Evolution of the average productive life (VP) and the maximum productive life (VP-max) of dead animals.

En la figura 2 se describe la evolución de la vida productiva media de las ovejas muertas con relación a los años de nacimiento. En general se observa una evolución descendente, claramente comprensible en los años finales en los que el valor máximo de vida productiva se ha reducido (de 10 a 4 lactaciones). El año 2002 marca un punto de inflexión ya que las ovejas nacidas en años posteriores carecen de alguna lactación por imposibilidad física de haberla tenido en ese lapso de tiempo. La vida productiva media ha disminuido progresivamente pasando de 8-7 lactaciones en los primeros años (1990-1992) hasta las 4 lactaciones en el año 2001 (en este tiempo el valor máximo de lactaciones registradas como vida productiva se ha mantenido más o menos constante entre las 11 y 14, asegurando que estas ovejas han podido llegar a tener el máximo número de lactaciones posibles). Una de las causas de esta disminución progresiva podría ser las mayores tasas de reemplazo que se practican en el re-

baño como consecuencia de la selección genética (el ganadero utiliza las valoraciones genéticas obtenidas en el programa de mejora genética y sustituye a los animales en función de la misma).

En la tabla 1 se presentan las medias mínimo cuadradas (LSMEAN) de los factores de variación analizados en los dos modelos principales (modelos 1 y 4). En el primer análisis (modelo 1), la media de producción a 150 días ha sido de 307,52 kg. Los factores de variación considerados han tenido un efecto significativo sobre la producción de leche y explican el 37,6% de la variabilidad total. Las ovejas muertas han tenido producciones medias inferiores a las vivas (260 kg frente a los 309 kg de las vivas), y la producción de leche ha aumentado significativamente ($p < 0,001$) cuando el tipo de parto pasa de simple a doble (las ovejas de parto doble tienen una producción superior del 7,89% con relación a las de parto simple).

Tabla 1. Información relacionada con los análisis de SAS
Table 1. Information related to SAS analysis

	F	Clase	PT150	Stderr
Modelo 1	Estado	M	259,99 a	5,29
		V	309,06 b	5,30
	Tipo de parto	1	273,72 a	5,26
		2	295,34 b	5,30
Modelo 4	Estado	M	270,97 a	3,46
		V	322,63 b	4,85
	Grupo de rebaños	M-1	278,37 a	1,52
		M-2	263,57 b	6,72
		V-1	334,39 c	6,77
		V-2	310,88 d	6,94
	Tipo de parto	1	286,19 a	2,97
		2	307,41 b	3,09

F: Factor de variación; M: oveja muerta; V: oveja viva; PT150: producción de leche tipificada a 150 días (kg) (LSMEANS); Stderr: Error estándar. Letras diferentes en niveles del mismo factor indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

En la figura 3 se representa la evolución de PT150 según el año de nacimiento de los animales (valores LSMEAN del modelo 1), y en la figura 4 se describe el estudio del efecto de la vida productiva (ovejas muertas) o número total de lactaciones registradas (ovejas vivas) sobre la producción de leche (resultados del modelo 2). En las ovejas muertas se observa una tendencia ascendente de las producciones a medida que aumenta la variable vida productiva presentando mejores valores las ovejas más longevas (figura 4). Por el contrario, en las ovejas vivas se produce una disminución de la producción siendo las ovejas más longevas las que presentan los valores más bajos. Estos resultados resultan acordes con los observados en la figura 3 en la que se refleja el aumento de la producción de leche con los años de nacimiento.

Las ovejas de este estudio forman parte de un programa de selección genética que lleva funcionando diversos años (19 años en total

considerando la aprobación del programa nacional en el año 2005 y los datos aportados por esquemas de selección desarrollados anteriormente). Análisis de los datos del programa de selección de la raza Assaf (Jiménez y Jurado, 2011) ponen de manifiesto que se ha producido un aumento de la producción media de leche por lactación desde los inicios del programa, asociándose estos aumentos tanto a la mejora de las prácticas de manejo que se desarrollan en los rebaños como al aumento del valor genético medio de la población, consecuencia del proceso selectivo al que están sometidos.

En este sentido, las ovejas vivas (V) con 2 o 3 lactaciones (figura 4) presentan mejores valores pues sus producciones se concentran en los últimos años de control lechero, años con medias de producción de leche mayor (figura 3), atribuibles tanto a la mejora del manejo como al cambio en el nivel genético medio de la población, como se ha comentado anteriormente.

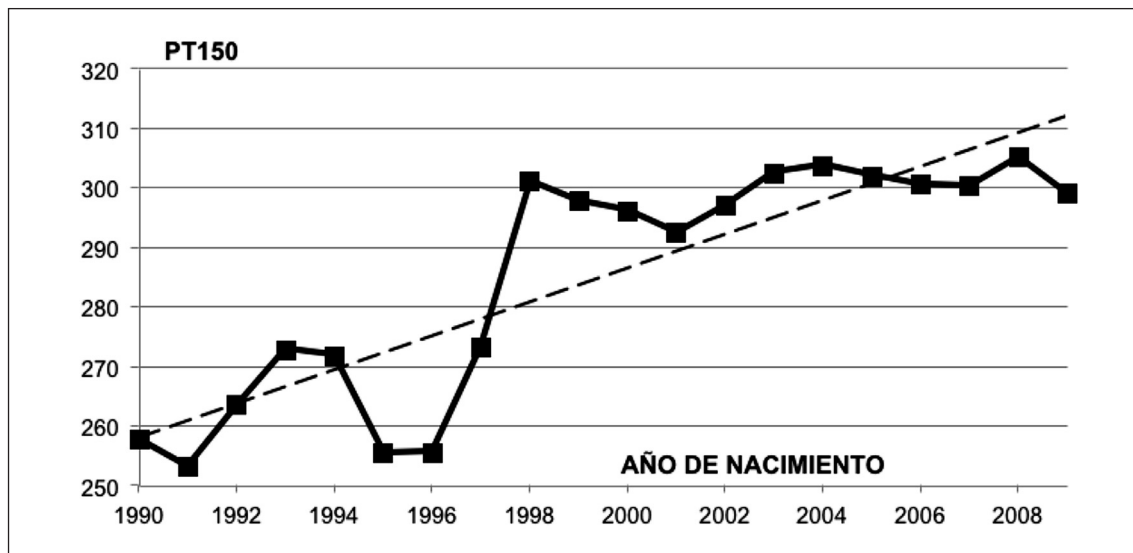


Figura 3. Evolución de la producción media de leche tipificada a 150 días (kg) (PT150) de todas las ovejas (vivas y muertas).
 Figure 3. Evolution of the average 150d standardized milk yield (kg) (PT150) of all animals (alive and dead).

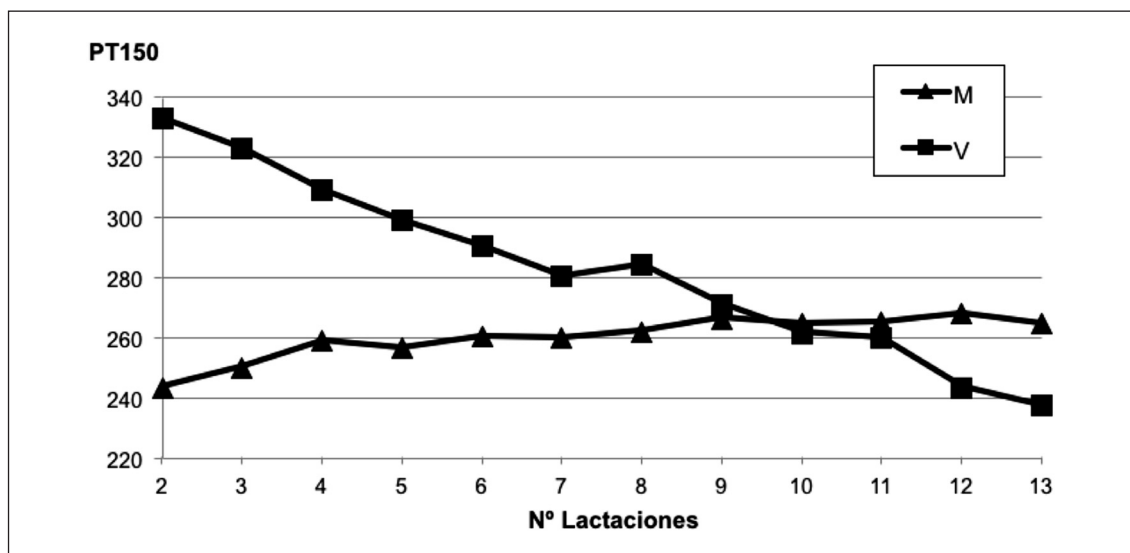


Figura 4. Evolución de la producción media de leche tipificada a 150 días (kg) (PT150) en función de la vida productiva (VP) de las ovejas muertas (M) y número de lactaciones registradas (NL) de las ovejas vivas (V).

Figure 4. Evolution of the average 150d standardized milk yield (kg) (PT150) with the productive life (VP) of the dead animals (M) and number of recorded lactations (NL) of the alive animals (V).

Sin embargo, las ovejas vivas más longevas incluyen lactaciones más antiguas cuya producción media es inferior. Situación contraria se produce en las ovejas muertas (M). Los ganaderos han ido desechando animales sustituyéndolos por otros mejores y mejorando la producción media de los rebaños. En este caso, las ovejas más longevas incluyen lactaciones con mejores valores dado que la producción media por año de nacimiento ha ido aumentando (figura 3). Además, téngase en cuenta que las ovejas muertas con pocas lactaciones pueden ser una combinación de lactaciones habidas en los años iniciales del programa (menos productoras) o habidas en los últimos años (más productoras).

Con el objeto de profundizar en el efecto que el programa de mejora ha tenido sobre la duración de la vida productiva de las ovejas se ha planteado un segundo estudio (modelos 3 y 4). La raza Assaf no se reconoce ofi-

cialmente hasta el año 2003 y cuenta con un programa de mejora genética a nivel nacional desde el año 2005. Este programa puede considerarse como una continuación de otros esquemas de selección desarrollados en una fase anterior, como el financiado por la Diputación de León y el organizado por la cooperativa Castellana de Ganaderos (Jiménez et al., 2010). La creación de la Asociación Nacional y la puesta en marcha de un programa general supone la unión, en un mismo ámbito de trabajo, de una gran heterogeneidad de explotaciones con mayor o menor grado de desarrollo en lo que a la selección genética se refiere. Esta es la razón por la que se ha querido hacer un segundo estudio diferenciando los rebaños en función de su actividad dentro de un esquema de selección.

En la figura 5 se presenta la producción media por lactación de todas las ovejas de la población en función de su vida productiva

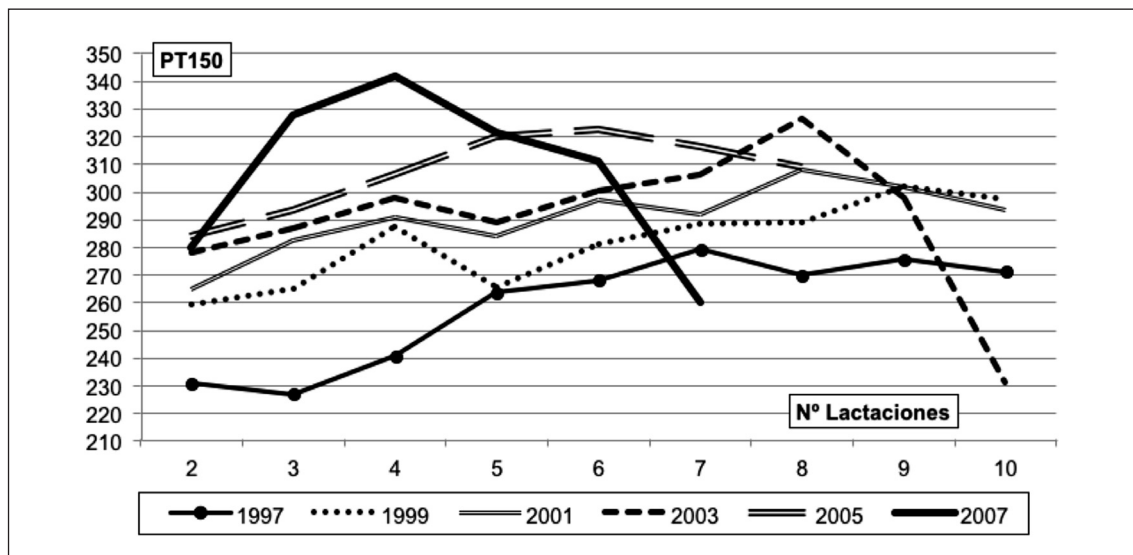


Figura 5. Evolución anual de la producción media de leche tipificada a 150 días (kg) (PT150) de todas las ovejas de la población estudiada (vivas y muertas).

Figure 5. Evolution of the average 150d standardized milk yield (kg) (PT150) of all studied sheep of the population (alive and dead).

(ovejas muertas) o del número total de lactaciones registradas (ovejas vivas) según el modelo 3. Cada línea representa el año de nacimiento de las ovejas consideradas. Se observa que la producción de leche ha ido aumentando con el transcurso de los años. Las ovejas nacidas en el año 1997 presentan un intervalo de producciones que van desde los 230 kg en la segunda lactación hasta los 271 kg en la décima, aumentando de forma progresiva la producción con el número de lactación. En los sucesivos años, esta producción va incrementándose hasta los 283-280 kg en segunda lactación de los años 2005 y 2007 respectivamente.

Por otro lado, también se observa que los picos o máximos de producción se han ido desplazando, de manera que en los primeros años de la gráfica estos máximos se sitúan en la octava o novena lactación y en el año 2007 en la cuarta lactación. Según estos resulta-

dos, se puede establecer que no solo se ha producido un aumento de la producción de leche sino que ésta ha evolucionado hacia una mayor precocidad (se adelanta el pico de producción máxima de la vida productiva).

Finalmente, en la figura 6 se presenta una información similar a la de la figura 4 en la que se ha distinguido entre ovejas vivas (V) y muertas o de baja (M), pertenecientes a cada uno de los grupos de rebaños descritos anteriormente (grupo 1 y 2). Los factores de variación considerados en el modelo (modelo 4) han tenido un efecto significativo sobre PT150, y explican el 39,37% de la variabilidad total. Las medias mínimo cuadradas (LSMEAN) de la producción de leche son significativamente inferiores en los animales M que en los V, y las ovejas del grupo 1 presentan mejores producciones que las del grupo 2 (tabla 1).

Las ovejas vivas del grupo 1 (V-1) presentan un máximo de producción en la segunda lac-

tación, produciéndose un descenso continuado hasta la última lactación considerada (la décima) (figura 6). Situación similar se observa en las ovejas vivas del grupo 2 (V-2), aunque en esta ocasión la producción media transcurre por debajo del grupo V-1, pudiéndose atribuir estas diferencias, entre otras causas, al menor número de años sometidos a selección del grupo 2 con relación al 1. Estos resultados confirman los descritos en la figura 4. Las ovejas que tienen un menor número de lactaciones presentan las mejores producciones ya que sus lactaciones tienen lugar en los últimos años de parto (años con producciones significativamente mejoradas según datos del programa de selección genética de la raza Assaf).

Mayores diferencias se aprecian en las líneas correspondientes a las ovejas muertas (M-1 y M-2). En el caso de las ovejas del grupo 1 (M-1) se aprecia un aumento de las producciones

con los años de nacimiento, situación contraria a las del grupo 2 (M-2) donde se ha producido una disminución. Los ganaderos del grupo 1 (M-1) llevan más tiempo en el programa de selección y han ido renovando a las ovejas en función de su valoración genética, mejorando las producciones y consiguiendo un cierto progreso genético, tal y como se describe en los resultados de la última valoración genética (Jiménez et al., 2012). Las diferencias entre los dos grupos (M-1 y M-2) pueden atribuirse, por un lado, al menor número de años sometidos a selección para los rebaños del grupo 2. Por otro lado y según información proporcionada por los responsables de ASSAF.E, estos ganaderos están eliminando todo tipo de ovejas sin genealogía conocida, sustituyéndola por animales con padre y madre conocido gracias a las pruebas de filiación paterna y/o materna confirmadas por ADN.

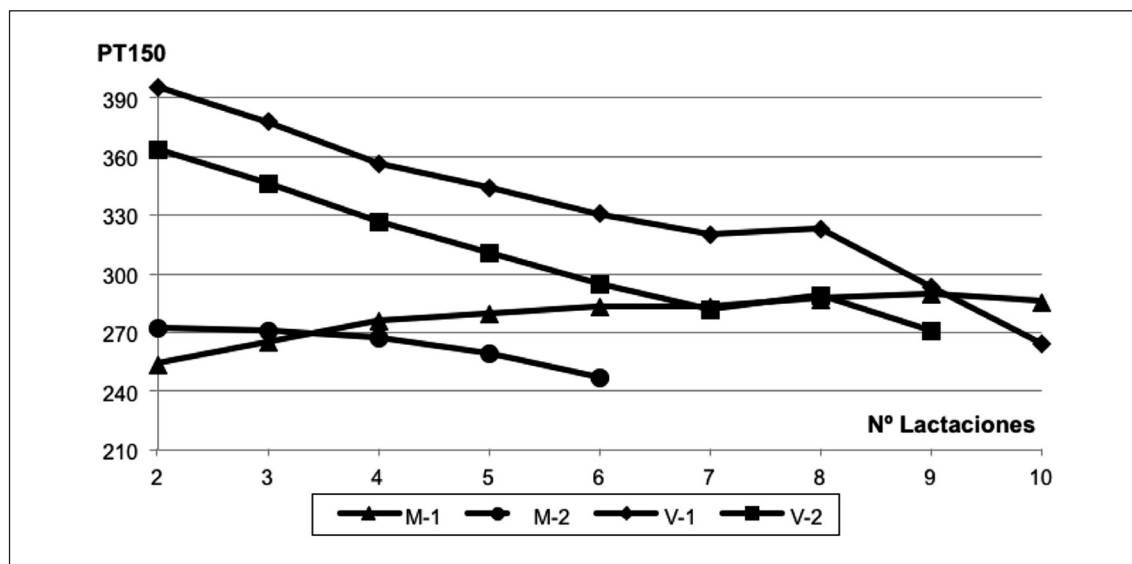


Figura 6. Evolución de la producción media de leche tipificada a 150 días (kg) (PT150) en función del número de lactaciones de las ovejas vivas (V) y/o vida productiva de las ovejas muertas (M) en los grupos de rebaños 1 y 2.

Figure 6. Evolution of the average 150d standardized milk yield (kg) (PT150) depending on the number of alive lactations (V) and/or productive life of the dead (M) animals in herd groups 1 and 2.

Conclusiones

Las conclusiones que se pueden extraer de los resultados descritos son las siguientes:

1. Se ha producido un incremento de PT150 con los años de nacimiento (años de funcionamiento del programa de selección genética de la raza Assaf).
2. La producción de leche ha evolucionado hacia una producción más intensa, reduciendo la duración de la vida productiva de los animales y alcanzando el máximo de producción en las primeras lactaciones. Esta intensificación de la producción láctea, puede deberse, entre otras causas, a la presión selectiva a la que están sometidos estos animales.
3. Como consecuencia del estudio diferenciado de rebaños en función de su actividad dentro del esquema de selección, se puede apreciar que los ganaderos que llevan más tiempo seleccionando eliminan ovejas en función de la valoración genética y las sustituyen por otras mejores. Los ganaderos que se han incorporado recientemente al programa de mejora están más ocupados en sustituir ovejas menos productoras por otras con genealogía conocida.

Tal y como se ha estudiado en otra raza ovina (Jurado y González, 2010) es posible estimar el valor genético para longevidad en animales que aún no han terminado su vida productiva. En el caso de la raza Assaf, en un futuro se podría considerar la posibilidad de incluir el carácter longevidad (longitud de la vida productiva) como un criterio de selección más del programa con el objeto de incrementar la vida productiva de los animales manteniendo las buenas producciones de las primeras lactaciones durante algo más de tiempo. Para ello sería necesario tomar con mayor fiabilidad las fechas de alta o nacimiento, de baja y la causa de la baja (para distinguir las bajas voluntarias de las involuntarias), y realizar análisis genéticos en la población de estudio (con el objeto de comprobar la viabilidad del carácter como criterio de selección).

luntarias), y realizar análisis genéticos en la población de estudio (con el objeto de comprobar la viabilidad del carácter como criterio de selección).

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado gracias a la financiación recibida por parte del Subprograma de Personal Técnico de Apoyo del Ministerio de Ciencia e Innovación (Subprograma PTA-MICINN) y el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). También agradecer a la Asociación Nacional de Criadores de ganado ovino de raza Assaf (ASSAFE) los datos aportados para la consecución de este estudio.

Bibliografía

- De la Fuente LF, Servicios técnicos de ANCHE, 2012. La longevidad en la raza ovina Churra. XIV Foro Nacional de Ovino, Aranda de Duero (Burgos).
- Ducrocq V, Quaas RL, Pollack EJ, Casella G, 1988. Length of productive life in dairy cows. Variance components estimation sire and evaluation. *J. Dairy Sci.* 71: 3071-3079.
- Jiménez MA, Jurado JJ, Canals A, 2010. La Raza Assaf Española. *Feagas* 36: 140-145.
- Jiménez MA, Jurado JJ, 2011. Presentación de los resultados obtenidos en la Valoración Genética de la raza Assaf correspondiente al año 2011. *Tierras* 185: 36-42.
- Jiménez MA, Jurado JJ, Serrano M, 2012. 4º Catálogo Nacional de Reproductores de la raza ovina Assaf española.
- Jurado JJ, González O, 2010. Propuesta de un objetivo de selección alternativo a la prolificidad en la población ovina de raza Rasa-Aragonesa de Carnes-Oviaragón. XV Reunión Nacional de Mejora Genética Animal. Vigo (España).

MARM, 2011. Programa de Mejora de la Raza ovina Assaf. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, 28 pp.

Ramón M, Jiménez P, Maroto A, García-Álvarez O, García M, Gallego R, Pérez-Guzmán MD, 2012. Longevidad y rentabilidad de las ovejas en las principales razas lecheras: Raza Manchega. XIV Foro Nacional de Ovino, Aranda de Duero (Burgos).

SAS 9.1, 2002. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.

Vera A, Aparicio F, Echevarria A, 1978. Estudio de la longevidad y la duración de la vida útil en rebaños de ovejas navarras. Archivos de zootecnia 27 (106): 133-136.

(Aceptado para publicación el 15 abril de 2013)

Descomposición de la producción de leche de ovejas de raza Assaf en partes atribuibles al manejo y al genotipo. Una herramienta práctica

J.J. Jurado¹ y M.A. Jiménez

Departamento de Mejora Genética Animal. INIA. Ctra. de La Coruña, Km. 7,5. 28040 Madrid

Resumen

La raza Assaf cuenta con un programa nacional de mejora genética basado en el incremento de la producción de leche por lactación y el incremento de la calidad de la misma. En este trabajo se presenta una herramienta simple para descomponer el valor fenotípico medio anual del carácter producción de leche tipificada a 150 días en causas atribuibles a factores ambientales y al genotipo de los animales, utilizando los datos productivos (512.889 lactaciones de 204.050 ovejas distintas), genealógicos y las valoraciones genéticas oficiales de la raza (209.849 animales valorados). La valoración genética se realiza empleando la metodología BLUP, utilizando un modelo animal con medidas repetidas que incluye efectos ambientales proporcionados por el ganadero (manejo: alimentación, sanidad, organización, instalaciones, etc.), efectos ambientales no proporcionados por el ganadero (número de lactación, tipo de parto, intervalo entre el parto y el primer control), el efecto genético aditivo y el efecto permanente de la oveja. Para un periodo de estudio de 19 años (1993-2011) los resultados muestran un incremento del 98% de la producción de leche. Este progreso es atribuible en un 7,7% a los factores ambientales no proporcionados por el ganadero y un 36,5% al manejo proporcionado por el ganadero, y en un 55,8% a la mejora genética. Los ganaderos han hecho un esfuerzo importante para mejorar la producción de los animales mejorando el manejo de sus explotaciones y logrando un progreso genético notable, que en el año 2008 supera por primera vez a la mejora por manejo.

Palabras clave: Ovino de leche, factores ambientales, progreso genético.

Abstract

Decomposition of Assaf sheep milk production in parts attributable to environmental factors and genotype. A practical tool

The Assaf sheep breed has a national breeding program based on increasing milk production per lactation and quality. This research attempts to present a simple tool to decompose the average annual value of 150d standardized milk yield in factors attributable to the environment and the genotype of the animals, using production data (512.889 lactations of 204.050 ewes), pedigree information and official genetic evaluation of the breed (209.849 animals). The genetic evaluation is performed using BLUP methodology, using an animal model with repeated measures including environmental effects controlled by the farmer (feeding, health, management, facilities), environmental effects not controlled by the farmer (lactation number, type of birth, interval between lambing and the first control), the additive genetic effect and the permanent effect of de ewe. For a study period of 19 years (1993-2011) the results show a 98% increase in milk production. This progress is attributable to the uncontrolled factors

1. Autor para correspondencia: jurado@inia.es

<http://dx.doi.org/10.12706/itea.2013.020>

(7.7%), the controlled factors (36.5%) and the breeding program (55.8%). Farmers have made major efforts to improve animal production by improving the management of their farms and achieving a remarkable genetic progress that in 2008 exceeds for the first time to improve handling.

Key words: Dairy sheep, environmental factors, genetic progress.

Introducción

El objetivo final de todo programa de selección genética es lograr que la producción objeto de selección sea atribuible, en la mayor parte posible, a la acumulación de combinaciones genéticas favorables al carácter. De este modo nos aseguramos que las buenas características observadas en los reproductores se transmiten y perpetúan en la descendencia. Están ya muy estudiados los principios de la mejora genética animal de forma que no queda mucho espacio para diseñar un programa de mejora genética que sea más eficaz que otros ya en funcionamiento.

La medida del progreso genético que se alcanza en el transcurso de los años indica lo acertado que ha sido el programa de selección en todos los aspectos en que se incidió: elección de reproductores, apareamientos dirigidos y metodología de valoración genética. Esta medida se suele calcular mediante la llamada "tendencia genética", que no es más que la relación entre el valor genético medio de los animales nacidos en un período de tiempo concreto frente a la unidad de tiempo, que generalmente es el año. Una cuantificación de esta tendencia se puede calcular mediante el coeficiente de regresión de dicha relación. Se suele expresar como porcentaje de la media fenotípica, lo que permite su comparación con otros programas de mejora genética.

Varias son las razas ovinas españolas que cuentan con programas de mejora genética para producción láctea. Los progresos genéticos alcanzados se sitúan en el 2,52% y en el 0,84% de la media fenotípica general en el caso de la raza Latxa (Legarra et al., 2003) y

la raza Manchega (Jurado et al., 2006), respectivamente. En el caso particular de la raza Assaf y según datos de la última valoración genética, el progreso genético fue del 2,01% de la media fenotípica general (Jurado y Jiménez, 2012).

Es normal que con el devenir de los años los ganaderos hagan un esfuerzo (inversiones) para conseguir que sus animales estén mejor alimentados, mediante un diseño de raciones alimenticias equilibradas, un estado sanitario adecuado y una organización óptima del rebaño. Este conjunto de actividades se conoce como manejo y en ausencia de mejora genética es la única forma de incrementar la productividad de los rebaños.

En determinadas circunstancias, es conveniente evaluar qué parte del progreso fenotípico es atribuible a causas genéticas y qué parte es debida a los cambios en el medio ambiente en el que producen los animales. Esta descomposición debe también incluir aquella parte del medio ambiente que no es controlada por el ganadero pero que puede influir, a veces de forma considerable, en la producción fenotípica. El propósito de este trabajo es presentar una forma simple de descomponer el valor fenotípico medio anual de un carácter en causas atribuibles al genotipo de los animales, al manejo proporcionado por el ganadero y a los factores ambientales no proporcionados por el ganadero, calculando los porcentajes de cada componente. Se aplica al caso concreto del programa de mejora genética de la raza ovina de leche Assaf en España (ASSAF.E) (MARM, 2011). No se tiene conocimiento de que este tipo de estudio se haya realizado en otras razas españolas, poniendo de manifiesto lo novedoso de este trabajo.

Material y métodos

Para la confección de este artículo se ha utilizado la base de datos del Control Lechero oficial de la raza Assaf, que incluye 512.889 lactaciones de 204.050 ovejas distintas (datos de producción empleados en la última valoración genética de la raza). En cada lactación se contemplan una serie de efectos fijos que interaccionan con el genotipo de las ovejas para dar lugar al fenotipo medido (producción de leche tipificada a 150 días (L150)). Asimismo, se utilizan los datos del Libro Genealógico de la raza como fuente de información para la valoración genética. Dicha información se refiere a 209.849 animales con 3.338 padres conocidos y 50.202 madres conocidas².

Se utilizan las valoraciones genéticas oficiales publicadas en el 5º Catálogo de Reproductores de la raza (Jurado y Jiménez, 2012). Dichas valoraciones están calculadas mediante la metodología BLUP usando un modelo animal con medidas repetidas (Jurado et al., 1991). En el modelo de valoración genética se pretende incluir como factores proporcionados por el ganadero (manejo) la alimentación, la sanidad, la organización de las actividades en el rebaño, las instalaciones etc., medidos mediante los efectos rebaño, año de parto y mes de parto e integrados en un solo factor denominado rebaño-año-estación (RAE). Como factores no proporcionados por el ganadero se incluyen otros efectos (OE): el número de lactación, el tipo de parto, y el intervalo entre el parto y el primer control. Por último se incluye el efecto genético de la oveja (VG) y el efecto permanente (incluido en el grupo OE).

También son necesarias las estimas de los efectos fijos. Son estimas mínimo cuadráticas

que la metodología BLUP estima junto con la predicción de los valores genéticos. Los parámetros genéticos necesarios son los mismos que se han utilizado en la valoración genética (heredabilidad y repetibilidad). Los valores utilizados fueron de 0,20 y 0,40 respectivamente (Jiménez y Jurado, 2010). Si en la valoración se emplean grupos genéticos para sustituir la genealogía faltante, éstos serán considerados como progenitores virtuales.

El método utilizado está basado en la expresión de Ducroq (1990) que se ha modificado para incluir medidas repetidas y el efecto permanente. En la figura 1 se presentan estas expresiones completas. Se muestran las relaciones que existen entre las distintas fuentes de información utilizadas para la predicción del valor genético de los animales usando la metodología BLUP bajo un modelo animal con medidas repetidas. Se distingue entre sementales [B], hembras [A] o efecto permanente de la hembra [C].

La expresión [A] está formada por varias partes según las fuentes de información utilizadas:

1. La primera parte es la suma de la producción de cada lactación corregida por los efectos ambientales correspondientes.
2. La segunda parte consta de tres sumandos:
 - a) El primero es el valor genético de la oveja ponderado por el número de lactaciones, el número de padres conocidos y el número de hijos (ponderado a su vez de forma distinta si se conoce la pareja de la madre o no).
 - b) El segundo es el valor genético medio de los padres ponderados por el número de padres conocidos.

2. ASSAF.E lleva a cabo pruebas de ADN de los animales inscritos en el Libro Genealógico de la raza con el fin de realizar la asignación/exclusión de parentesco. Estas pruebas están basadas en el análisis de marcadores de ADN tipo microsatélite seleccionados de la lista de marcadores propuesta por la ISAG y la FAO para la caracterización genética en la especie ovina (se usa un total de 19 marcadores por individuo).

-Se asume un modelo animal con medidas repetidas.
 -Si se definen grupos genéticos éstos se consideran como padres virtuales

[A] PARA HEMBRAS:

$$\sum_{j=1}^{N_r} (y_j - \mu - RAE_j - \sum_{k=2}^{N_b} b_{jk} - \varepsilon_p) - (N_r + \alpha d_i + \sum_{h=1}^{N_h} \frac{1}{4} \alpha d_h) u_i + \left(\alpha d_i \frac{1}{2} (u_p + u_m) \right) + \left(\sum_{h=1}^{N_h} \frac{1}{4} \alpha d_h \left[2 \left(u_h - \frac{1}{2} u_c \right) \right] \right) = 0 \quad (7)$$

$$(1) \quad (3) \quad (4) \quad (5) \quad (8) \quad (2) \quad (9) \quad (10) \quad (11) \quad (16) \quad (12) \quad (13) \quad (14) \quad (15)$$

[B] PARA SEMENTALES:

$$-\left(\alpha d_i + \sum_{h=1}^{N_h} \frac{1}{4} \alpha d_h \right) u_i + \alpha d_i \frac{1}{2} (u_p + u_m) + \left(\sum_{h=1}^{N_h} \frac{1}{4} \alpha d_h \left[2 \left(u_h - \frac{1}{2} u_c \right) \right] \right) = 0 \quad (11) \quad (12) \quad (13) \quad (14) \quad (15)$$

$$(9)(10) \quad (11) \quad (10) \quad (12) \quad (13) \quad (14) \quad (15)$$

[C] PARA EL EFECTO PERMANENTE:

$$-(N_r + \gamma) \varepsilon_p + \sum_{j=1}^{N_r} (y_j - \mu - RAE_j - \sum_{k=2}^{N_b} b_{jk}) - N_r u_i = 0 \quad (1) \quad (3) \quad (4) \quad (5) \quad (16)$$

$$(2) \quad (17) \quad (8)$$

Dónde:

- (1) y = Valores de las medidas repetidas de una hembra (i)
 (2) N_r = Número de medidas repetidas
 (3) μ = Estima BLUP de la media de la población
 (4) RAE = Estima BLUP del efecto Rebaño-año-mes de parto (j)
 (5) b = Estimadas de otros efectos fijos (jk)
 (6) N_b = Número total de otros efectos fijos
 (7) N_h = Número total de hijos del animal
 (8) ε_p = Efecto permanente
 (9) α = Razón de la varianza residual y genética ($\alpha = (1-h^2)/h^2$)

$$(10) d_i = \begin{cases} 2 & \text{Los dos padres conocidos} \\ 4/3 & \text{Un padre conocido} \\ 1 & \text{Ningún padre conocido} \end{cases}$$

$$(11) d_h = \begin{cases} 2 & \text{Pareja del padre (madre) conocida} \\ 4/3 & \text{Pareja del padre (madre) desconocida} \end{cases}$$

- (12) u_p = Valor genético predicho del padre del animal i.
 (13) u_m = Valor genético predicho de la madre del animal i
 (14) u_h = Valor genético predicho de un hijo del animal i.
 (15) u_c = Valor genético predicho de la pareja del padre (madre) (i).
 (16) u_i = Valor genético predicho de la hembra (semental) (i)
 (17) γ = Razón de la varianza residual y varianza efecto permanente ($\gamma = (1-r)/r-h^2$)

Figura 1. Relación entre las distintas fuentes de información utilizadas para la predicción del valor genético de los animales mediante la metodología BLUP.

Figure 1. Relationship between the different sources of information used for the prediction of the animal genetic value using BLUP methodology.

- c) El tercero es la suma del valor genético de los hijos, corregidos por la mitad del valor genético de la pareja de la madre, y ponderado a su vez de forma distinta si se conoce la pareja de la madre o no.

En el caso de las expresiones para sementales [B] y el efecto permanente [C] sus componentes son semejantes a los de las hembras. Cuestión importante es el cálculo de las predicciones de los efectos permanentes que no se suelen calcular junto a las valoraciones genéticas para evitar un excesivo número de ecuaciones. Para ello se usa la expresión [C].

La utilización de estas expresiones para cada animal, según los casos, permite obtener las tres componentes que se necesitan para explicar la suma de las lactaciones de cada oveja (medidas repetidas), y éstas serían:

1. Valor genético que será la suma de las componentes genéticas, que en la expresión de las hembras [A] es:

$$-\left(N_r + \alpha d_i + \sum_{h=1}^{h=N_h} \frac{1}{4} \alpha d_h\right) u_i + \left(\alpha d_i \frac{1}{2} (u_p + u_m)\right) + \left(\sum_{h=1}^{h=N_h} \frac{1}{4} \alpha d_h \left[2\left(u_h - \frac{1}{2} u_c\right)\right]\right)$$

2. Valor de los efectos ambientales proporcionados por el ganadero, que en la expresión [A] es:

$$\sum_{j=1}^{j=N_r} (-RAE_j)$$

3. Valor de los efectos ambientales no proporcionados por el ganadero, que en la expresión [A] es:

$$\sum_{j=1}^{j=N_r} \left(-\mu - \sum_{k=2}^{k=N_b} b_{jk} - \epsilon_p \right)$$

Para poder utilizar esta metodología en todos los animales de una población se han elaborado una serie de programas informáticos (DESCMANEJO)³ que permiten calcular esta descomposición, bien para algunos animales concretos, bien para toda la población. Como parte de la información de entrada de este programa han de figurar la genealogía completa, las lactaciones de cada oveja, las valoraciones genéticas de machos y hembras y las estimas de los efectos ambientales. En el anexo 1 se proporcionan los cálculos necesarios para obtener los porcentajes del valor fenotípico de una oveja atribuibles a los efectos ambientales (RAE y OE), al propio animal y a los parientes más próximos (hijos y padres). En el anexo 2 se repite el proceso pero tomando como ejemplo un semental concreto.

Resultados y discusión

Los resultados más interesantes que se pueden obtener son:

1. Descomposición detallada del valor fenotípico y genético de algunos animales concretos por su interés como reproductores.
2. Descomposición del progreso fenotípico observado en una población en partes atribuibles al RAE, OE y VG. En este punto es necesario calcular el valor medio de cada uno de los componentes para los animales que parieron en un año concreto. En la figura 2 se presenta la descom-

3. Estos programas están disponibles bajo petición a los autores.

posición del progreso fenotípico anual en partes atribuibles a estos efectos para el caso de la raza Assaf considerando el año

1993 como base⁴ (valores medios corregidos respecto al año base o de referencia de L150, RAE, OE y VG).

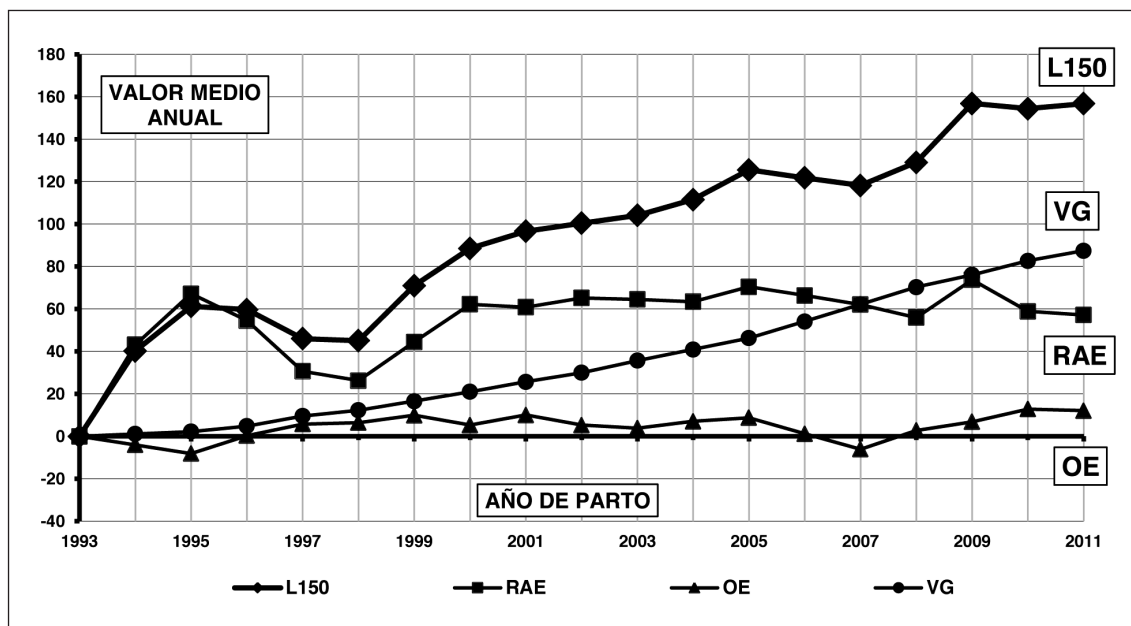


Figura 2. Valores medios anuales con respecto al año 1993 de la producción de leche en 150 días (kg) (L150), manejo (RAE), otros efectos (OE) y genotipos (VG) de las ovejas.

Figure 2. Annual means values relative to year 1993 of 150d standardized milk yield (kg) (L150), management (RAE), other effects (OE) and genotypes (VG) of sheep.

El incremento de L150 desde el año 1993 hasta el 2011 se cifra en 156,8 kg, pues pasa de 159,4 kg en 1993 a 316,2 kg en 2011, suponiendo un incremento de un 98%. El progreso atribuible a OE (número de lactación, tipo de parto, intervalo entre el parto y el primer control, y efecto permanente) supone 12,1 kg (un 7,7% del incremento total). El

progreso atribuible al RAE (alimentación, sanidad, organización, etc.) ha supuesto una ganancia hasta 2011 de 57,2 kg (un 36,5% del incremento total). Por último, la ganancia atribuible a la mejora genética (VG) propiamente dicha ha sido de 87,5 kg lo que supone un 55,8% de la ganancia fenotípica en ese año. La conclusión que se puede extraer

4. En aquellos casos en que las diversas lactaciones de una oveja ocurren en años diferentes, puede haber una cierta discrepancia entre la media de las lactaciones y la suma de todos los efectos de la descomposición (Media, RAE, efecto permanente, otros efectos ambientales y valor genético). La razón es que la valoración genética se hace en base a todas las lactaciones de un animal, pero en la media anual solo se incluye las lactaciones de ese año. Este efecto, que es muy evidente cuando hay pocos animales, se diluye cuando su número aumenta y la relación del número de lactaciones y número de ovejas tiende a uno 1.

de la figura 2 es que los ganaderos han hecho un gran esfuerzo para aumentar la producción de sus animales. Han mejorado el manejo de forma importante, pero sobre todo han logrado un progreso genético notable, de forma que consiguen producir leche de forma eficiente y no basada únicamente en una buena organización de su manejo.

Este estudio se puede hacer para cada rebaño de forma individual. De esta forma el ganadero puede conocer si su nivel de producción

es debido, por ejemplo, a la alimentación o a su genética. En el primer caso estaría produciendo una leche "cara" (los animales producen porque comen más, pero son poco eficientes transformando el alimento en leche). En el segundo caso los animales son más eficientes ya que el nivel alimenticio puede ser más bajo para obtener la misma producción.

En la figura 3 se presentan los datos correspondientes a un rebaño real (Ganadero A) que ha aumentado su producción mejorando

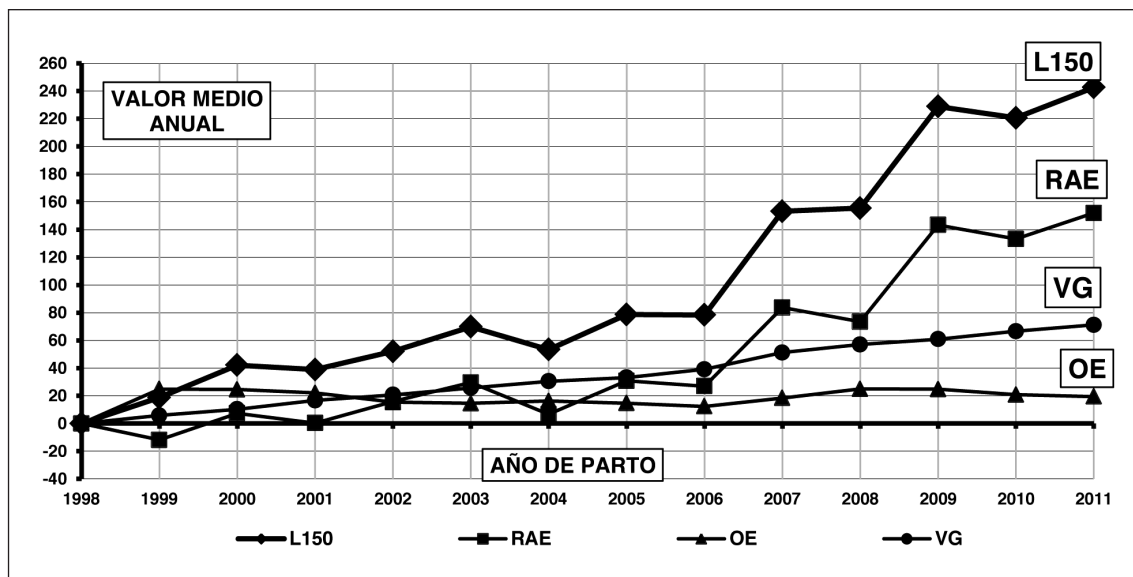


Figura 3. Valores medios anuales con respecto al año 1998 de la producción de leche en 150 días (kg) (L150), manejo (RAE), otros efectos (OE) y genotipos (VG) de las ovejas (Ganadero A).

Figure 3. Annual means values relative to year 1998 of 150d standardized milk yield (kg) (L150), management (RAE), other effects (OE) and genotypes (VG) of sheep (Livestock A).

el manejo y haciendo poca presión en la mejora genética. Este ganadero consigue una cantidad elevada de leche (L150) en el año 2011 (un incremento de 243 kg) pero a un precio elevado, pues por mejora del manejo (RAE) obtiene 152 kg y por mejora genética (VG) solo 71 kg. Este ganadero produce mucha leche debido a factores ambientales.

En la figura 4 se presenta la misma información para otro rebaño real (Ganadero B) que, a nuestro entender, ha conseguido incrementar la producción de leche mejorando la eficiencia. La mejora en producción de leche (L150) es sustancial (135 kg en 17 años). Esta mejora es atribuible, fundamentalmente, a la mejora genética (VG) (101 kg), pues el au-

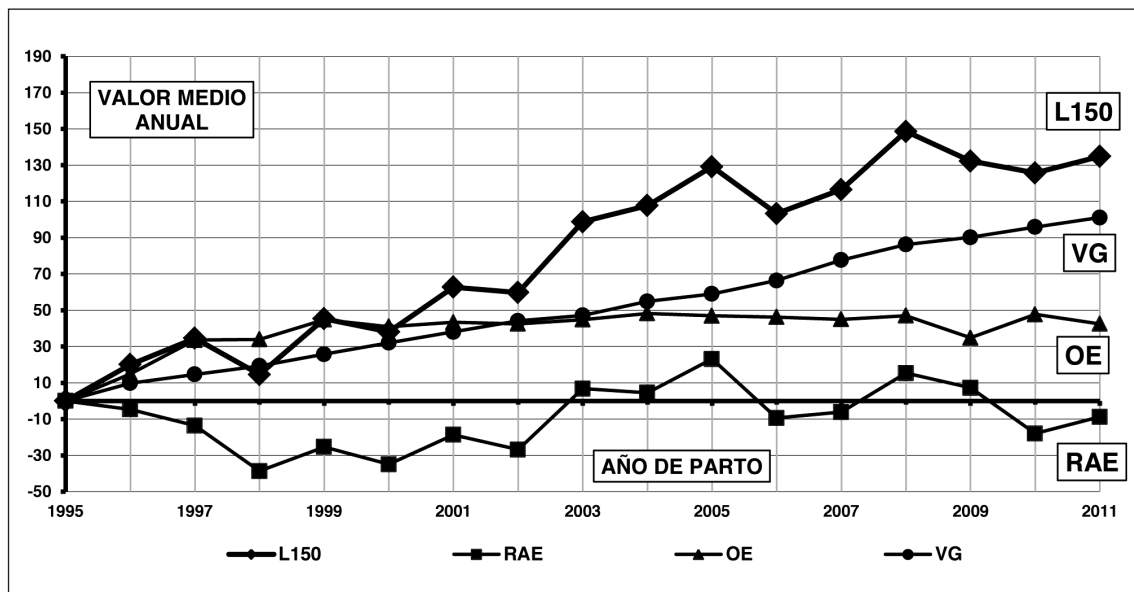


Figura 4. Valores medios anuales con respecto al año 1995 de la producción de leche en 150 días (kg) (L150), manejo (RAE), otros efectos (OE) y genotipos (VG) de las ovejas (Ganadero B).

Figure 4. Annual means values relative to year 1995 of 150d standardized milk yield (kg) (L150), management (RAE), other effects (OE) and genotypes (VG) of sheep (Livestock B).

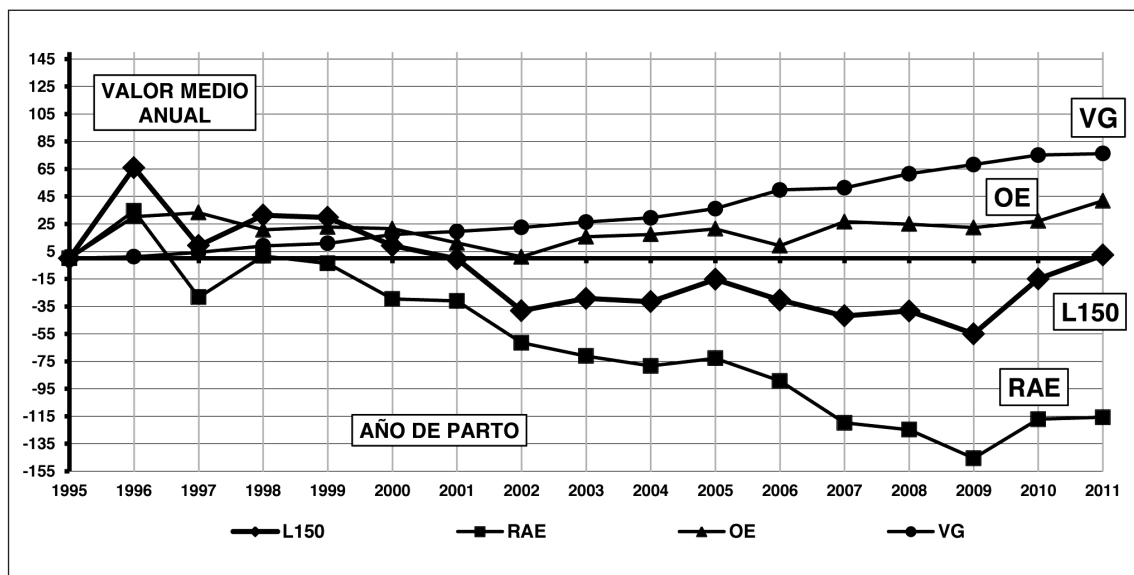


Figura 5. Valores medios anuales con respecto al año 1995 de la producción de leche en 150 días (kg) (L150), manejo (RAE), otros efectos (OE) y genotipos (VG) de las ovejas (Ganadero C).

Figure 5. Annual means values relative to year 1995 of 150d standardized milk yield (kg) (L150), management (RAE), other effects (OE) and genotypes (VG) of sheep (Livestock C).

mento de leche atribuible al manejo (RAE) es bajo (-9 kg). Este ganadero consigue leche de forma más eficiente que el caso anterior.

Por último, en la figura 5 se presentan los resultados de un ganadero (Ganadero C) en el que se ha producido un deterioro del manejo. El incremento de su producción (L150) es inexistente en el año 2011, debido a que el manejo (RAE) resta 116 kg a la producción en ese año, aunque sus animales han mejorado genéticamente (VG) en 76 kg. Esto es una demostración de que no basta con hacer mejora genética sino que, además, es necesario complementarla con un buen manejo. No es suficiente que los animales sean eficaces en transformar el alimento en leche, sino que debe haber alimento que transformar.

Conclusiones

La aplicación de la metodología expuesta en este trabajo proporciona una herramienta idónea para transmitir a los ganaderos los resultados obtenidos en su explotación de una forma fácilmente entendible por su aspecto gráfico. De esta forma puede valorar su aportación al esfuerzo que la raza en su conjunto ha llevado a cabo para mejorar la rentabilidad de la misma.

Por otro lado, y al suministrar a cada ganadero la representación gráfica correspondiente a su rebaño particular, éste puede obtener conclusiones acerca de lo adecuado de su nivel de manejo y de la calidad genética de su ganado, pudiendo tomar medidas que permitan corregir aspectos limitantes de la rentabilidad de su explotación. La información más detallada que el ganadero recibe de sus animales explica el valor fenotípico de cada uno de ellos y facilita la elección de los reproductores.

En relación a los resultados obtenidos en toda la población de la raza Assaf se pueden destacar varios aspectos:

1. El programa de mejora genética actualmente vigente en la raza Assaf ha tenido éxito al incrementar la producción media anual de leche (L150). En los últimos 19 años este incremento ha sido de un 98%.
2. Una buena parte de esta mejora ha sido debida al esfuerzo de los ganaderos que han proporcionado a su ganado una mejor alimentación y sanidad, así como una mejor organización del trabajo. Este esfuerzo ha supuesto un 35,5% de la mejora total.
3. Finalmente, una buena parte de la leche media obtenida cabe atribuirlo a la mejora genética (un 55,8%). En el año 2008, el progreso genético supera por primera vez al progreso por manejo.

Anexo 1. Descomposición del valor genético de las hembras en partes atribuibles a efectos fijos, padres e hijos
(información particular de la oveja = XXX080049)
Annex 1. Decomposition of value genetic females in part attributable to fixed effects, parents and sons
(information particular to sheep = XXX080049)

(1) CÓDIGO DE LA HEMBRA			(9) EFECTO PERMANENTE		
(2) VALOR GENÉTICO BLUP			(10) NÚMERO MEDIDAS REPETIDAS		
(3) PONDERACIÓN DEL VALOR GENÉTICO DE LA HEMBRA			(11) VALOR GENÉTICO MEDIO DE LOS PADRES		
(4) SUMA DE LAS PRODUCCIONES DE LA HEMBRA			(12) PONDERACIÓN DE (11)		
(5) NÚMERO DE MEDIDAS REPETIDAS			(13) NÚMERO DE HIJOS DE LA HEMBRA		
(6) VALOR ESTIMADO DE LA MEDIA			(14) SUMA DEL VG DE CADA HIJO CORREGIDO POR EL PADRE Y PONDERADO		
(7) SUMA DE LAS ESTIMAS DEL EFECTO RAE			(15) PONDERACIÓN DE (14)		
(8) SUMA DE LAS ESTIMAS DE LOS EFECTOS AMBIENTALES RESTANTES			(16) VALOR GENÉTICO DE LA HEMBRA COMO SUMA DE SU DESCOMPOSICIÓN PONDERADA (=2)		

DESCOMPOSICIÓN DE LA OVEJA XXX080049. SALIDA PROPORCIONADA POR EL PROGRAMA:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
xxx080049	68.652	(12.0)	945.505	(2)	230.452	4.050	21.901	110.451	(2)	57.606	(8.0)	1	125.225	(2.0)	68.652

FÓRMULAS APLICABLES:

$$\sum_1^{N_r} (y_j - \mu - RAE_j - \sum_2^{N_b} b_{jk} - \epsilon_p) - (N_r + \alpha d_i + \sum_1^{N_h} \frac{1}{4} \alpha d_{ih}) u_i + (\alpha d_i \frac{1}{2} (u_p + u_m)) + (\sum_1^{N_h} \frac{1}{4} \alpha d_{ih} [2(u_{ir} - \frac{1}{2} u_{ic})]) = 0$$

$$\sum_1^{N_r} y_j = \sum_1^{N_r} \mu + \sum_1^{N_r} \sum_2^{N_b} b_{jk} + \sum_1^{N_r} RAE_j + \sum_1^{N_r} \epsilon_p + (N_r + \alpha d_i + \sum_1^{N_h} \frac{1}{4} \alpha d_{ih}) u_i - (\alpha d_i \frac{1}{2} (u_p + u_m)) - (\sum_1^{N_h} \frac{1}{4} \alpha d_{ih} [2(u_{ir} - \frac{1}{2} u_{ic})])$$

(4)	(6)	(8)	(7)	(9)	(3)	(2)	(12)	(11)	(13)	(14)	ELEMENTO EN LA DESCOMPOSICIÓN
$\sum_1^{N_r} y_j$	$\sum_1^{N_r} \mu$	$\sum_1^{N_r} \sum_2^{N_b} b_{jk}$	$\sum_1^{N_r} RAE_j$	$\sum_1^{N_r} \epsilon_p$	$(N_r + \alpha d_i + \sum_1^{N_h} \frac{1}{4} \alpha d_{ih})$	$\alpha d_i \frac{1}{2} (u_p + u_m)$	$\sum_1^{N_h} \frac{1}{4} \alpha d_{ih} [2(u_{ir} - \frac{1}{2} u_{ic})]$				

CÁLCULOS:

$$945,50 = \boxed{(230,45 \times 2) + 21,90} + 4,05 + (110,45 \times 2) +$$

$$945,50 = 482,80 + 4,05 + 220,90 +$$

$$(51,06\%) (0,43\%) (23,36\%)$$

68,65 x 12,0	-	57,60 x 8,0	-	125,22 x 1,0
(823,80)		(460,80)		(125,22)
		237,78		
		(25,14%)		

237,78= 823,80 - 460,80 - 125,22 (Es la parte de la producción explicada por los genes de individuo) ϕ
460,80 es la parte del genotipo aditiva (explicada por los padres) $\frac{1}{2}(u_p + u_m)$ (ponderada por αd_i)
125,22 es la parte del genotipo aditiva (explicada por los hijos) $2(u_{ir} - \frac{1}{2} u_{ic})$ (ponderada por $\sum \frac{1}{4} \alpha d_{ih}$)

Anexo 1. Descomposición del valor genético de las hembras en partes atribuibles a efectos fijos, padres e hijos
(información particular de la oveja = XXX080049) (continuación)
Annex 1. Decomposition of value genetic females in part attributable to fixed effects, parents and sons
(information particular to sheep = XXX080049) (continuation)

Obtención del peso de cada parte del genotipo (individuo, padres e hijos):												
		823,80	=	237,78	+	460,80	+	125,22				
		(100%)	=	(28,86%)	+	(55,93%)	+	(15,20 %)				
Descomposición final:												
945,50	=	482,80	+	4,05	+	220,90	+	(237,78 x 0,2886)	+	(237,78 x 0,5593)	+	(237,78 x 0,1520)
945,50	=	482,80	+	4,05	+	220,90	+	68,62	+	132,99	+	36,14
		(51,06%)		(0,43%)		(23,36%)		(7,26%)		(14,06%)		(3,82%)
% de la producción debida a los otros efectos fijos										51,06%		
% de la producción debida al efecto RAE										0,43%		
% de la producción debida al efecto permanente										23,36%		
% de la producción debida al genotipo del animal										7,26%		
% de la producción debida a los padres										14,06%		
% de la producción transmitida a los hijos										3,82%		

Anexo 2. Descomposición del valor genético de los sementales en partes atribuibles a padres e hijos
(información particular del semental = YYY050803)
Annex 2. Decomposition of the value genetic sire in part attributable to fathers and sons
(particular information from the sire = YYY050803)

(1) CÓDIGO DEL SEMENTAL					(6) NÚMERO DE HIJOS DEL SEMENTAL
(2) VALOR GENÉTICO BLUP DEL SEMENTAL					(7) SUMA DEL VG DE CADA HIJO CORREGIDO POR LA MADRE Y PONDERADO
(3) PONDERACIÓN VALOR GENÉTICO DEL SEMENTAL	$r^2=0.2$ $r=0.4$				(8) SUMA DE PONDERACIONES DE (7)
(4) VALOR GENÉTICO MEDIO DE LOS PADRES					(9) VALOR GENÉTICO DEL SEMENTAL COMO SUMA DE SU DESCOMPOSICIÓN PONDERADA
(5) PONDERACIÓN DE (4)					

DESCOMPOSICIÓN SEMENTAL YYY050803. SALIDA PROPORCIONADA POR EL PROGRAMA:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
YYY050803	-1.0924	(13.3)	3.214	(8.0)	3	-40.280	(5.3)	-1.0924

FÓRMULAS APLICABLES:

$$-(\alpha d_i + \sum_{i=1}^{N_h} \frac{1}{4} \alpha d_h) u_i + (\alpha d_i \frac{1}{2} (u_p + u_m)) + (\sum_{i=1}^{N_h} \frac{1}{4} \alpha d_h [2(u_h - \frac{1}{2} u_c)]) = 0$$
$$u_i = [1,0 / (\alpha d_i + \sum_{i=1}^{N_h} \frac{1}{4} \alpha d_h)] [\alpha d_i \frac{1}{2} (u_p + u_m) + \sum_{i=1}^{N_h} \frac{1}{4} \alpha d_h [2(u_h - \frac{1}{2} u_c)]]$$

ELEMENTO EN LA DESCOMPOSICIÓN

CÁLCULOS:

SEMENTAL:
 $u_i = -1,0924$

PADRES:
 $\alpha = 4,0$
 $d_i = 2,0$ (padre y madre conocidos)
 $u_p = 0,4698$
 $u_m = 5,959$

$\frac{1}{2}(u_p + u_m) = 3,214$
 $\alpha d_i = 8,0$

Anexo 2. Descomposición del valor genético de los sementales en partes atribuibles a padres e hijos
(información particular del semental = YYY050803) (continuación)
Annex 2. Decomposition of the value genetic sire in part attributable to fathers and sons
(particular information from the sire = YYY050803) (continuation)

HIJOS:

HIJA 1.-Con solo el padre conocido	$d_h = 1,333$	$\sum \% ad_h = 5,33$
HIJA 2.-Con padre y madre conocidos	$d_h = 2,0$	
HIJA 3.-Con padre y madre conocidos	$d_h = 2,0$	

MADRES DE LAS HIJAS:

HIJA 1.-	$u_h = 1,779$	$u_c = 2,707$	$\sum \% ad_h 2[(u_h - \%u_c)] = 1,333(+0,851) + 2,0(-10,06) + 2,0(-10,64) = -40,26$
HIJA 2.-	$u_h = 11,699$	$u_c = 33,458$	
HIJA 3.-	$u_h = 6,647$	$u_c = 23,943$	

$$u_i = [1,0 / (8,0 + 5,33)] [(8,0 \times 3,214) + (-40,26)]$$

$$u_i = (1 / 13,33) (25,712 - 40,26) = -1,0924$$

En la predicción del valor genético de este semental:

el 38,9% es explicado por los padres	$[25,712 / (25,712 + 40,26)]$
el 61,0% es explicado por los hijos	$[40,26 / (25,712 + 40,26)]$

Bibliografía

- Ducrocq V, 1990. Les techniques d'évaluation génétique des bovins laitiers. INRA Prod. Anim. 3(1): 3-16.
- Jiménez MA, Jurado JJ, 2010. Programa nacional de selección genética de la raza ovina Assaf española. XV Reunión Nacional de Mejora Genética Animal. Vigo (España).
- Jurado JJ, Hernández D, Serrano M, 1991. Catálogo de software de interés en agricultura. Fundesco, IRYDA, MAPA, programa 248 BLUP-AM, 142 pp.
- Jurado JJ, Serrano M, Pérez-Guzmán MD, 2006. Análisis del progreso genético obtenido en el esquema de selección de la raza ovina Manchega. ITEA 102 (1): 41-54.
- Jurado JJ, Jiménez MA, 2012. 5º Catálogo nacional de reproductores de la raza ovina Assaf española.
- Legarra A, Ugarte E, Arrese F, 2003. Análisis del progreso genético en el esquema de mejora de la raza Latxa. ITEA 99 (3): 192-202.
- MARM, 2011. Programa de Mejora de la Raza ovina Assaf. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, 28 pp.

(Aceptado para publicación el 16 de abril de 2013)

La sostenibilidad del olivar: producción convencional vs. ecológica en Los Pedroches

E. Cabrera*, R. Gallardo^{**,1} y J.A. Gómez-Limón^{***}

* Área de Economía y Sociología Agrarias, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA). Centro "Alameda del Obispo". Apdo. 3092, 14080 Córdoba

** Departamento de Economía Agraria, Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales. Ctra. Madrid-Cádiz km. 396, 14071 Córdoba

*** Departamento de Economía Agraria, Universidad de Córdoba. Facultad de Derecho y de Ciencias Económicas y Empresariales. c/ Puerta Nueva s/n, 14071 Córdoba

Resumen

Ante la nueva reforma de la Política Agraria Común en 2013, la sostenibilidad de la agricultura se ha convertido en uno de sus principales objetivos estratégicos. En este sentido, en el presente trabajo se lleva a cabo un análisis comparado de la sostenibilidad del olivar ecológico y del olivar convencional en una comarca andaluza (Los Pedroches), a fin de hallar las posibles diferencias en sus diferentes componentes (económica, sociocultural y ambiental). Esta comparación resulta de interés en la medida que sus resultados podrían justificar un tratamiento diferente desde la perspectiva del apoyo público que reciben.

Palabras clave: Multifuncionalidad, Sistemas de Producción de Olivar, Política Agraria, Andalucía.

Abstract

The sustainability of olive groves: Conventional vs. ecological production in Los Pedroches (Andalusia, Spain)

Agricultural sustainability has become in one of the main strategic objectives to be achieved with the next Common Agricultural Policy reform to be approved in 2013. Within this framework, this paper aims to perform a comparative analysis between conventional and ecological olive production in a county of Andalusia (Los Pedroches) in order to find the differences in their overall sustainability and its different components (i.e., economic, socio-cultural and environmental). This comparison is interesting because the results achieved could justify different public support for these two productive systems.

Key words: Multifunctionality, Olive Groves Production Systems, Agricultural Policy, Andalusia.

Introducción

El olivo es uno de los cultivos más tradicionales de Andalucía. Con más de 1,5 millones de hectáreas, éste es el cultivo que más superficie ocupa en esta Comunidad Autó-

noma, generando más de la cuarta parte de la renta de la rama agraria andaluza y ocupando una tercera parte de sus empleados agrarios (CAP, 2008 y 2012). La evolución del cultivo del olivar durante las dos últimas dé-

1. Autor para correspondencia: rosagallardo@uco.es

<http://dx.doi.org/10.12706/itea.2013.021>

cadass se ha caracterizado por su expansión (incremento de su superficie en más de un 20%) y su intensificación productiva. En este último sentido, cabe destacar (Gómez-Calero, 2009; Sánchez et al., 2011) los siguientes cambios: a) el incremento de la densidad de las plantaciones, b) la transformación del tradicional secano en sistemas de regadío (actualmente el 26,4% de la superficie del cultivo es de regadío), c) la reconversión varietal que ha sustituido un gran número de variedades autóctonas por otras más productivas y mejor adaptadas a la recolección mecanizada, y d) el incremento en el uso de agroquímicos (fertilizantes y pesticidas). Estas modificaciones dan lugar a un modelo de producción oleícola más intensivo y productivo denominado como "nueva olivicultura" (Guerrero, 2003; Barranco et al., 2008).

Todo este proceso de "modernización" del olivar ha mejorado sensiblemente la producción y rentabilidad del cultivo, pero ha traído apareados una serie de efectos ambientales negativos, entre los que destacan un incremento en la erosión del suelo, la sobreexplotación y contaminación de recursos hídricos y la pérdida de biodiversidad (Beaufoy y Pienkowski, 2000; Guzmán Álvarez, 2005; Gómez Calero, 2009; EC, 2010). Este deterioro ambiental supone un peligro para la producción olivarera en el largo plazo, lo que ha abierto un intenso debate académico y social en cuanto a la sostenibilidad del cultivo en la región (Gómez Calero, 2009; Gómez-Limón y Arriaza, 2011).

Paralelamente, en los últimos años también han ido ganando protagonismo otros tipos de olivicultura que difieren en gran medida del modelo general antes expuesto, como es el caso de la producción ecológica. Dentro de ésta, el olivar es el cultivo que más superficie ocupa en Andalucía con un total de 46.902 ha (MARM, 2010), lo que supone algo menos del 3% del olivar regional. Esta forma de producción constituye un planteamiento alternativo

de hacer agricultura, que persigue mantener la base de recursos naturales en la que ésta se basa, evitando el uso de productos de síntesis química y realizando labores de conservación del suelo y el agua (CAP, 2007). Este planteamiento hace que la olivicultura ecológica sea a priori más sostenible en el plano ambiental que la "nueva olivicultura", si bien sus niveles de rentabilidad son usualmente inferiores. Tal circunstancia explica la limitada extensión de este tipo de olivicultura y su localización en las zonas olivareras con menor potencial productivo (olivares de sierra).

Esta dualidad entre olivicultura convencional y ecológica debe analizarse dentro del marco de la multifuncionalidad de la agricultura (Viladomiu y Rosell, 2004; Arriaza et al., 2008). Efectivamente, conceptualizada la producción olivarera como una actividad que provee al conjunto de la sociedad de una serie de bienes "comerciales" (aceite de oliva) y "no comerciales" o públicos (viabilidad de zonas rurales, biodiversidad, paisaje, etc.), cualquier comparación entre ambos sistemas de producción debe plantearse como un ejercicio que determine en qué medida a través de tales sistemas se satisfacen las demandas sociales de tales bienes (Vera-Toscano et al., 2007; Parra-López et al., 2008; Salazar-Ordóñez et al., 2010).

Las diferentes reformas de la Política Agraria Común (PAC) han venido incorporando las cambiantes demandas sociales a la hora de definir los objetivos a perseguir por esta política sectorial (OECD, 2001 y 2003; Gallardo y Ceña, 2009; Cooper et al., 2009). Esta necesaria coherencia entre los objetivos planteados por la política y las demandas de la sociedad requiere, en todo caso, tanto de una correcta interpretación de las preferencias de la sociedad en relación a la agricultura (análisis de la demanda), como de un profundo conocimiento de las posibilidades técnicas de producción de los diferentes bienes y servicios generados por dicha actividad (aná-

lisis de la oferta). Ambos aspectos resultan claves en el momento actual, cuando se está gestando la próxima reforma de la PAC para su aplicación durante el periodo 2014-2020, donde este tipo de análisis resultan necesarios para la promoción y el apoyo de una agricultura sostenible, entendida ésta como la que satisface el conjunto de las necesidades humanas de manera continuada.

Los estudios de la demanda multifuncional en relación a la agricultura son relativamente abundantes (véase las revisiones de literatura de Hall *et al.*, 2004 y McVittie *et al.*, 2009). De manera más concreta, en relación a la sociedad andaluza cabe señalar los trabajos de Arriaza *et al.* (2008), Vera-Toscano *et al.* (2007), Salazar-Ordoñez *et al.* (2010) y Arriaza y Gómez-Limón (2011). Toda esta evidencia ha permitido a los decisores públicos ir modificando los objetivos de las políticas agrarias al objeto de que éstas ganen en legitimidad (Gallardo, 2011). En este sentido, de acuerdo con las nuevas demandas sociales hacia la agricultura, para la próxima reforma de la PAC ya se han marcado como objetivos estratégicos una producción alimentaria viable, una gestión sostenible de los recursos naturales y acción por el clima, y un desarrollo territorial equilibrado.

También han sido frecuentes en la literatura los estudios realizados desde una perspectiva de oferta, encaminados a analizar la capacidad de los diferentes sistemas agrarios de producir los bienes y servicios demandados por la sociedad, tanto privados como públicos. Para el caso concreto del olivar, cabe destacar en este sentido como antecedentes de este estudio los trabajos de Alonso y Guzmán (2006), quienes utilizan un total de 17 indicadores que cuantifican el desempeño ambiental, social y económico de la producción convencional y ecológica, o el de Parra-López *et al.* (2008), que mediante el uso de técnicas multicriterio y la opinión de un panel de expertos evalúan el desempeño de

ambos sistemas productivos en base a criterios de carácter económico, técnico, social y ambiental. Otros antecedentes relevantes en este sentido son los estudios de Alonso (2003) y Sánchez (2003). El presente trabajo se enmarca dentro de este último ámbito, teniendo por objetivo la realización de un análisis comparativo de la sostenibilidad del olivar convencional y ecológico sobre la base del dispar desempeño de sus funciones económicas, sociales y ambientales.

A pesar de tener un objetivo similar, esta investigación presenta novedades relevantes con respecto a trabajos anteriores, como son la definición del ámbito territorial y de la unidad de análisis. Así, la unidad básica considerada para la aplicación empírica realizada ha sido la *explotación olivarera*. Esta decisión está justificada en la medida que las explotaciones agrarias dedicadas al cultivo del olivo constituyen las unidades económicas de decisión y gestión, sobre las cuales pueden incidir directamente las políticas públicas orientadas a la "gobernanza" del sector. Por este mismo motivo las explotaciones agrarias han sido consideradas igualmente como unidades básicas para el análisis en multitud de trabajos anteriores en esta misma línea.

En cualquier caso, el estudio de la sostenibilidad de las explotaciones olivareras debe tener en cuenta la heterogeneidad de circunstancias agronómicas y ecológicas en que se desarrolla este cultivo. Efectivamente, no tiene sentido comparar el desempeño multifuncional (provisión de bienes y servicios públicos y privados) de una explotación de olivar de secano localizada en una zona de montaña con un olivar de regadío situado en una fértil vega. Resulta evidente que existe una serie de características estructurales de las explotaciones que son no discrecionales para el olivicultor (por ejemplo, la pendiente del terreno o la disponibilidad de agua para riego), y que condicionan decisivamente la capacidad de éstas para satisfacer las deman-

das sociales. Por este motivo la evaluación de la sostenibilidad de las explotaciones debe enmarcarse dentro de una escala mayor, como es el *sistema agrario* (Niemeijer, 2002; Turnhout et al., 2007). En esta línea debe entenderse por sistema agrario aquella unidad geográfica con una base de recursos naturales uniforme (suelo, clima, etc.) que conforman un paisaje agrario homogéneo.

De manera concreta, el caso de estudio considerado son las explotaciones olivareras de la comarca de Los Pedroches, en el norte de Andalucía. Así, lo que se pretende analizar de forma empírica es cómo la decisión del olivicultor sobre la forma de gestión del olivar (producción convencional vs. ecológica) condiciona la sostenibilidad de su explotación *ceteris paribus*, es decir, a igualdad del resto de factores estructurales determinantes de la producción, tanto característicos de la explotación (tamaño, pendiente, edad de la plantación, etc.) como propios del olivicultor (sexo, edad, nivel educativo, etc.). Los resultados así obtenidos creemos resultan de interés a la hora de diseñar la política agraria, al objeto de que ésta disponga de incentivos para que los productores opten por el sistema de producción que mejor satisfaga las necesidades sociales, es decir, por el más sostenible.

Con el propósito de alcanzar el objetivo planteado, tras esta sección introductoria en el segundo apartado se presenta el caso de estudio, en el tercero se expone la metodología empleada y en el cuarto se comentan los principales resultados. El trabajo termina con un último apartado dedicado a las conclusiones derivadas del mismo al objeto de orientar la toma de decisiones políticas al respecto.

Caso de estudio

Como se ha señalado anteriormente, la zona elegida para realizar esta investigación ha sido la comarca agraria de Los Pedroches, al

norte de la Comunidad Autónoma andaluza (Figura 1). Ésta está constituida por 17 municipios, la mayoría de los cuales presentan una densidad de población por debajo de los 20 habitantes/km², cifra que se encuentra por debajo del umbral de lo que se considera adecuado para el sostenimiento de una zona.

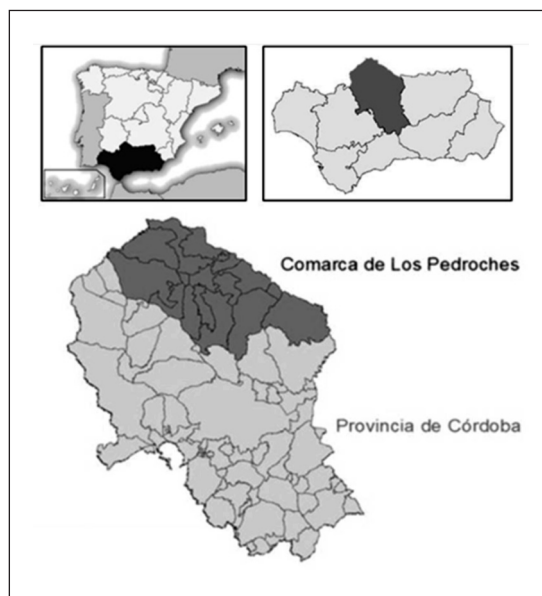


Figura 1. Localización de la zona de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Figure 1. Location of study area.

Source: Own elaboration.

La fisiografía característica de la zona es agreste y accidentada. En este entorno, se pueden encontrar territorios con pendientes muy variadas, destacando que un 30% de la superficie total de la comarca presenta pendientes por encima del 10%. Otras características de la zona son los suelos poco fértiles y los contrastes climáticos, con precipitaciones moderadas en otoño-invierno acompañadas de bajas temperaturas y marcadas sequías estivales. El paisaje más carac-

terístico de la comarca son las dehesas, que junto con el olivar ocupan el 75% de la superficie de la misma. Cabe destacar que estas dehesas se encuentran dentro de las Dehesas de Sierra Morena, declaradas Reserva de la Biosfera por la UNESCO en 2002, y que son una seña de identidad de Los Pedroches por la actividad ganadera que acogen.

La comarca cuenta con unas 25.000 ha de olivar, repartidas en 2.098 explotaciones (INE, 2011). Este olivar es en su mayoría centenario y se caracteriza por su baja rentabilidad debido a su bajo rendimiento productivo y los costes unitarios relativamente elevados. Por este motivo, la producción olivarera en la mayoría de los casos es una fuente complementaria de rentas de productores, dedicados a la ganadería o a otros sectores económicos fuera de la agricultura.

En 1995 algunos propietarios de explotaciones olivareras comenzaron la conversión del cultivo tradicional al olivar ecológico. Este cambio se ha realizado fácilmente desde el punto de vista técnico, ya que las limitaciones topográficas, especialmente la elevada pendiente, hacían que el olivar de la comarca estuviese poco intensificado (bajo consumo de factores productivos). Según datos de 2009, Los Pedroches cuenta con 11.862 ha de olivar en producción ecológica (47% del todo el olivar de la zona), que convierten a esta comarca en la mayor concentración de olivar ecológico de Andalucía, con el 30% del olivar ecológico andaluz.

Materiales y métodos

Materiales

La principal fuente de información a nivel de explotación para el análisis empírico ha sido una encuesta realizada *ad hoc* a olivareros de la zona de estudio. Para ello se elaboró un cuestionario con un total de 70 preguntas, a través de las cuales se recogió fundamental-

mente información relativa a las técnicas de cultivo desarrolladas en sus explotaciones. Esta información primaria, junto con otras fuentes secundarias, ha aportado los datos necesarios para la operatividad de la metodología planteada, permitiendo calcular para cada explotación de la muestra los correspondientes indicadores de sostenibilidad, tal y como se describen en el siguiente apartado. El cuestionario contenía asimismo un último bloque de preguntas destinadas a recoger información en relación a las características personales de los entrevistados (variables sociodemográficas del titular de las explotaciones) y de la propia explotación (variables estructurales de las explotaciones), tal y como se refleja en la Tabla 1.

Con el fin de reunir información de calidad y representativa de la olivicultura de la comarca, se seleccionó una muestra total de 100 explotaciones, distribuidas a partes iguales entre olivicultores convencionales y olivicultores acogidos a la agricultura ecológica. En ambos casos la extracción de la muestra fue aleatoria entre los socios de dos cooperativas olivareras de la zona. Las 50 entrevistas referentes al olivar ecológico fueron realizadas a socios de la "Cooperativa Olivarera de Los Pedroches", donde se elabora todo el aceite de oliva ecológico de la comarca. Las otras 50 encuestas, dedicadas al olivar convencional, fueron realizadas entre los socios de la "Cooperativa Olivarera Nuestra Señora de Luna". Esta cooperativa resulta complementaria a la anterior, pues está dedicada a la extracción de aceite de oliva procedente de agricultura convencional. La realización de estas entrevistas a los socios de ambas cooperativas tuvo lugar entre los meses de septiembre y noviembre de 2010.

La información suministrada a través de las entrevistas ha permitido, en primer lugar, realizar una caracterización socioestructural de los sistemas productivos de olivar en esta comarca, considerando para ello las variables recogidas en la Tabla 1.

Tabla 1. Variables socioestructurales consideradas en el análisis.
Table 1. Socio-structural variables considered for the analysis

Variables sociales del olivicultor	<i>EDAD</i> : Edad del olivicultor (años)
	<i>SEXO</i> : Sexo del olivicultor (mujer = 0; hombre = 1)
	<i>NUMHIJOS</i> : Número de hijos
	<i>ESTSEC</i> : Tener estudios secundarios (no = 0; sí = 1).
	<i>FORMAGR</i> : Tener alguna formación agraria (no = 0; sí = 1)
Variables estructurales de la explotación	<i>SUPOLIVT</i> : Superficie total de olivar (ha)
	<i>EDADPLANT</i> : Edad de la plantación (años)
	<i>DENSIDAD</i> : Densidad de plantación (árboles/ha)
	<i>PRODMED</i> : Producción media (kg/ha)
	<i>PENDIENT</i> : Pendiente del terreno (%)

Fuente: Elaboración propia.
Source: Own elaboration.

Del análisis de estas variables se obtienen en primer lugar unas características comunes al conjunto de los olivicultores de la zona. En relación a las explotaciones, éstas tienen una superficie media de olivar de unas 15 hectáreas, con una densidad de plantación en torno a los 140 olivos/ha. Se trata, por lo tanto, de explotaciones de pequeño y mediano tamaño y con una densidad de plantación poco intensificada. Por su parte, estos productores tienen una edad media de 50 años.

Para el resto de variables recogidas en la Tabla 1 se han encontrado diferencias significativas entre los dos sistemas de producción considerados. Así, estructuralmente, puede concluirse que las explotaciones acogidas a la producción ecológica resultan tener unas plantaciones de mayor edad (valor medio de

155 años frente a 124 de los olivares convencionales), de las cuales se obtiene una producción media un 40% menor que en un sistema convencional (1.539 kg de aceituna/ha de la producción ecológica frente a 2.581 kg de aceituna/ha de la convencional). Este último dato contrasta con los reportados en otros estudios similares. Así por ejemplo, Parra-López y Calatrava-Requena (2005) obtienen que la producción ecológica presenta una producción un 28% inferior a la convencional (con valores similares a los obtenidos en este estudio en relación a la primera, pero ligeramente inferiores para ésta última), mientras que Alonso y Guzmán (2006) reportan una diferencia de apenas el 13%, obteniendo producciones del olivar convencional mucho menores a las halladas en este estudio². Además, por lo general, las explotacio-

2. Una comparación realmente fiable de la productividad del olivar ecológico frente al convencional exigiría un trabajo de “laboratorio” donde se pudiese verificar la condición *ceteris paribus*, es decir, considerar iguales el resto de factores que condicionan la producción (i.e., calidad del suelo, de pendiente de terreno, clima, edad de la plantación, marco de plantación, variedad de olivar, profesionalidad del olivicultor, etc.). Desgraciadamente, este tipo

nes ecológicas se encuentran en terrenos de menor pendiente (media del 25% frente al 30% de la convencional).

Por otro lado, en cuanto a las variables socio-demográficas de los productores, cabe comentar que existen diferencias en relación a la variable sexo: las mujeres se dedican proporcionalmente más a la olivicultura ecológica (un 72,7% de las mujeres entrevistadas gestionan explotaciones de olivar ecológico) que los hombres. Llama la atención en este punto el elevado porcentaje de mujeres que en esta zona están a cargo de la gestión de explotaciones de olivar (Martínez Solimán y Sabaté, 2003; Sabaté, 2011). Si bien no se trata de una comarca de elevada producción olivarera, sí que ésta es una práctica arraigada en la cultura del territorio, donde tradicionalmente la mujer ha ejercido un papel activo.

Las diferencias detectadas en la caracterización socioestructural de las explotaciones ecológicas y convencionales hacen que un análisis comparativo de los indicadores de sostenibilidad considerados a través de pruebas estadísticas de comparación de medias o de proporciones no resulte adecuado, pues ante la existencia de diferencias significativas entre las características de las explotaciones de uno y otro tipo de olivar, cabría dudar de si tales diferencias se deben realmente al sistema de producción (ecológico vs. convencional) o a la existencia de otras variables subyacentes. Por este motivo, se han realizado las regresiones multivariantes que se comentarán en el siguiente apartado, al objeto de aislar adecuadamente el efecto diferencial del sistema productivo.

Metodología

Al objeto de evaluar cuantitativamente la sostenibilidad de las explotaciones olivareras analizadas se ha optado por emplear un método basado en el cálculo de indicadores desarrollado a través del marco teórico denominado SAFE (van Cauwenbergh et al., 2007). Dicho marco propone evaluar la sostenibilidad de la actividad agraria mediante el empleo de una estructura jerárquica, tal y como se muestra en la Figura 2. Siguiendo este enfoque, Gómez-Limón y Arriaza (2011), Gómez-Limón y Riesgo (2012) y Gómez-Limón et al. (2012) han seleccionado un conjunto de indicadores específicos que resultan adecuados para un análisis integral de la sostenibilidad del olivar. Dicha selección de indicadores es la que se muestra en la Tabla 2. Estos indicadores, como medidores del desempeño multifuncional de las explotaciones de olivar, han sido los que se han considerado para el análisis comparativo planteado entre producción ecológica y convencional. Para más información sobre la forma concreta de calcular estos indicadores así como la información necesaria para ello, se remite al lector interesado al trabajo de Gómez-Limón y Arriaza (2011) y Gómez-Limón y Riesgo (2012).

Para el análisis de los indicadores de sostenibilidad así obtenidos se han utilizado modelos de regresión, en los que se han tomado los diferentes indicadores de sostenibilidad como variables dependientes, y las variables socioestructurales expuestas en la Tabla 1 como variables independientes o explicativas. Asimismo, se ha añadido una nueva variable

de comparación resulta imposible a partir de datos derivados del mundo real, donde los datos de rendimientos recogidos están condicionados ("contaminados") por el resto de factores. Esta circunstancia, además de los errores estadísticos derivados de la selección muestral, es la que realmente explica las diferencias de rendimientos reportados en nuestro estudio y los otros estudios reportados arriba. Como se comenta más adelante en el texto, la existencia de diversos factores condicionantes del rendimiento (y de los demás indicadores de sostenibilidad considerados) exige realizar análisis estadísticos adicionales para poder diferenciar la influencia real del factor "sistema de producción" (ecológico/convencional) de la procedente de otros factores igualmente influyentes.

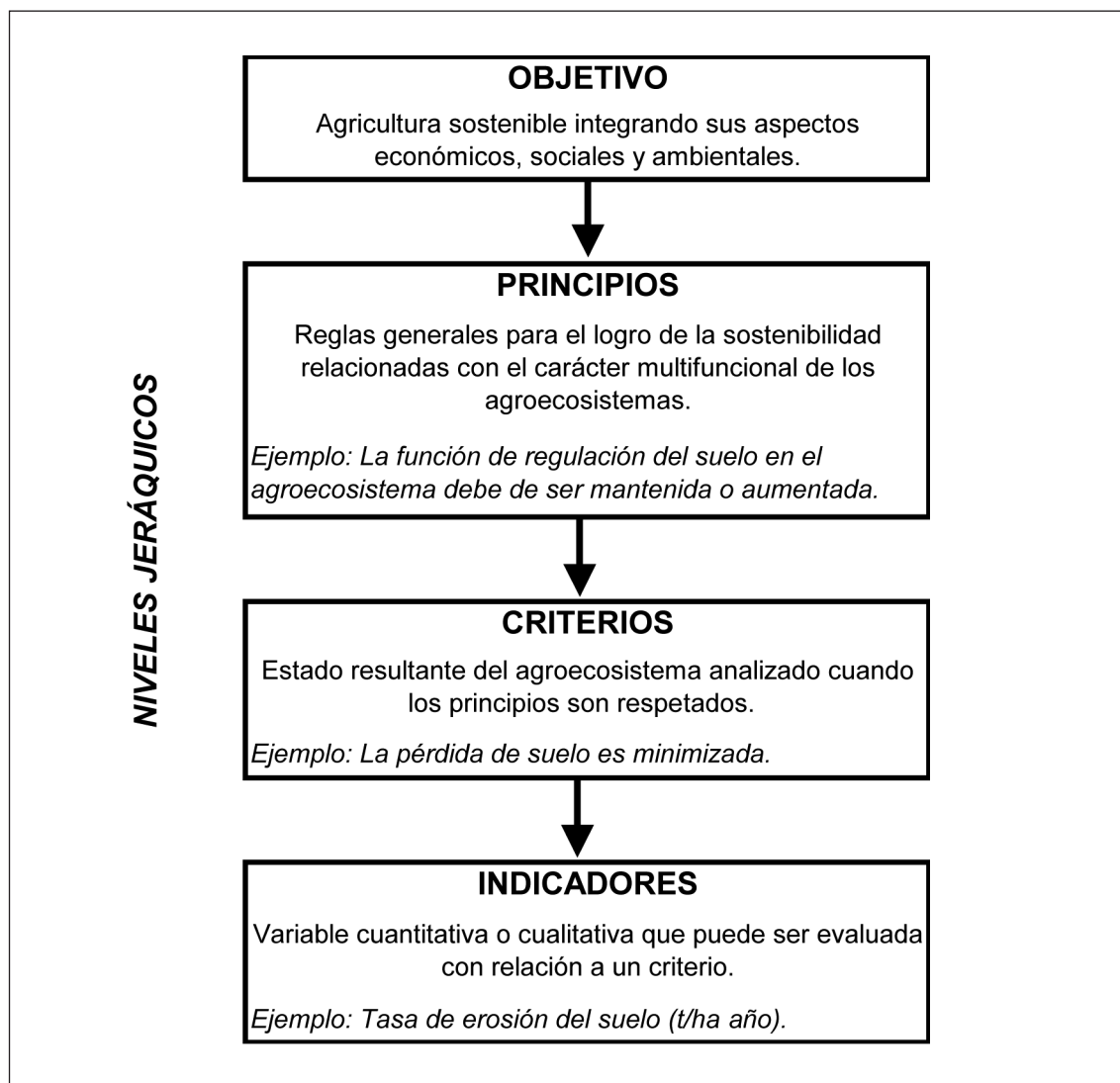


Figura 2. Estructura jerárquica del marco SAFE.

Fuente: van Cauwenbergh et al. (2007).

Figure 2. Hierarchical structure of SAFE framework.

Source: van Cauwenbergh et al. (2007).

explicativa denominada *ECOLOGICO*, que toma el valor 1 para las explotaciones acogidas a la producción ecológica y el valor 0 para aquellas que son convencionales. De esta forma, se han podido obtener modelos

para cada indicador en el que se puede observar si el carácter ecológico o convencional de las explotaciones influye en el nivel de sostenibilidad a igualdad del resto de condiciones (*ceteris paribus*).

Tabla 2. Indicadores de sostenibilidad
Table 2. Sustainability indicators

PRINCIPIO	CRITERIO	INDICADOR
Función económica privada. Viabilidad de las explotaciones de olivar	Renta agraria de los olivicultores adecuada	Rentabilidad privada del olivicultor (RENTOLIV) [€/ha-año]
	Renta agraria de los olivicultores estable	Variabilidad de la renta del olivicultor (VARRENT) [adimensional]
	Capacidad de adaptación a los cambios asegurada	Índice de adaptación (INDADAP) [adimensional]
	Valor de la producción maximizado	Valor de la producción (VALPROD) [€/ha-año]
Función económica pública. Suficiencia alimentaria y generación de riqueza	Valor de la producción estable	Variabilidad de las ventas (VARVENTA) [adimensional]
	Contribución a la economía regional maximizada	Contribución al Valor Añadido Agrario (CONVAB) [€/ha-año]
	Dependencia de las subvenciones minimizada	Porcentaje de los ingresos procedente de subvenciones (PORCSUBV) [adimensional] acotado [0, 1]
	Empleo total generado maximizado	Empleo total (MOTOT) [UTA/ha-año]
Función social. Contribución al desarrollo rural	Capacidad de remuneración del trabajo garantizada	Productividad aparente del factor trabajo (PRODMO) [€/UTA]
	Relevo intergeneracional de la explotación asegurado	Riesgo de abandono de la actividad agraria (ABANDON) [%] acotado [0, 1]
	Fijación de la población al medio rural adecuada	Porcentaje de mano de obra familiar y fija (MOFAMFI) [%] acotado [0, 1]
	Suministro de alimentos de calidad o tradicionales garantizado	^a Pertenencia a DOP (DENOMIN) [adimensional cualitativo: 0/1] ^b Porcentaje de la producción calificada como aceite virgen extra (ACEVIRG) [%] acotado [0, 1]
Función cultural. Conservación del patrimonio	Calidad visual del paisaje conservada o mejorada	Porcentaje de superficie dedicada a otros cultivos/ usos (OTROSCUL) [%] acotado [0, 1]
	Elementos culturales y paisajísticos conservados	Cobertura del suelo (COBERT) [%] acotado [0, 1]
		Índice de mantenimiento y puesta en valor del patrimonio olivarero (PATRIMON) [adimensional] acotado [0, 1]

^a Indicador no analizado en este caso de estudio al no existir variabilidad entre explotaciones (toma el valor 0 para todas ellas al no pertenecer la co-marca de Los Pedroches a ninguna DO de aceite de oliva virgen).

^b Indicador no analizado en este caso de estudio al disponer de la información necesaria para su cálculo.

Fuente: Gómez-Limón y Arriaza (2011) y Gómez-Limón y Riesgo (2012).

Source: Gómez-Limón and Arriaza (2011) and Gómez-Limón and Riesgo (2012).

Tabla 2. Indicadores de sostenibilidad (continuación)
Table 2. Sustainability indicators (continuation)

PRINCIPIO	CRITERIO	INDICADOR
Función de mantenimiento de la biodiversidad	Diversidad genética olivar garantizada	Número de variedades de olivar (NUMVAR) [variedades de olivar]
	Diversidad biológica mantenida o aumentada	Índice de diversidad biológica (INDIVERS) [adimensional] acotado [0,1]
		Riesgo de pesticidas (RIESPEST) [kg rata/ha·año]
	Diversidad de hábitats (ecosistemas) mantenida o aumentada	Porcentaje de superficie dedicada a otros cultivos/ usos (OTROSCUL) [%] acotado [0,1]
		Porcentaje de la explotación no cultivada (SUPNOCUL) [%] acotado [0,1]
Función de mantenimiento de los recursos naturales	Erosión del suelo minimizada	Cantidad de suelo erosionado (EROSION) [t/ha·año]
	Fertilidad del suelo mantenida o mejorada	Índice de materia orgánica en el suelo (MATORG) [adimensional] acotado [0,1]
	Calidad química del suelo y agua mantenida o mejorada	Balance de nitrógeno (BALNITRO) [kg N/ha·año]
		Uso de herbicidas residuales (HERBICID) [g equivalentes de glifosato/ha·año]
	Detracción de agua de los ecosistemas minimizada	Uso del agua de riego (USOAGUA) [m ³ /ha·año]
	Balance de energía optimizado	Balance energético (BALENERG) [kcal/ha·año]

Indicador no analizado en este caso de estudio al no existir variabilidad entre explotaciones (toma el valor 0 para todas las explotaciones analizadas al ser todas ellas de secano).

Fuente: Gómez-Limón y Arriaza (2011) y Gómez-Limón y Riesgo (2012).

Source: Gómez-Limón and Arriaza (2011) and Gómez-Limón and Riesgo (2012).

De manera más concreta, cabe comentar que las regresiones de los indicadores con valores no acotados (*RENTOLIV*, *VARRENT*, *VALPROD*, *VARVENTA*, *CONAVAB*, *MOTOT*, *PRODMO*, *NUMVAR*, *RIESPEST*, *EROSION*, *BALNITRO*, *HERBICID*, *BALENERG*) se han realizado a través de modelos lineales estimados mediante el procedimiento de mínimos cuadrados ordinarios (OLS). Para el resto de indicadores (*INDADAP*, *PORCSUBV*, *ABANDON*, *MOFAMIL*, *OTROSCUL*, *COBERT*, *PATRIMON*, *INDIVERS*, *SUPNOCL*, *MATORG*), que se caracterizan por tener valores acotados en el rango [0,1], se han empleado regresiones Tobit doblemente censuradas (Tobin, 1958), estimadas mediante el procedimiento de máxima verosimilitud (MLE). El uso de esta segunda técnica de regresión está justificado al objeto de evitar posibles sesgos de estimación que puede provocar el empleo del procedimiento OLS cuando la variable dependiente está acotada (Simar y Wilson, 2007).

Las regresiones realizadas se han implementado a través del método paso a paso (*step-wise*) "hacia atrás", con criterio de salida $p > 0,1$ y criterio de entrada $p < 0,05$. De esta manera se han obtenido modelos en los que sólo figuran las variables realmente explicativas de cada indicador, facilitando así su interpretación. Al mismo tiempo, se realizó el diagnóstico de multicolinealidad para verificar que no existe una excesiva correlación entre variables explicativas del modelo ($FIV < 10$).

Resultados

En la Tabla 3 se recogen los coeficientes no estandarizados de las variables explicativas que han resultado estadísticamente significativas en los modelos de regresión implementados para cada indicador. Asimismo, en cada caso se reporta el coeficiente de determinación R^2 o el pseudo- R^2 de McKelvey-Zavoinia (McKelvey y Zavoina, 1975), en función de que las re-

gresiones se hayan estimado mediante OLS o MLE, respectivamente, al objeto de poder cuantificar la bondad de ajuste en las regresiones (Veall y Zimmermann, 1996).

A continuación se comentan aquellos indicadores en los que interviene la variable *ECOLOGICO*, como los resultados más relevantes para el objetivo de este estudio.

Análisis de indicadores de sostenibilidad económica

La dimensión económica se ha estudiado según dos principios. Por un lado, una función económica privada, relacionada con la viabilidad de las propias explotaciones, y por otro lado, una función económica pública, por la que se asegure la suficiencia alimentaria y se genere riqueza para el conjunto de la sociedad. Para esta dimensión, cinco indicadores han dado resultados relevantes para los objetivos del trabajo.

Rentabilidad privada del olivicultor

Dentro de la función económica privada, la renta neta de los olivicultores (*RENTOLIV*) resulta de la diferencia entre los ingresos brutos (procedentes de la venta de la cosecha más la cuantía de las subvenciones) y los costes de producción (tratamientos, poda, recolección, etc.). Debido a la variabilidad de los ingresos de un año a otro (variaciones en rendimiento y precio del aceite/aceituna), se ha calculado este indicador como una media de las campañas 2000/2001 a 2010/2011. Con este propósito se ha considerado un precio medio para el aceite de oliva convencional de 2,33 €/kg, mientras que para el aceite ecológico se ha aplicado un diferencial del 21% sobre éste, resultando una media de 2,82 €/kg. La fuente de esta información han sido las propias cooperativas que han colaborado en esta investigación.

Tras la obtención del modelo de regresión, se observa cómo la producción media afecta

Tabla 3. Resultados de las regresiones multivariantes (coeficientes estadísticamente significativos)
 Table 3. Results of multivariate regressions (statistically significant coefficients)

VARIABLES DEPENDIENTES (INDICADORES)	VARIABLES EXPLICATIVAS										R ² pseudo-R ²
	EDAD	SEXO	NUMHIJOS	ESTSEC	FORMAGR	SUPOLIV	EDADPLANT	PRODMED	PENDIENT	ECOLOGICO	
Económicos	RENTOLIV ^a						1,31	0,658	6,165	225,42	0,923 ^a
	VARRENT ^a				-0,009			-1,1·10 ⁻⁵			0,119 ^a
	INDADAP ^b	0,041			0,067		-4,2·10 ⁻⁴		-0,004	0,036	0,498 ^b
	VALPROD ^a							0,445		150,98	0,975 ^a
	VARVENTA ^a			0,006	-0,014						0,071 ^a
	CONAVAB ^a	-0,001						0,443	3,976	171,60	0,936 ^a
	PORCSUBV ^b							-3,9 10 ⁻⁵		0,060	0,379 ^b
Socioculturales	MOTOT ^a						-2,5·10 ⁻⁵				0,184 ^a
	PRODMO ^a		4.911,9				105,81	34,306	227,04		0,916 ^a
	ABANDON ^b	-0,010			-0,191		-0,002			0,209	0,180 ^b
	MOFAMIL ^b			0,052		-0,006				-0,178	0,274 ^b
	OTROSCUL ^b			0,166			0,003				0,148 ^b
	COBERT ^b							-2,1 10 ⁻⁴	0,022	-0,122	0,623 ^b
	PATRIMON ^b						0,001				0,178 ^b
Ambientales	NUMVAR ^a					-0,007	0,003	-0,013			0,100 ^a
	INDIVERS ^b	-0,001								0,090	0,228 ^b
	RIESPEST ^a				444,7			0,233	-17,84	-1.050,8	0,294 ^a
	SUPNOCUL ^b			0,158			0,002				0,145 ^b
	EROSION ^a								0,934	4,06	0,502 ^a
	MATORG ^b					0,006					0,261 ^b
	BALNITRO ^a				12,72			-0,012	-0,931		0,218 ^a
	HERBICID ^a									-1.200,3	0,854 ^a
	BALENERG ^a					-28,19		1,867	27,94		0,675 ^a

^a Indicadores analizados mediante regresiones lineales estimadas mediante OLS; estimador de bondad del ajuste R².

^b Indicadores analizados mediante regresiones tobit doblemente censuradas estimadas mediante MLE; estimador de bondad del ajuste pseudo-R² de McKelvey-Zavoinia.

Fuente: Elaboración propia.

Source: Own elaboration.

significativamente en este indicador, de tal manera que por cada kg/ha-año que aumente la misma, la rentabilidad de la explotación de olivar lo hace en 0,658 €/ha-año, siendo el factor más influyente en el modelo. En segundo lugar, destaca el hecho de que practicar olivicultura ecológica (valor 1 de la variable explicativa) también supone un incremento de la rentabilidad privada, en un valor de 225,42 €/ha-año. Este hecho se justifica por los mayores precios percibidos por su producción y por el aporte de rentas adicionales que suponen los pagos agroambientales derivados de la producción ecológica (un pago anual medio de 280 €/ha). Ambos factores compensan con creces la diferencia negativa de rendimientos arriba indicada con respecto al sistema convencional. Los costes de producción son similares en ambos sistemas, diferenciándose principalmente en las técnicas de manejo del suelo, tal y como se comentarán más adelante.

Aunque en menor medida, la variable pendiente (*PENDIENT*) afecta igualmente de manera positiva a la rentabilidad de la explotación; por cada aumento de la pendiente en un 1%, la rentabilidad se incrementa en 5,27 €/ha-año. Este resultado cabría considerarlo como contraintuitivo, pues es bien sabido que mientras mayor es la pendiente, menor es la rentabilidad del olivar (Diputación Provincial de Jaén-Fundación Citoliva, 2007; AEMO, 2010). No obstante, esta aparente anomalía puede explicarse si se tiene en cuenta que la pendiente actúa sobre la rentabilidad de dos formas. La primera es afectando a la producción y los ingresos (a mayor pendiente, menor producción), factor que ya es recogido en el modelo de regresión mediante la inclusión de la variable explicativa *PRODMED*. La segunda es afectando a los costes, los cuales se reducen a medida que se incrementa la pendiente, tal y como evidencian estudios como el de AEMO (2010). Recogido el efecto sobre los ingresos a través de la variable explicativa

PRODMED, es este segundo efecto sobre los costes lo que realmente refleja el coeficiente de la variable *PENDIENT*; su signo positivo indica que a medida que se incrementa la pendiente se reducen los costes de producción.

Por último, cabe señalar la influencia de la edad de la plantación, de forma que por cada año de más de la plantación, la rentabilidad aumenta 1,69 €/ha-año.

En conjunto, esta regresión cuenta con un buen ajuste, con un valor de $R^2 = 0,923$, circunstancia que indica que la rentabilidad está prácticamente definida con estas cuatro variables que han resultado estadísticamente significativas.

Índice de adaptación

La viabilidad de una explotación no sólo depende de los beneficios que genere, sino de la capacidad que ésta tiene para responder y adaptarse a los cambios futuros. Para cuantificar dicha capacidad, este indicador se ha calculado sobre la base de los siguientes factores: la pendiente media del terreno (determinante de las alternativas tecnológicas de la producción) y la edad del agricultor y la formación agraria del mismo (determinantes de la aptitud y capacidad del productor para gestionar e innovar en su actividad productiva). Se tratará, por tanto, de un indicador adimensional, cuyos valores oscilan entre el valor 0 (nulo nivel de adaptación) y 1 (óptimo nivel de adaptación).

El modelo de regresión obtenido presenta seis variables estructurales que condicionan el valor de este indicador. Por orden de importancia, cabe comenzar comentando que a medida que aumenta la edad del olivicultor disminuye su capacidad de adaptación, puesto que por cada año de más de éste, el valor de *INDADAP* disminuye en 0,006 puntos. De igual manera, una mayor pendiente del terreno dificulta la viabilidad futura de la explotación, recortándose el valor de este índice en 0,004

por cada aumento unitario de la pendiente. Por otro lado, poseer algún tipo de formación agraria (cursos, formación profesional, universitaria, etc.) lo incrementa en 0,067.

Todas estas variables están incluidas en la definición del indicador, por lo que era de esperar resultados significativos en la regresión. En cualquier caso, el modelo nos devuelve otros factores que presentan igualmente significación estadística. Así, el hecho de acogerse a la producción ecológica tiene una aportación positiva a la sostenibilidad económica de la explotación en este sentido, incrementando el valor del índice de adaptación en 0,036 puntos. Esta relación cabe explicarla porque las explotaciones ecológicas requieren de un menor nivel de complejidad técnica en lo que a infraestructuras se refiere, por lo que pueden resultar más manejables en un escenario cambiante. Finalmente, cabe comentar que los otros factores que han resultado significativos han sido la edad de la plantación (con coeficiente positivo, del que se deriva que a mayor edad existe una mayor capacidad para responder a los cambios, pues la necesidad de renovación de la misma es más urgente) y sexo, evidenciando que las mujeres otorgan a las explotaciones que gestionan una mayor capacidad de adaptación (a igualdad de todo lo demás, si el gestor es hombre el índice disminuye en 0,041 puntos).

En este caso la regresión presenta un valor del pseudo- $R^2 = 0,498$, lo que indica que sólo la mitad (49,8%) de la variabilidad del indicador *INDADAP* está determinada por las variables explicativas que han resultado estadísticamente significativas. De este dato cabe deducir que existen otras variables que no han sido incluidas en el modelo que tienen igualmente capacidad de explicar el valor que toma la variable dependiente analizada. Sin embargo, esta circunstancia (bajo coeficiente de determinación y existencia de otras variables explicativas no analizadas) no va

en detrimento de las afirmaciones arriba indicadas respecto a la existencia de relaciones estadísticamente significativas entre las variables socioestructurales consideradas y la variable dependiente (indicador de sostenibilidad *INDADAP* en este caso).

Valor de la producción

Este indicador se incluye dentro de la función económica pública, midiendo la contribución de las explotaciones a la suficiencia alimentaria y a la generación de riqueza en el medio rural donde se localiza esta actividad. Su cálculo se basa simplemente en el valor de las ventas de aceite, por lo que, al igual que en el caso de la rentabilidad, se ha realizado una media de las últimas campañas, considerándose los precios ya citados y un rendimiento en aceite del 20%.

El modelo obtenido presenta un ajuste muy elevado ($R^2 = 0,992$), por lo que este indicador queda prácticamente descrito a través de sólo dos variables: la producción media y el carácter ecológico de la explotación. Resulta obvio que el valor de la producción dependa en primer lugar de la cantidad que se produzca, puesto que, *ceteris paribus*, una mayor cantidad de aceite producida supone un mayor incremento de la riqueza. Concretamente, por cada kg/ha de aceite, el valor aumenta en 0,45 €/ha. Respecto al factor ecológico, puede afirmarse que estar acogido a la producción ecológica supone un aumento del valor de la producción de casi 151 €/ha, a igualdad de todo lo demás. La razón de ello es la misma que ya se explicó en el caso de la rentabilidad, puesto que los precios del aceite ecológico son considerablemente superiores a los del aceite convencional.

Contribución al Valor Añadido Agrario

Como en el caso anterior, con este indicador se trata de medir el aporte que las explotaciones de olivar realizan al conjunto de la riqueza de

la Comunidad Autónoma. Su cálculo se basa en hallar el Valor Añadido Bruto (VAB) a nivel micro, resultante de la diferencia entre las ventas y los costes intermedios imputables al cultivo del olivo, todo esto cuantificado como media del período 2000/2001 a 2010/2011.

Resulta evidente que la generación de riqueza en el medio rural depende fundamentalmente de la producción (*PRODMED*). Así lo ponen de manifiesto los resultados del modelo; por cada kg/ha que aumente la producción media, la generación de riqueza aumenta igualmente en 0,44 €/ha-año. La segunda variable en importancia es el carácter ecológico de la explotación. El modelo muestra que aquellas explotaciones que practican la olivicultura ecológica suponen una mayor contribución a la riqueza regional que la convencional, concretamente de 171,60 €/ha-año. La razón de esto ya se ha manifestado en casos anteriores pues, a igualdad de todo lo demás, la producción de aceite procedente de este sistema de cultivo tiene un valor económico superior.

Por último, también ha resultado significativa de manera positiva la pendiente del terreno, incrementándose el valor añadido en 3,54 €/ha-año por cada 1% que aumente la pendiente. Como se aclaró con anterioridad en relación al indicador *RENTOLIV*, este resultado contraintuitivo cabe explicarlo por el cumplimiento del *ceteris paribus* propio de las técnicas de regresión.

Con estos tres factores, el modelo de regresión está definido en un 93,6%, según el valor de R^2 obtenido.

Porcentaje de los ingresos procedente de subvenciones

Teniendo en cuenta los importes procedentes del pago único por explotación y los programas agroambientales, este indicador se ha definido como la relación entre dichas subvenciones y los ingresos totales del olivicultor.

Por lo tanto, mayores valores de este indicador implican una menor sostenibilidad económica, puesto que el caso ideal es que las explotaciones sean viables sin necesidad de intervención pública.

El modelo obtenido revela que estar acogido a la producción ecológica incrementa el porcentaje de ingresos procedente de subvenciones en 6 puntos porcentuales. Este resultado indica que, según este criterio, y teniendo en cuenta la condición *ceteris paribus*, este sistema de producción resulta menos sostenible que el convencional, al depender sus ingresos en mayor medida del apoyo público. Este hecho está en buena medida justificado por el pago procedente de los programas agroambientales, que sólo lo reciben los productores de olivar ecológico.

Por otro lado, también resulta significativa la variable *PRODMED*, estableciendo que la sostenibilidad desde esta perspectiva (menor dependencia de las subvenciones) se incrementa a medida que aumenta la producción media de la explotación (mayor nivel de ingresos procedentes de las ventas). No obstante, puesto que el valor de pseudo- R^2 es de 0,379, se deduce que existen otras variables igualmente explicativas de este indicador, pero que no son consideradas en este trabajo.

Análisis de indicadores de sostenibilidad sociocultural

En la dimensión sociocultural se han considerado igualmente dos principios: una función social y otra función cultural. La primera hace referencia al papel que las explotaciones de olivar tienen en el desarrollo de las zonas rurales, mientras que la función cultural engloba la conservación del patrimonio rural. En esta dimensión, sólo tres indicadores han resultado significativos en cuanto a la incidencia real del sistema de producción elegido por el productor.

Riesgo de abandono de la actividad agraria

El abandono de la actividad agraria supone un impacto negativo sobre el desarrollo rural de los territorios donde ésta se localiza, y asegurar el relevo generacional en el sector del olivar puede resultar un importante problema, sobre todo en zonas marginales (Sánchez Jiménez, 2002). La forma de hallar este indicador de sostenibilidad social ha consistido únicamente en preguntar directamente a los olivicultores entrevistados si creían que su explotación continuaría en producción tras su jubilación, tomando el valor 0 cuando la continuidad de la actividad esté asegurada y valor 1 cuando exista riesgo claro de abandono.

El modelo de regresión refleja que el carácter ecológico de una explotación es el factor que en mayor medida afecta al riesgo de abandono. Más concretamente, y a igualdad de todo lo demás, una explotación ecológica incrementa en 0,209 el riesgo de abandono de la actividad. Hay que tener en cuenta que este indicador se ha calculado en base a la apreciación de los olivicultores, pudiéndose explicar porque, según su punto de vista, la producción de aceituna ecológica es menor a la convencional y tienen una mayor necesidad de apoyo público, subvenciones que en tiempos de inestabilidad económica como en la actualidad pueden verse recortadas, generando más incertidumbre entre estos agricultores. Por el contrario, la edad de la plantación y del olivicultor, así como tener formación agraria, son factores que disminuyen este riesgo de abandono, reduciendo el valor del índice *ABANDON* en 0,002, 0,001 y 0,191 puntos, respectivamente. No obstante, debe indicarse que el modelo para este indicador tiene un poder explicativo bajo ($\text{pseudo-R}^2 = 0,180$), de lo que se deriva la existencia de otras variables diferentes a las analizadas como realmente determinantes de la variabilidad de este indicador.

Porcentaje de mano de obra familiar y fija

La elevada estacionalidad de la mano de obra en el cultivo del olivo, cuyas necesidades se concentran de manera especial durante la época de recolección, es un factor que dificulta la fijación de población en las áreas rurales, suponiendo un hándicap para el desarrollo rural de las zonas donde está implantado. Por el contrario, el uso de mano de obra familiar y fija supone un importante elemento de cohesión social, en la medida que contribuye de manera activa a la fijación de estos trabajadores al territorio. Así, el porcentaje de la mano familiar y/o fija empleada en las explotaciones sobre el total de la mano de obra (*MOFAMIL*) constituye un indicador de interés para cuantificar el desempeño social de las mismas.

Tres variables explicativas están incluidas en el modelo de regresión implementado para analizar este indicador. Por un lado, el número de hijos incrementa el valor del indicador en 0,052 puntos, puesto que se dispone de más mano de obra familiar. Por el contrario, a medida que se incrementa la superficie de cultivo, el uso la mano de obra familiar o fija disminuye a favor de la eventual (el indicador *MOFAMIL* disminuye 0,006 por cada hectárea de incremento).

Finalmente cabe comentar que la variable *ECOLOGICO* también resulta explicativa en el modelo de regresión de este indicador. El signo negativo del coeficiente correspondiente indica que este sistema resulta menos sostenible desde esta perspectiva, en la medida que emplea de media 17,8 puntos porcentuales menos de mano de obra familiar o fija. En cualquier caso, el bajo ajuste del modelo obtenido ($\text{pseudo-R}^2 = 0,180$) deja abierto estos resultados para futuras investigaciones, que profundicen en la explicación a este indicador.

Cobertura del suelo

Como función cultural, la presencia de cobertura vegetal en el suelo a lo largo de las calles de la plantación supone una mejor valoración de la calidad visual y paisajística del medio (Arriaza et al., 2004). Por ello, este indicador trata de medir los días al año que el suelo se encuentra cubierto por vegetación, generalmente espontánea. Se trata de un indicador adimensional, que toma valores entre 0, cuando el suelo se mantiene desnudo todo el año, y 1 para el caso de que la cobertura vegetal se mantenga todo el año. Puesto que en la práctica puede realizarse más de una técnica de control de malas hierbas, a efectos de cálculo se ha considerado aquélla que predomine en cada explotación.

El modelo de regresión obtenido muestra que el hecho de ser ecológico, a igualdad del resto de variables explicativas, reduce en 0,122 puntos el grado de cobertura del suelo. Este resultado contrasta con resultados de otros trabajos anteriores. Por ejemplo, Álvarez et al. (2007), Milgroom et al. (2007) o Gómez Calero et al. (2009) realizan estudios sobre la influencia en la conservación del suelo de los sistemas de producción de olivar convencional y ecológico en la provincia de Córdoba, y sus resultados muestran una mayor protección del suelo y un menor riesgo de erosión en la producción ecológica. La clave para entender la divergencia de estos resultados en relación a los ahora presentados reside en que los estudios antes mencionados consideran que en el sistema de producción convencional se utilizan técnicas de laboreo como técnica preferente de manejo del suelo.

Si bien esta forma de controlar las malas hierbas es normal en olivares de campiña (Gómez-Limón y Arriaza, 2011), ésta no es la situación con las que nos encontramos en la comarca de Los Pedroches en la actualidad.

En este sentido debe señalarse que en ambos sistemas de producción el mantenimiento de cubierta vegetal durante el otoño-invierno es una práctica habitual. Recordamos que se trata de olivares con pendientes superiores al 10%, a los cuales la condicionalidad obliga a un mantenimiento de dicha cubierta. En ambos sistemas la siega de las cubiertas se realiza cuando éstas comienzan a competir con el cultivo por el agua disponible en el suelo, normalmente durante el mes de marzo. La diferencia entre ambos sistemas de producción radica en la técnica de siega. En la producción convencional el 100% de los entrevistados realiza un manejo de la vegetación a través de herbicidas de post-emergencia, pudiéndose complementar con el uso de desbrozadora. En la producción ecológica, ante la imposibilidad de usar fitosanitarios, se realiza una siega mecánica, bien sea a través de cultivador (46%) o bien empleando una desbrozadora (22%). En el 32% restante de los casos los olivicultores ecológicos realizan la siega a diente como técnica principal³.

A efectos de cálculo del indicador *COBERT*, sólo el uso de cultivador reduce el número de días al año en los que el suelo presenta cobertura, puesto que se ha considerado que tanto el uso de herbicidas, como la desbrozadora y la siega a diente, mantienen el suelo con cobertura todo el año. No obstante, el 46% de los casos en los que se recurre al la-

3. La combinación de olivicultura y ganadería (especialmente ganado ovino) solía ser muy frecuente en esta comarca, tal y como señalan Alonso (2003) y Guzmán y Alonso (2008). No obstante, el uso de este método de siega está en retroceso, condicionado fundamentalmente por la reducción de la cabaña de ovino que ha sufrido la comarca durante la última década. Así, hoy en día la mayoría de los olivicultores no disponen de la carga ganadera necesaria para asegurar un buen control de la vegetación, circunstancia que les obliga a emplear otras técnicas de siega.

boreo del suelo en explotaciones ecológicas hacen que respecto a este indicador éstas resulten menos sostenibles que las explotaciones convencionales. Estas diferencias ponen en evidencia que para la zona de estudio, según lo declarado por los propios productores, el suelo del olivar convencional permanece más tiempo cubierto por la vegetación arvense que el del olivar ecológico. Este hecho explica los resultados obtenidos, según los cuales el olivar ecológico presenta un peor desempeño de la función de cobertura del suelo⁴.

Por otra parte, dentro del mismo modelo de regresión implementado para explicar el indicador *COBERT*, cabe señalar igualmente que el aumento de un 1% de pendiente supone un incremento de 0,022 puntos del grado de cobertura. Este resultado debe interpretarse porque a medida que las pendientes son más elevadas, el pase de maquinaria de labor resulta más complicado y se suele optar por otras alternativas de manejo del suelo. La producción media es la última variable explicativa incluida en el modelo, con coeficiente negativo, indicando que a medida que el olivar es más productivo es más frecuente el uso del cultivador como forma de manejo del suelo.

Para el resto de indicadores pertenecientes a esta dimensión, el carácter ecológico no resulta ser un factor determinante, por lo que no procede hacer comentario alguno al respecto.

Finalmente cabe aclarar que los indicadores que conciernen al suministro de alimentos tradicionales de calidad (*DENOMIN* y *ACE-VIRG*) se han obviado en esta investigación.

En primer lugar, en la comarca analizada no existe ninguna figura de protección de la calidad relacionada con el aceite de oliva y, en segundo lugar, a partir de la información proporcionada por el olivicultor es imposible determinar con certeza el porcentaje de la producción de aceitunas que se dedica a la producción de aceite de oliva virgen extra.

Análisis de indicadores de sostenibilidad ambiental

También para esta dimensión de la sostenibilidad se han considerado dos principios para su análisis: el mantenimiento de la biodiversidad (tanto de especies como de hábitats) y el mantenimiento de los recursos naturales y mitigación del cambio climático. Dentro de esta dimensión se han obtenido cuatro indicadores que son afectados por el sistema de producción, dos para cada principio, tal y como a continuación se comenta.

Índice de diversidad biológica

En cuanto a la función mantenimiento de la biodiversidad, resulta complejo y fuera de los límites de este estudio cuantificar la riqueza biológica que el olivar acoge, tal y como se ha abordado en estudios anteriores (véase Duarte *et al.*, 2009 para una completa revisión). Alternativamente, este indicador se ha definido a fin de alcanzar una aproximación de este atributo de la sostenibilidad, basándonos en variables fácilmente observables por el agricultor. Así, éste puede definirse como resultado de la suma debidamente pon-

4. Como oportunamente ha señalado uno de los revisores del trabajo, la práctica habitual en el olivar convencional de dejar la cubierta seca en las calles del olivar durante el verano, si bien permite cubrir el suelo y protegerlo de factores erosivos (mejor desempeño de los indicadores *COBERT* y *EROSION*), acarrea un grave peligro de incendio (Guzmán y Foraster, 2010), lo cual habría que juzgar en detrimento del desempeño sostenible de este sistema de producción. Sin embargo, este potencial indicador (riesgo de incendio) no ha sido considerado en este trabajo. Esta circunstancia apunta a la necesidad de que en futuras investigaciones se amplíe el número de indicadores de sostenibilidad a analizar.

derada de la presencia de cubiertas vegetales, el empleo de la siega a diente por ganado, el apilado de las varetas tras la poda y el mantenimiento de aceitunas en los olivos tras la cosecha (los detalles de cálculo pueden encontrarse en Gómez-Limón y Arriaza, 2011). El indicador así resultante es adimensional, tomando como máximo valor 1 cuando la biodiversidad es optimizada.

En este caso, el hecho de que la explotación esté acogida a la producción ecológica, *ceteris paribus*, resulta prácticamente como la única variable explicativa significativa del modelo. Así, cabe afirmar que un olivar ecológico incrementa el índice de diversidad biológica (*INDIVERS*) en 0,090 puntos, lo que lo hace más sostenible desde esta perspectiva. La razón principal, que diferencia a ambos sistemas, es el tratamiento más ecológico de los restos de poda y el empleo de ganado para la siega de la vegetación de las calles en una tercera parte de las explotaciones de este sistema productivo. Por otro lado, la edad del olivicultor también influye sobre el valor de este índice, en este caso con coeficiente negativo (a mayor edad del productor, la gestión de la explotación de olivar fomenta menos su biodiversidad).

Finalmente cabe señalar que el ajuste del modelo ofrece un valor bajo ($\text{pseudo-R}^2 = 0,228$), por lo que la determinación del valor de este indicador en base a las variables explicativas consideradas resulta incompleta, volviendo a dejar campo para futuras investigaciones.

Riesgo de pesticidas

Además de lo descrito anteriormente, el mantenimiento de la biodiversidad dependerá del nivel de uso de los distintos productos fitosanitarios que se emplean en las explotaciones de olivar, así como del poder biocida de los mismos. El fundamento de este indicador es el cálculo de esta capacidad biocida potencial de

los pesticidas empleados medida en kg de organismos vivos (rata más concretamente) que potencialmente pueden ser eliminados (EEA, 2005), siendo el valor mínimo 0 el caso más favorable al indicar un riesgo nulo.

Al igual que en el caso anterior, el modelo de regresión de este indicador muestra que el sistema ecológico hace que las explotaciones resulten ser más sostenibles, puesto que practicar este tipo de olivicultura disminuye el riesgo en 1.060 kg rata/ha-año, a igualdad del resto de factores. Más concretamente, en la olivicultura ecológica no está permitido el uso de ningún herbicida, por lo que el control de las malas hierbas se realiza de forma mecánica o a diente, y tampoco está autorizado ningún insecticida de síntesis, por lo que la lucha contra la mosca o la polilla del olivo se realiza recurriendo a botellas trampa y otros medios similares (Alonso y Guzmán, 2006; Guzmán y Foraster, 2010). Así, los olivicultores ecológicos entrevistados únicamente realizaban un tratamiento, a base de fungicidas para la lucha contra el repilo (empleando oxiclورو de cobre, frecuentemente). Por el contrario, en las explotaciones convencionales se suelen realizar tratamientos herbicidas con glifosato e insecticidas con dimetoato. El primero es un herbicida de contacto de amplio espectro, que elimina prácticamente cualquier especie vegetal, mientras que el segundo afecta muy negativamente a un amplio espectro de invertebrados, algunos de los cuales resultan beneficiosos para el cultivo (Cirio, 1997) o sirven de alimento a especies de avifauna.

Otras variables han resultado igualmente significativas en este modelo de regresión. La producción media y la formación agraria del olivicultor presentan coeficiente de signo positivo, implicando un mayor riesgo por pesticidas conforme ambas variables explicativas se incrementa. Por el contrario, la pendiente de las explotaciones muestra una relación significativa de carácter inverso.

El nivel de significación estadística del modelo resultante es relativamente bajo ($R^2 = 0,294$), requiriéndose futuras investigaciones para determinar qué otros factores influyen sobre este indicador.

Cantidad de suelo erosionado

Llegando ya a la última función, respecto al mantenimiento de los recursos naturales, uno de los elementos más importantes es la conservación del suelo, puesto que representa uno de los problemas ambientales más graves de Andalucía. Esto es debido a las condiciones naturales de clima y suelo, pero se ven agravadas significativamente por la realización de prácticas agrarias inadecuadas, que aceleran la pérdida de las capas más superficiales y fértiles del suelo.

La cuantificación de la cantidad de suelo erosionado resulta pues un indicador adecuado para medir el desempeño sostenible de las explotaciones agrarias en relación a la conservación del suelo. Este cálculo puede realizarse a través de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Actualizada (*Revised Universal Soil Loss Equation, RUSLE*), que considera la erosividad de la lluvia, la erodibilidad del suelo, la topografía del terreno, el tipo de cultivo y el manejo del suelo, y las medidas de conservación implementadas para la conservación del suelo como principales determinantes del fenómeno de la erosión. Para más detalles sobre el cálculo de este indicador, remitimos al lector al manual de Renard et al. (1997) y Gómez Calero y Giráldez (2009).

Como es lógico pensar, el modelo de regresión obtenido recoge la pendiente como principal variable explicativa del indicador *EROSION*. Por cada unidad porcentual de pendiente, la cantidad de suelo erosionada se incrementa, *ceteris paribus*, en casi 1 t/ha·año.

El otro factor explicativo que resulta significativo en el modelo es el sistema producción (*ECOLOGICO*). Así, el hecho de que la explo-

tación sea ecológica hace que la erosión aumente en más de 4 t/ha·año con respecto a las explotaciones convencionales. Esto puede resultar igualmente contraintuitivo y requiere asimismo una explicación. La justificación de este resultado está relacionada con lo descrito para el caso del indicador "cobertura del suelo", y que se refería a las técnicas empleadas para el control de la vegetación arvense. A pesar de que en ambos sistemas de producción se mantienen cubiertas vegetales durante el invierno, ambos difieren en las técnicas de siega. En la totalidad de explotaciones de producción convencional ésta se realiza a través de herbicidas de post-emergencia, tratamiento que se aplica únicamente alrededor de los ruedos, dejando las calles permanentemente con cubiertas. Por su parte, casi la mitad de las explotaciones de producción ecológica emplea el laboreo (uso de cultivador) como medio para combatir esta plaga, tratamiento que se realiza tanto en los ruedos como en las calles de la plantación. De nuevo, para la valoración de este aspecto ambiental, el uso de maquinaria de labranza (técnica más frecuente en producción ecológica) resulta perjudicial, en la medida que deja al suelo más desprotegido contra la erosión frente a los factores erosivos (principalmente la lluvia). Este hecho explica los resultados obtenidos, según los cuales el olivar ecológico presenta un peor desempeño de la función de conservación del suelo frente a la erosión.

Con ambas variables explicativas el modelo de regresión presenta un ajuste de $R^2 = 0,502$.

Uso de herbicidas residuales

En las últimas décadas, ha proliferado la aplicación de herbicidas en el olivar para el control de las malas hierbas, pero su uso más o menos inadecuado acarrea problemas importantes de contaminación. Principalmente, los procesos de percolación hacia aguas subterráneas y el arrastre hacia aguas superfi-

ciales dan lugar a la presencia de materia activa contaminante en masas de agua que pueden estar dedicadas al consumo, creándose fuentes de contaminación difusa (Hermosín et al., 2009). Este indicador recoge la capacidad de contaminación potencial de los herbicidas empleados en las explotaciones, siendo el valor 0 el más deseable por indicar un uso nulo de estos productos (véase igualmente Gómez-Limón y Arriaza, 2011 para detalle sobre su forma operativa de cálculo).

El modelo de regresión resultante revela que el sistema de producción es el único determinante significativo para explicar el valor de este indicador de sostenibilidad, evidenciando que si la explotación es ecológica, el uso de herbicidas se reduce en 1.200 g equivalentes de glifosato/ha-año, siendo por tanto más sostenibles desde esta perspectiva. Este resultado es fácilmente comprensible si se tiene en cuenta que la producción ecológica no permite el uso de herbicidas y que, por tanto, las explotaciones acogidas a este sistema de producción presentan un valor nulo de este indicador, todo lo contrario que las explotaciones convencionales, donde el uso de tratamiento herbicidas es muy frecuente. Así, el valor de $R^2 = 0,854$ denota que el modelo resultante queda bien definido con esta sola variable.

Con respecto al resto de indicadores de esta dimensión, señalamos que se ha obviado el cálculo del uso de agua (*USOAGUA* en la Tabla 2), al tratarse de explotaciones de secano. Por otro lado, los indicadores restantes no han obtenido un buen ajuste ni diferencias significativas entre sistemas de producción.

Conclusiones

El análisis empírico realizado ofrece resultados en torno a la dualidad entre olivicultura convencional y ecológica en la comarca de

Los Pedroches, considerando de manera integral su diferente contribución a las múltiples funciones que realiza la agricultura. Se observa un comportamiento dispar en los ámbitos económico, social y ambiental. Así, la metodología utilizada ha permitido obtener resultados de interés para el actual debate académico y social en cuanto a la sostenibilidad del cultivo en la principal región productora de aceite de oliva.

Puede concluirse que los sistemas de olivar ecológico y convencional en el territorio en el que se ha realizado el estudio presentan diferencias en lo que a la sostenibilidad se refiere, que corresponden a un desempeño desigual de las funciones económica, social y ambiental. Las diferencias pueden observarse en doce de los indicadores de sostenibilidad considerados en el análisis. De estos indicadores, el sistema ecológico resulta más sostenible en siete de ellos (la mayoría de indicadores económicos y ambientales), mientras que cinco favorecen al sistema de producción convencional (los relativos a la dimensión sociocultural, la dependencia del apoyo público y la erosión del suelo). Por tanto, los resultados reflejan una respuesta distinta de ambos sistemas productivos a las principales demandas sociales, circunstancia a tener en cuenta de cara a la próxima Reforma de la PAC, actualmente en fase de negociación pero que debe estar aprobada para el periodo 2014-2020. Esta propuesta de Reforma pretende acelerar el proceso de integración de los requisitos medioambientales, introduciendo por primera vez un fuerte componente ecológico en el primer pilar de la PAC, para garantizar "que todos los agricultores de la UE que reciben una ayuda van más allá de los requisitos de la condicionalidad y aportan beneficios medioambientales y climáticos como parte de sus actividades cotidianas" (Comisión Europea, 2011), siguiendo el principio de "dinero público a cambio de bienes públicos".

La propuesta de Reforma de la PAC pretende avanzar igualmente en la visualización de la

funcionalidad del apoyo hacia la agricultura, introduciendo así la posibilidad de un apoyo público asimétrico en función de la diferente contribución a las exigencias sociales hacia el sector. Los resultados obtenidos justificarían la citada asimetría, debido a la dispar respuesta de los sistemas productivos analizados para satisfacer diferentes demandas sociales. Así, un apoyo diferencial a la olivicultura convencional y ecológica permitiría avanzar en la mejora de la legitimidad, la eficacia y la eficiencia de la política agraria. En este sentido, este estudio puede resultar de utilidad para el diseño de una política pública que responda mejor a las exigencias de la sociedad y que diferencie el nivel de apoyo en función de una respuesta diferente a las mismas. En cualquier caso, debe señalarse la necesidad de completar este tipo de estudios con un análisis de la demanda social de bienes y servicios provenientes de la olivicultura, (véase como ejemplo los trabajos de Salazar-Ordóñez *et al.*, 2010, o Arriaza y Gómez-Limón, 2011), al objeto de poder cuantificar adecuadamente el nivel de apoyo público que merecen uno y otro sistema de producción.

Para terminar conviene señalar ciertas limitaciones del trabajo desarrollado, y que requieren de futuras investigaciones para ser solventadas. En primer lugar debe comentarse que los resultados reportados en este artículo no pueden extrapolarse a otras zonas olivareras, ya que tales resultados están condicionados por los factores naturales (suelo, clima) y humanos (gestión agraria) propios de la comarca olivarera analizada, y que difícilmente pueden asemejarse a los de otras zonas. Por ello, sería de interés realizar análisis comparativos del comportamiento sostenible de los sistemas de olivar ecológico y convencional en otros ámbitos territoriales, al objeto de verificar o refutar las conclusiones obtenidas de este estudio a nivel general.

Asimismo debe apuntarse que los resultados alcanzados son tributarios de la metodología seguida, que si bien puede considerarse adecuada por su visión integradora del análisis de la sostenibilidad, presenta algunas dificultades para su implementación práctica. Entre éstas cabe destacar las relacionadas con el cálculo de los indicadores y la disponibilidad de datos de calidad. En este sentido, el estudio aquí realizado debe considerarse con un primer paso en la línea de valoración integral de la sostenibilidad del olivar, realizado bajo la premisa de la obtención de valores aproximados de indicadores de sostenibilidad de una forma rápida y económica. No obstante, la correcta calibración del método exigirá nuevas investigaciones que cuenten con información adicional (datos de campo, información obtenida a través de teledetección, etc.) que permita validar información obtenida en las entrevistas y el cálculo de otros indicadores de sostenibilidad más precisos. Sólo de esta manera, empleando una base informativa más completa y precisa y su análisis desde una perspectiva multidisciplinar podrán obtenerse conclusiones definitivas al respecto.

Agradecimientos

Los autores agradecen sinceramente las sugerencias y comentarios de los revisores anónimos, en la medida que han permitido una mejora sustancial en la calidad científica del artículo. Esta investigación ha sido cofinanciada por el Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través del proyecto AGRIGOBERSOS (AGL2010-17560-C02-01), así como la Consejería de Empresa, Universidad y Ciencia de la Junta de Andalucía y el Fondo Social Europeo (FSE) a través del proyecto P10-AGR-5892.

Bibliografía

- AEMO, Asociación Española de Municipios del Olivo, 2010. Aproximación a los costes del cultivo del olivo. Cuaderno de conclusiones del seminario AEMO. AEMO, Córdoba.
- Alonso AM, 2003. Análisis de la sostenibilidad agraria: el caso del olivar en la comarca de Los Pedroches (Córdoba). Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba.
- Alonso M, Guzmán G, 2006. Evaluación comparada de la sostenibilidad agraria en el olivar ecológico y convencional. *Agroecología* 1: 63-73.
- Álvarez S, Soriano MA, Landa BB, Gómez JA, 2007. Soil properties in organic olive groves compared with that in natural areas in a mountainous landscape in southern Spain. *Soil Use and Management* 23: 404-416.
- Arriaza M, Cañas Ortega JF, Cañas Madueño JA, Ruiz P, 2004. Assessing the visual quality of rural landscapes. *Landscape and Urban Planning* 69(1): 115-125.
- Arriaza M, Gómez-Limón JA, 2011. Valoración social del carácter multifuncional de la agricultura andaluza. *Información Técnica Económica Agraria* 107(2): 102-125.
- Arriaza M, Gómez-Limón JA, Kallas Z, Nekhay O, 2008. Demand for non-commodity outputs from mountain olive groves. *Agricultural Economics Review* 9(1): 5-23.
- Barranco D, Fernández-Escobar R, Rallo L, 2008. El cultivo del olivo. Mundi-Prensa y Junta de Andalucía, Madrid.
- Beaufoy G, Pienkowski M, 2000. The environmental impact of olive oil production in the European Union: practical options for improving the environmental impact. European Forum on Nature Conservation and Pastoralism. European Commission, Brussels.
- CAP, Consejería de Agricultura y Pesca, 2007. II Plan Andaluz de Agricultura Ecológica (2007-2013). Consejería de Agricultura y Pesca - Junta de Andalucía, Sevilla.
- CAP, Consejería de Agricultura y Pesca, 2008. El sector del aceite de oliva y la aceituna de mesa en Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca - Junta de Andalucía, Sevilla.
- CAP, Consejería de Agricultura y Pesca, 2012. Estimación de macromagnitudes agrarias Andalucía 2011. Actualizado Marzo 2012. Junta de Andalucía, Sevilla.
- Cirio U, 1997. Agrichemicals and environmental impact in olive farming. *Olivae* 65: 32-39.
- Cooper T, Hart K, Baldock D, 2009. The provision of public goods through agriculture in the European Union. Institute for European Environmental Policy, London.
- Diputación Provincial de Jaén-Fundación Citoliva, 2007. Costes de producción en el olivar jienense. Diputación Provincial de Jaén, Jaén.
- Duarte J, Campos M, Guzmán Álvarez JR, Beaufoy G, Farfan MA, Cotes B, Benítez E, Vargas JM, Muñoz-Cobo, J, 2009. Olivar y biodiversidad. En Gómez Calero JA (ed.), *Sostenibilidad de la producción de olivar en Andalucía*. Consejería de Agricultura y Pesca - Junta de Andalucía, Sevilla: 109-150.
- EC, European Commission, 2010. LIFE among the olives: Good practice in improving environmental performance in the olive oil sector. Office for Official Publications of the European Union, Luxembourg.
- EEA, European Environment Agency, 2005. Agriculture and environment in EU-15 - the IRENA indicator report. Report No 6/2005. European Environment Agency, Copenhagen.
- Gallardo R, 2011. Los elementos de una PAC necesaria post 2013. En Fundación de Estudios Rurales (ed.), *La agricultura familiar 2011*. Fundación de Estudios Rurales, Madrid: 150-156.
- Gallardo R, Ceña F, 2009. La multifuncionalidad de la agricultura y la política agraria común. En Sayadi S, Parra C (eds.), *Multifuncionalidad Agraria, Desarrollo Rural y Políticas Públicas: Nuevos Desafíos para la Agricultura*. Junta de Andalucía, Sevilla: 63-78.
- Gómez Calero JA (ed.), 2009. *Sostenibilidad de la producción de olivar en Andalucía*. Consejería de Agricultura y Pesca - Junta de Andalucía, Sevilla.
- Gómez Calero JA, Álvarez S, Soriano MA, 2009. Development of a soil degradation assessment tool for organic olive groves in southern Spain. *Catena* 79: 9-17.

- Gómez Calero JA, Giráldez JV, 2009. Erosión y degradación de suelos. En: Gómez Calero JA (ed.), *Sostenibilidad de la producción de olivar en Andalucía*. Consejería de Agricultura y Pesca - Junta de Andalucía, Sevilla: 45-86.
- Gómez-Limón JA, Arriaza M, 2011. Evaluación de la sostenibilidad de las explotaciones de olivar en Andalucía. *Analistas Económicos de Andalucía*, Málaga.
- Gómez-Limón JA, Riesgo L, 2012. Sustainability assessment of olive groves in Andalusia: A methodological proposal. *New Medit. Mediterranean Journal of Economics, Agriculture and Environment* 11(2): 39-49.
- Gómez-Limón JA, Picazo-Tadeo AJ, Reig-Martínez E, 2012. Eco-efficiency assessment of olive farms in Andalusia. *Land Use Policy* 29(2): 395-406.
- Guerrero A, 2003. *Nueva olivicultura*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Guzmán GI, Alonso AM, 2008. A comparison of energy use in conventional and organic olive oil production in Spain. *Agricultural Systems* 98: 167-176.
- Guzmán GI, Foraster L, 2010. Buenas prácticas en producción ecológica. *Cultivo del olivar*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid.
- Guzmán Álvarez JR, 2005. *Territorio y medio ambiente en el olivar andaluz*. Consejería de Agricultura y Pesca - Junta de Andalucía, Sevilla.
- Hall C, McVittie A, Moran D, 2004. What does public want from agriculture and the countryside? A review of evidence and methods. *Journal of Rural Studies* 20(2): 211-225.
- Hermosín MC, Rodríguez-Lizana A, Cornejo J, Ordóñez-Fernández R, 2009. Efecto del uso de agroquímicos en olivar sobre la calidad de las aguas. En: Gómez Calero JA (ed.), *Sostenibilidad de la producción de olivar en Andalucía*. Consejería de Agricultura y Pesca - Junta de Andalucía, Sevilla: 87-108.
- INE, Instituto Nacional de Estadística, 2011. *Censo Agrario 2009*. INE, Madrid.
- MARM, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010. *Agricultura Ecológica. Estadísticas 2010*. MARM, Madrid.
- Martínez Solimán M, Sabaté A, 2003. Mujeres, medio ambiente y desarrollo rural. En: Martínez Garrido E, López Estébanez N, Sáez Pombo E (eds.), *Mujeres y Desarrollo Rural: Seminario Internacional* (2002, Ronda). Consejería de Agricultura y Pesca, Sevilla: 135-150.
- McKelvey R, Zavoina W, 1975. A statistical model for the analysis of ordinal level dependent variables. *Journal of Mathematical Sociology* 4: 103-120.
- McVittie A, Moran D, Thomson S, 2009. A Review of Literature on the Value of Public Goods from Agriculture and the Production Impacts of the Single Farm Payment Scheme. *Scottish Agricultural College*, Edinburgh.
- Milgroom J, Soriano AM, Garrido JM, Gómez JA, Fereres E, 2007. The influence of a shift from conventional to organic olive farming on soil management and erosion risk in southern Spain. *Renewable Agriculture and Food Systems* 22(1): 1-10.
- Niemeijer D, 2002. Developing indicators for environmental policy: data-driven and theory-driven approaches examined by example. *Environmental Science and Policy* 5(1): 91-103.
- OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development, 2001. *Multifunctionality: Towards an analytical framework*. OCDE Publications, Paris.
- OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development, 2003. *Multifunctionality: The policy implications*. OCDE Publications, Paris.
- Parra-López C, Calatrava-Requena J, 2005. Factors related to the adoption of organic farming in Spanish olive orchards. *Spanish Journal of Agricultural Research* 3(1): 5-16.
- Parra-López C, Calatrava-Requena J, De Haro-Giménez T, 2008. A systemic comparative assessment of the multifunctional performance of alternative olive systems in Spain within an AHP-extended framework. *Ecological Economics* 64(4): 820-834.
- Renard KG, Foster GR, Wessies GA, McCool DK, Yoder DC, 1997. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised

- universal soil loss equation (RUSLE). U.S. Department of Agriculture, Washington D.C.
- Renard KG, Foster GR, Weesies GA, Mccool DK, Yoder DC, 1997. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). U.S. Department of Agriculture, Washington D.C.
- Salazar-Ordóñez M, Sayadi S, Vázquez Cueto MJ, 2010. Análisis de las opiniones y de-mandas de la sociedad andaluza hacia la agricultura y la política agraria común: calidad alimentaria, medio ambiente y desarrollo rural. Analistas Económicos de Andalucía, Málaga.
- Sánchez JL, 2003. Evaluación de sustentabilidad de sistemas de manejo de olivares ecológicos y convencionales en Los Pedroches. Asociación Comité Andaluz de Agricultura Ecológica, Sevilla.
- Sánchez Jiménez S, 2002. El cultivo del olivar desde una perspectiva de gestión. Universidad de Jaén, Jaén.
- Sánchez JD, Gallego VJ, Araque E, 2011. El olivar andaluz y sus transformaciones recientes. Estudios Geográficos 270: 203-229.
- Sabaté A, 2011. Mujeres innovadoras en el desarrollo rural. Desarrollo Rural y Sostenible 8: 6-7.
- Simar L, Wilson P, 2007. Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes. Journal of Econometrics 136(11): 31-64.
- Tobin J, 1958. Estimation of relationships for limited dependent variables. Econometrica 26(1): 24-36.
- Turnhout E, Hisschemoller M, Eijsackers H, 2007. Ecological indicators: between the two fires of science and policy. Ecological Indicators 7(2): 215-228.
- Van Cauwenbergh N, Biala K, Biielders C et al., 2007. SAFE - a hierarchical framework for assessing the sustainability of agricultural systems. Agriculture, Ecosystems and Environment 120(2-4): 222-242.
- Veall MR, Zimmermann KF, 1996. Pseudo-R2 measures for some common limited dependent variable models. Journal of Economic Surveys 10: 241-259.
- Vera-Toscano E, Gómez-Limón JA, Moyano E, Garrido F, 2007. Individuals' opinion on agricultural multifunctionality. Spanish Journal of Agricultural Research 5(3): 271-284.
- Viladomiu L, Rosell J, 2004. Olive oil production and the rural economy of Spain. En Brouwer F (ed.), Sustaining agriculture and the rural environment, governance, policy and multifunctionality. Edward Elgar Publishing, Cheltenham.

(Aceptado para publicación el 18 de marzo de 2013)

Mercado de *Lactarius deliciosus*. Modelización de la oferta en España

L. Díaz-Balteiro*, O. Alfranca^{**,1} y R. Voces*

* Departamento de Economía y Gestión Forestal, Universidad Politécnica de Madrid. ETSI Montes. Ciudad Universitaria s/n 28040 Madrid

** Departamento de Ingeniería Agroalimentaria y Biotecnología, Universidad Politécnica de Cataluña. ESAB, Av. Canal Olímpic, s/n; 08860 Castelldefels (Barcelona)

Resumen

En este trabajo se presenta, desde una perspectiva multidisciplinar, la estimación de una función de oferta de níscalo (*Lactarius deliciosus* L, ex Fr. Gray), un hongo de gran interés comercial en España. El objetivo principal de este trabajo es presentar evidencia empírica que permita cuantificar los efectos de variables económicas y variables micológicas en la cantidad ofertada de setas, en mercados locales. Para empezar, y por su singularidad, se analizan los determinantes principales que caracterizan el funcionamiento de los mercados de hongos silvestres. En el análisis de estos mercados se considera también la importancia y la estructura del comercio exterior en la Unión Europea. La disponibilidad de los datos es un elemento fundamental en el estudio de los mercados fúngicos y determina, en la mayoría de los trabajos realizados, la investigación de los diferentes eslabones en su cadena de valor. En nuestro caso, la función de oferta se estima, a partir de datos agregados, en las etapas finales de esta cadena de valor, en un Mercado Central. La función de oferta estimada indica una relación negativa de gran intensidad entre la temperatura y la cantidad ofertada. La elasticidad entre la cantidad ofertada y la precipitación media semanal es positiva, y superior a la elasticidad precio de la oferta. Es decir, que las variables meteorológicas presentan un impacto mayor sobre la cantidad ofertada que el propio precio.

Palabras clave: Hongos silvestres, *Lactarius deliciosus*, productos forestales no madereros, función de oferta.

Abstract

Market of *Lactarius deliciosus*. Modelling the supply in Spain

This paper aims to characterize, from a multidisciplinary perspective, the estimation of a supply function for milk cap (*Lactarius deliciosus* Gray L. ex Fr.), in Spain. The milk cap is a mushroom of great commercial relevance in Spain. The main objective of this work is to present empirical evidence in order to quantify both the effects of economic variables and mycological variables, in local markets. The paper starts, with an analysis of the main mechanisms that characterize wild mushrooms behavior. In the analysis of these markets, the relevance and structure of mushroom foreign trade in the European Union is also considered. Data availability is a fundamental point in the study of mushroom markets and determines, in most of works, research in the different stages of the value chain. In this work, the supply chain is estimated, with aggregated data, for the final stages of this value chain, in a Central Market. The estimated supply function indicates an intense negative relationship between the temperature and the supply quan-

1. Autor para correspondencia: oscar.alfranca@upc.edu

<http://dx.doi.org/10.12706/itea.2013.022>

tity. The rain elasticity at the mean is negative, and higher than the price elasticity at the mean. So, meteorological variables present an impact on the supplied quantity, which is even higher than price.

Key words: Edible mushrooms, *Lactarius deliciosus*, non-wood forest products, supply function.

Introducción

A diferencia de otros bienes cuyo origen son los sistemas forestales, resulta complicado disponer de un cuerpo de estadísticas fiables que muestre datos agregados del recurso fúngico. Estos productos forestales no madereros se caracterizan, en muchas ocasiones, por la importancia que presentan a nivel local o regional (Chamberlain et al., 1998), así como por la falta de informaciones fiables asociadas con aspectos básicos como pueden ser: su producción (Oria de Rueda et al., 2008), los precios de venta de estos productos (Blatner y Alexander, 1998), y, en general, en su cadena de valor (Te Velde et al., 2006).

Existen diversas relaciones que pueden justificar esta carencia. Por un lado, algunos de sus atributos intrínsecos de los hongos (productos perecederos, estacionales y con producciones irregulares) complican su caracterización, ya que requieren inventarios muy laboriosos. Además, la producción se concentra en ciertas épocas del año, pudiendo variar de un año a otro fundamentalmente por razones climáticas. Sin embargo, existen otras razones que inciden en este problema. Así, aspectos como su escasísima importancia agregada en un sector (el forestal) que ya de por sí presenta una reducida y decreciente relevancia, o la peculiar tipología de la cadena de valor asociada a la probable existencia de eslabones donde es muy complicado obtener datos fiables (autoconsumo, intermediarios al margen de los circuitos habituales, etc.), conforman, siguiendo a Gold et al. (2004), una "black box". Es decir, el consumidor no sabe en muchas ocasiones de dónde vienen los hongos o la manipulación que han sufrido

antes de llegar a su destino. Todo ello complica la existencia de unos datos medianamente fiables asociados a estas producciones.

Frente a estos problemas estadísticos se contraponen en los últimos años un conjunto de aspectos que justifican los análisis de este producto no maderero desde un punto de vista económico. Avances técnicos en aspectos como la conservación de los productos o la reducción del tiempo de transporte, una mayor globalización de los mercados, así como el crecimiento de las redes de marketing y distribución (Pettenella et al., 2007) permiten aumentar la eficiencia de la cadena de valor. Sin embargo, el elemento quizá más importante que subyace en el análisis de este recurso es el aumento de la demanda que está experimentando. Aunque no se conocen trabajos empíricos que justifiquen este hecho a nivel europeo, varios estudios señalan algunas razones que pueden ayudar a entender este crecimiento de la demanda: el mayor conocimiento que tienen los consumidores tanto para su recolección como para su preparación como alimentos, su característica de producto natural, los cambios en los hábitos de alimentación o a la influencia de las políticas de desarrollo rural (Lelley, 2005; Jones y Lynch, 2007; Pettenella et al., 2007).

Cabe señalar que, a pesar de este crecimiento en la demanda, son muy pocos los trabajos a nivel internacional que han analizado el mercado de los hongos comestibles bajo un punto de vista económico. Algunas excepciones a este hecho serían el trabajo de De Román y Boa (2006), donde se abordan aspectos de la cadena de valor del níscolo en zonas de la provincia de Palencia, así como el trabajo de De Frutos et al. (2008) donde se describen

diversos canales de comercialización de hongos en la provincia de Soria. Por otro lado, Sitta y Floriani (2008) han analizado aspectos asociados al comercio de ciertos hongos comestibles en Italia, centrándose en algunos del género *Boletus* ("*porcini*"). Esta misma especie también es analizada en Secco et al. (2009), bajo una perspectiva asociada al marketing, a través de dos casos de estudio en Finlandia y en Italia.

El objetivo principal del presente trabajo consiste en mejorar la caracterización económica de estos productos forestales no madereros. Para ello, después de establecer las características básicas de este mercado, se analiza la oferta de una de las especies más características en España: el níscolo.

Los estudios existentes que ofrecen datos de producción de hongos silvestres son, tanto a nivel europeo como mundial, muy escasos y, en general, muestran unas cifras demasiado agregadas. Así, Merlo y Croitoru (2005) asignan un valor medio de la producción de hongos en los países del Sur y Oeste de Europa para el año 2001 de 0,8-9,9 €/ha. Según estos autores, la producción de hongos representa alrededor del 4,5% del valor económico total de los sistemas forestales analizados. Chang y Miles (2004) presentan volúmenes de producción de hongos comestibles (6 millones de t en 1997), pero estos autores se refieren primordialmente a hongos cultivados. Otras fuentes de información de carácter internacional adolecen de problemas similares. Así, FAO proporciona datos agregados sobre trufas y setas en general; mientras que Eurostat ofrece estadísticas poco precisas sobre hongos cultivados y también sobre una mezcla de productos silvestres entre los que se encuentran setas y trufas. En el caso de España, las es-

tadísticas oficiales², presentan unos datos incompletos (faltan varias Comunidades Autónomas), pero la producción de hongos silvestres excluyendo las trufas roza los 10 millones de kg. Estas estadísticas no incluyen datos sobre el precio medio de venta de estos productos. Salvando estas limitaciones, a continuación se caracterizará el mercado de estos hongos atendiendo tanto a las estadísticas de comercio exterior, como las informaciones proporcionadas por los Mercados Centrales. Estos datos ofrecen indicios que pueden ayudar a entender algunas claves en la producción y comercialización de los hongos.

En el Cuadro 1 se muestran unos resultados correspondientes al comercio exterior de los países de la UE correspondientes al año 2007. Desafortunadamente, el grado de desagregación no es el más deseable para analizar el comercio de hongos silvestres, dado que se ha acudido al código TARIC 070959 [*"Mushrooms other than of the genus Agaricus, fresh/chilled"*]. Se asume que en este epígrafe se contiene la mayoría de hongos silvestres, excluyendo a las trufas, y algunos hongos cultivados sin incluir datos asociados a la producción de champiñones.

Un análisis de estos datos muestra algunas conclusiones interesantes. En primer lugar, la UE presenta una tasa de cobertura (exportaciones/importaciones) ligeramente inferior a la unidad (0,978 si se contabilizan en valores monetarios), lo que implica que las importaciones superan a las exportaciones. Además, la suma del valor del comercio exterior de estos productos (exportaciones más importaciones) supera los 600 millones de dólares. Atendiendo a los datos del comercio exterior de España³, estas cifras superan a las de otro producto no forestal de gran importancia en

2. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2008). http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/forestal_anuario_2008.aspx. (30 abril 2013).

3. <http://aduanas.cameras.org/>

Cuadro 1. Comercio exterior en la UE de hongos distintos del género Agaricus, frescos o refrigerados en 2007

Cuadre 1. EU International trade of fresh or frozen mushrooms (excluding Agaricus), in 2007

	Export. *1000\$	Import. *1000\$	Export. *1000 kg	Import. *1000 kg	Precio export.	Precio import.
Austria	3.992	19.529	388	4.760	10,3	4,1
Belgium	12.582	14.366	4.147	2.807	3,0	5,1
Bulgaria	13.164	362	1.299	45	10,1	8,0
Cyprus	9	1.386	3	574	3,4	2,4
Czech. Republic	127	820	22	242	5,6	3,4
Denmark	311	6.677	152	1.711	2,0	3,9
Estonia	78	63	10	10	8,1	6,2
Finland	663	929	51	134	13,0	6,9
France	24.638	53.943	1.758	10.194	14,0	5,3
Germany	3.153	59.060	711	11.466	4,4	5,2
Greece	4.008	1.480	2.858	709	1,4	2,1
Hungary	4.656	517	992	30	4,7	17,5
Ireland	2	1.532	0	348	4,3	4,4
Italy	41.348	54.160	2.094	6.344	19,7	8,5
Latvia	590	790	101	463	5,9	1,7
Lithuania	22.432	12.986	3.352	2.484	6,7	5,2
Luxembourg	233	2.066	24	270	9,7	7,4
Malta	0	2	0	0	–	4,7
Netherlands	48.069	11.723	13.815	2.688	3,5	4,4
Poland	67.193	3.537	24.563	800	2,7	4,4
Portugal	2.060	931	503	508	4,8	1,8
Romania	33.249	1.795	2.923	936	11,4	1,9
Slovakia	37	622	8	274	4,4	2,3
Slovenia	2.925	1.802	399	563	7,3	3,2
Spain	12.401	9.540	627	1.227	19,8	7,8
Sweden	719	4.950	70	774	10,2	6,4
United Kingdom	719	40.412	165	13.391	4,4	3,0
UE	299.356	305.980	61.037	63.763	4,9	4,8

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de EUROSTAT.

Source: Prepared by the authors with data from EUROSTAT.

nuestro país, como el corcho. En efecto, para ese año el comercio exterior correspondiente al código TARIC 45 (corcho y sus manufacturas), no llega a los 390 millones de euros.

Por otro lado, observando la última fila del citado Cuadro 1, si atendemos bien a las exportaciones o a las importaciones, el intercambio comercial entre los países de la UE supera los 60 millones de kg de hongos. Por otro lado, según se muestra en las dos últimas columnas del Cuadro 1 llama poderosamente la atención cómo los precios más elevados se producen en el precio medio de las exportaciones de hongos de Italia y España (cerca de 20\$/kg) a diferencia del precio medio a nivel europeo, que no llega a los 5\$/kg. De todas formas, habría que analizar con más detalle estos precios medios porque algunos autores ilustran la existencia de exportaciones de hongos de un país procedentes de importaciones de un país tercero (Sitta y Floriani, 2008). Por último, es preciso tener una cierta precaución si se pretenden inferir datos de producción de hongos a partir de las informaciones del comercio exterior de estos productos. Por ejemplo, Oria De Rueda et al. (2008) hablan de una recolección en España de una especie emblemática (*Boletus edulis* Fr.) que puede alcanzar las 8 millones de toneladas en un año. Esta cifra, como se aprecia en el Cuadro 1 supone más de 4 veces el comercio exterior (suma de importaciones y exportaciones) de todos los hongos en España.

Profundizando en el análisis, se pretende mostrar cuál sería la cadena de valor de estos productos, sin perjuicio de que en cada país, o incluso en cada región, y para cada especie de hongos puedan existir diferencias particulares, tal y como se muestra en Secco et al. (2009). Así, en la Figura 1 se plantea, de forma resumida, un esquema teórico de lo que sería una cadena de valor de los hongos desde que se recolectan hasta que llegan al consumidor. Se muestran en líneas de color negro los flujos asociados a los hongos en fresco, y en líneas de

puntos los hongos con algún grado de transformación (secado, congelado, conserva, otra preparación, etc.). Aunque esta Figura sólo tiene sentido desde el punto de vista de la rentabilidad privada (aspectos como el recreativo no están directamente incluidos), es preciso insistir en que, desde el punto de vista de la gestión, es necesario tener un conocimiento lo más preciso posible de la cadena de valor asociada a cada especie micológica, con el fin de, o bien plantearse posibles actuaciones que permitan mejorar la rentabilidad de los sistemas forestales asociada a estos productos (por ejemplo, estableciendo un permiso para la recolección), o bien justificar posibles medidas desde el punto de vista de la oferta de los productos micológicos (por ejemplo, la reducción de intermediarios). Dado que el objeto de este trabajo no es analizar el mercado de los productos preparados a partir de un hongo en fresco, no se han comentado los flujos que aparecen en la Figura 1 en líneas de puntos. Únicamente cabría puntualizar que dichos flujos no están siempre disociados, ya que hay empresas que actúan simultáneamente como meramente distribuidores y también como empresas transformadoras. Es decir, han realizado una integración vertical a lo largo de la cadena de valor de ese producto en cuestión.

Partiendo de la ya mencionada inexistencia de estadísticas fiables asociadas a la cantidad de setas que se recolectan anualmente, las posibilidades que un hongo con valor comercial dispone a la hora de llegar al consumidor final son variadas, y el porcentaje de la producción que se destina a los distintos elementos intermedios de la cadena de valor es, también desconocido, y muy dependiente de condiciones locales. En principio se diferenciarán tres vías que, según algunos autores (De Frutos et al., 2008) son las principales para algunas especies en España: los intermediarios, la venta directa a la industria y la venta directa a la restauración. Sin embargo, las posibilidades no acaban aquí, ya que los propios recolectores se pueden con-

vertir en consumidores finales (autoconsumo), o bien pueden vender los hongos al pequeño comercio existente en los pueblos y comarcas donde se sitúan los montes productores. Además, también pueden existir recolectores que vendan directamente las setas en Mercados Centrales. Por último, y aunque todavía presentan una escasa implantación, en algunas zonas los recolectores pueden vender los hongos en lonjas micológicas, instrumento sin duda de gran potencialidad para mitigar los problemas derivados de la economía sumergida que rodea a este output forestal, pero todavía con una modesta implantación en nuestro país.

Llegados a este punto, conviene destacar la figura de los intermediarios que, en muchas

ocasiones, son los agentes dedicados a comprar las setas a pie de monte y venderlas después a las empresas transformadoras (industria, en la Figura 1) o a los Mercados Centrales de las grandes capitales anteriormente citados. La cadena de valor puede ser más o menos compleja, ya que estos Mercados Centrales también pueden recibir hongos procedentes de otros países. Sin embargo, no existen demasiados trabajos que hayan profundizado en las relaciones existentes entre los distintos eslabones de la cadena. A título de ejemplo, en Secco et al. (2009) se muestran dos ejemplos para las mismas especies (*Boletus sp.*). También en Reyna (2007) se muestra un conciso esquema de lo que podría ser una cadena de valor para la trufa en España.



Figura 1. Esquema teórico de la cadena de valor de los hongos silvestres. Líneas de color negro: flujos de hongos en fresco. Líneas discontinuas de color gris: flujos de hongos con algún grado de preparación.

Figure 1. Theoretical framework of the wild mushroom chain value. Black lines are for fresh mushrooms trade. Dotted lines are for prepared mushrooms trade.

Fuente: Elaboración propia.

Source: Prepared by the authors.

Por otro lado, y ya cerca del consumidor final, se ha situado un elemento clave de la cadena de distribución, como son los establecimientos comerciales donde suelen comprar los hongos los consumidores de las grandes ciudades. A diferencia de otros productos de consumo, para los hongos silvestres coexiste una venta en establecimientos especializados con las grandes superficies. Sus características de producto estacional, perecedero, poco estandarizado y de difícil manejo y conservación pueden ayudar a explicar cómo algunas de las setas con un precio más elevado se venden predominantemente en este tipo de pequeños establecimientos especializados. Finalmente, es preciso comentar que en la citada Figura 1 no se ha pretendido mostrar de forma exhaustiva todos los flujos existentes de setas frescas y transformadas. Así, por ejemplo, nos consta que hay intermediarios que son a la vez establecimientos comerciales y que a su vez realizan exportaciones, o de las relaciones directas entre el comercio local y las lonjas micológicas.

A la vista de la Figura 1 cobra más sentido el recurrente problema de la falta de estadísticas para estos productos no madereros. A pesar de que idealmente se podrían disponer de informaciones en distintas etapas de la cadena de valor, como se ha comentado anteriormente, no abundan datos agregados fiables tanto de la oferta del mercado, ni de los hongos recolectados, como tampoco de la demanda en su eslabón final (los consumidores). Por ello, y como se verá a continuación, una de las pocas estadísticas que se dispone en algunos casos es la relativa a los Mercados Centrales. En el Cuadro 2 se muestran datos relativos a la cantidad y el precio del níscolo en tres Mercados Centrales de España, que representan el 90% de la oferta de níscolos que llega a través de esta vía. Es preciso señalar que el níscolo es el único hongo silvestre

computado individualmente a efectos estadísticos en estos Mercados durante el período considerado. Finalmente, conviene recalcar que no existe ningún impedimento para que parte de esta oferta corresponda a las importaciones de níscolos procedentes de otros países. Sin embargo, para algunas especies como el níscolo, el porcentaje de las importaciones sobre el total comercializado en Mercados Centrales como Mercabarna es claramente residual.

Cuadro 2. Cantidades de níscolo vendidas en los Mercados Centrales de Barcelona, Valencia y Madrid
Cuadre 2. Quantities of Lactarius deliciosus sold in Central Markets in Barcelona, Valencia and Madrid

Año	Producción (t)	Precio (€/kg)
2002	591	6,08
2003	379	8,55
2004	274	16,22
2005	337	15,06
2006	669	12,10
2007	472	13,92
2008	735	8,79
2009	779	12,17
2010	808	8,85
2011	481	13,97

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de MERCASA.

Source: Prepared by the authors with data from MERCASA.

No se dispone de los datos del Cuadro 2 desagregados por Mercados Centrales, pero cruzando estas informaciones con las que se disponen de Mercabarna⁴ se comprueba cómo más del 55% de los níscolos comercia-

4. <http://www.mercabarna.es/>

lizados en el período comprendido entre 2002 y 2009 en los Mercados Centrales mostrados en el Cuadro 2 corresponden a Mercabarna. Por todo ello se puede destacar que los resultados obtenidos se pueden considerar representativos del mercado del níscolo en España. Por otro lado, cabría preguntarse si realmente se puede considerar un mercado competitivo o, por el contrario, es un mercado donde predominan prácticas de competencia imperfecta. Los datos utilizados indican que las grandes empresas alimentarias apenas realizan compras en este mercado (solamente para sus establecimientos de gama alta), y que buena parte de la demanda procede de fruterías y restaurantes, por lo que concurren numerosos demandantes. En el caso de la restauración, es frecuente que empresas especializadas surtan de hongos y de otros productos a los restaurantes, y dado el número amplio de estas empresas que están situadas en los propios mercados centrales, se podría prácticamente descartar la existencia de prácticas monopolísticas.

Por último, convendría destacar algunos aspectos relativos a la demanda de este hongo en Mercabarna. Siguiendo a Voces et al. (2012) y analizando los datos relativos al período 2002-2007, se demuestra que existen unas relaciones de complementariedad entre este hongo con algunas setas cultivadas (*Pleurotus ostreatus* (Jaq.: Fries)) y también con algún hongo silvestre como el rebozuelo (*Cantharellus cibarius* Fr.), lo que implica que aumentos en el precio de estos dos tipos de hongos provocarán una disminución en la demanda del níscolo. Sin embargo, otro hongo muy apreciado como es el boleto blanco (*Boletus* sp.) no parece ser una variable determinante para explicar la demanda de níscolos en Mercabarna.

Material y métodos

A la hora de caracterizar la producción de hongos, tanto a nivel local como a nivel agregado,

es preciso tener en cuenta la influencia de un conjunto heterogéneo de variables. Dejando a un lado parámetros asociados con la recolección de los mismos, numerosos autores hablan de distintos factores que interactúan entre sí y que, en distinto grado, pueden explicar la mayor o menor producción de hongos comestibles tanto en el tiempo como en el espacio. Sin pretender ser exhaustivos, y siguiendo a algunos autores (Martínez de Aragón et al., 2007), podríamos hablar de aspectos asociados a la masa arbórea que sustenta la población fúngica, y así nos encontraríamos con factores asociados a las especies arbóreas y su edad (Last et al., 1981; Pinna et al., 2010), a la silvicultura que se ha practicado en estas masas (Shaw et al., 2003; Egli et al., 2010), o a condicionantes edáficos (Barroetaveña et al., 2008) y ecológicos (O'Dell et al., 1999). Por otro lado, unos de los factores más importantes, y que están presentes en la mayoría de trabajos que pretenden estimar qué variables pueden explicar la abundancia, diversidad o producción comercial de ciertos hongos, serían las variables climáticas. Sin embargo, es preciso tener en cuenta que estos factores no pueden explicar completamente la fructificación de hongos (Egli et al., 2010), y que las fluctuaciones anuales en la producción se deben a condicionantes tanto macro como microclimáticos (Ohenoja, 1993). En definitiva, para modelizar la oferta del níscolo en Mercabarna se van a considerar tanto variables de tipo económico, como variables de tipo climático.

Material

En relación al mercado de hongos, no se dispone de informaciones precisas sobre la cadena de valor de estos productos. Como se ha comentado anteriormente, este hecho constituye la tónica habitual para los hongos silvestres comestibles, salvo pequeñas excepciones (Cai et al., 2011). Dicho de otra forma, no es posible desagregar todos los costes asociados a la comercialización de estos productos hasta un Mercado Central. Por otro

lado, conviene recordar que nos encontramos ante un producto obtenido básicamente por el ejercicio de recolección y donde ni el propietario del terreno ni, habitualmente, el comprador de la producción realizan desembolsos para optimizar su producción.

Dada la dificultad de disponer de datos sobre los precios en origen, o sobre las características del transporte y distribución, (que no sean puntuales o particulares), este caso de estudio se centrará en las etapas finales de di-

cha cadena de valor. Es decir, las más próximas al consumidor final. Para estudiar los factores que determinan la oferta de setas se seleccionaron una serie de variables, a partir de las hipótesis del modelo y de la literatura sobre el tema, comenzando por las informaciones semanales para el período 2002-2007 (100 observaciones, excluyendo datos atípicos), sobre los kg de nísalos que se han comercializado en Mercabarna, así como sobre su precio medio (Figura 2).

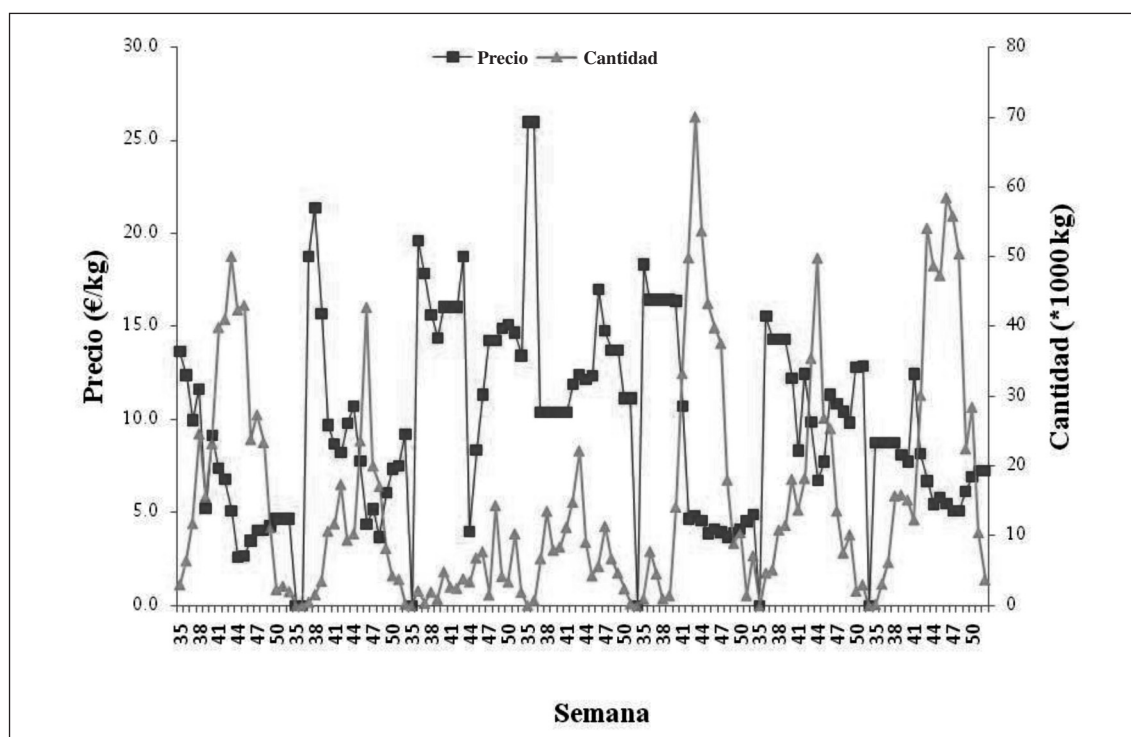


Figura 2. Nísalos vendidos en Mercabarna 2002-2007.

Figure 2. Price and quantity of *Lactarius deliciosus* sold in Mercabarna. 2002-2007.

Fuente: Elaboración propia a partir de Voces et al. (2012).

Source: Prepared by the authors from Voces et al. (2012).

Ante estas limitaciones, la hipótesis que se va a plantear cobra sentido como punto de partida de este trabajo: se asume que la función

de oferta queda definida directamente por el comportamiento del intermediario que transporta los hongos a Mercabarna y por

distintas variables climáticas que explican la mayor o menor producción de hongos. Además, y a diferencia de otros hongos comestibles (Pilz y Molina, 2002), se asume que el mercado exterior no afecta a las decisiones que pueden tomar los agentes económicos implicados. Por otro lado, y dadas las peculiares características de este mercado, no se ha podido caracterizar el comportamiento de los intermediarios, o la relación existente entre el precio del níscolo y su calidad. Por ello aceptamos que la utilización de ciertas variables proxy puede describir adecuadamente la forma de actuar de estos intermediarios.

Como se ha comentado anteriormente, el alcance espacial de este artículo excede una escala de trabajo habitual en los estudios que analizan las producciones de hongos comestibles en distintos ecosistemas forestales. Por ello, es preciso utilizar datos meteorológicos habitualmente medidos como proxy de la temperatura y la humedad existente en el suelo. Esta forma de trabajar ha sido habitual en numerosos trabajos que analizan aspectos relacionados con la producción micológica (Kranabetter y Kroeger, 2001). Esta relación directa entre estas variables climáticas y la mayor oferta de hongos se va a extender en este trabajo a las otras variables relacionadas con el agua: tanto en el aire (precipitación media, precipitación acumulada), como aquellas que miden la humedad existente en el suelo. Esta circunstancia se refleja en varios estudios empíricos relacionados con hongos micorrícicos, aunque no en el caso del níscolo (Peredo et al., 1983; Barroetaveña et al., 2008). De la misma forma, se ha supuesto una relación inversa entre la evapotranspiración y la producción de hongos. Por último, se ha querido utilizar una variable climática para intentar tener en cuenta la vecería de esta especie, ya que algunos autores apuntan la idea que una elevada precipitación en un año predice una baja producción micológica en el otoño siguiente (Ohenoja, 1993).

En este trabajo, las variables analizadas se han calculado semanalmente para las campañas micológicas del período 2002–2007. El procedimiento ha sido el siguiente: a partir de los datos semanales de Mercabarna se han obtenido las provincias de donde proceden los níscolos que se comercializan en este Mercado Central.

La información sobre el origen de los intermediarios fue facilitada por técnicos de Mercabarna, que nos proporcionaron las direcciones para algunos de los principales. A partir de esta información, llegamos a la certeza de que el origen de los hongos se deriva de la procedencia real de los mismos y no del origen del intermediario. Considerando este supuesto básico, se han seleccionado, a través del Mapa Forestal de España (MFE) aquellas masas de *Pinus sp.* susceptibles de albergar potencialmente una producción de níscolos en las 12 provincias seleccionadas (Barcelona, León, Lérida, Lugo, Huesca, Segovia, Soria, Tarragona, Teruel, Valencia, Zamora, Zaragoza), incluyendo tanto las teselas donde el pino es especie principal como aquellas en donde es especie secundaria o acompañante de la principal. Sobre esta capa base se ha generado una malla de puntos, representados por las estaciones meteorológicas, utilizando para ello las coordenadas de las mismas. Sin embargo, debido a que muchas de las estaciones meteorológicas no se encuentran en el interior de un polígono caracterizado como pinar, pero sí en sus proximidades, se consideran todas las estaciones que o bien estén incluidas dentro de pinar o se encuentren a una distancia menor o igual a 2 km de una masa de pinar. Este supuesto es el que fundamenta la estimación de una única ecuación, con efectos constantes, puesto que las diferencias cada una de las localizaciones productivas, son de una importancia muy reducida.

Para cada estación seleccionada espacialmente se revisan las series de datos climatológicos re-

lativos a precipitación diaria, temperatura máxima diaria y temperatura mínima diaria, para el periodo de tiempo comprendido entre los años 2002 y 2007, seleccionándose aquellas estaciones que dispongan de un volumen de datos suficiente para su uso en el cálculo de las variables climatológicas elegidas. El origen de estos datos es la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). En algunos casos, las series con datos incompletos utilizadas en el cálculo de las variables han sido completadas utilizando la media de los datos del resto de años de la serie. Teniendo en cuenta que se ha tomado para cada temporada micológica una duración de 18 semanas, el número de datos meteorológicos procesados es ingente, superando la cifra de 511.000. Finalmente, con el fin de obtener un único valor semanal de las anteriores variables, se calculó un promedio provincial de los datos correspondientes a las distintas estaciones meteorológicas, ponderándose anualmente los resultados en base a la importancia relativa de cada provincia como origen de los nísalos que llegan a Mercabarna. A continuación se detallan las variables climáticas utilizadas.

Comenzando por la temperatura, con los datos relativos a las temperaturas máximas y mínimas diarias se calculan los promedios de la temperatura máxima semanal y de la temperatura mínima semanal. La temperatura media semanal se calcula como la media de estos dos. La misma metodología se sigue para la precipitación: con los datos relativos a la precipitación diaria se calcula la precipitación acumulada semanal y la precipitación media semanal. Por otro lado, para el cálculo de la evapotranspiración potencial media semanal se ha recurrido a la fórmula experimental de Thornthwaite (Thornthwaite, 1948). En relación a la humedad edáfica, se ha tomado como proxy de la misma la diferencia entre la precipitación acumulada en un periodo de 7 días y la evapotranspiración potencial durante ese mismo periodo. Para valores positi-

vos se considera que el volumen calculado de agua (en mm) se incorpora al suelo. En caso contrario, se estima que no ha existido incorporación neta de agua al suelo. Los valores negativos se han tomado como cero. Además, es preciso señalar que se han tenido en cuenta otras variables relativas a la precipitación, pero consideradas fuera del periodo analizado. En concreto, se han tomado como variables *dummy* las variables precipitación estival acumulada y precipitación en el año anterior, a fin de introducirlas en el horizonte temporal del análisis.

Metodología

Por otro lado, en este trabajo se ha caracterizado la oferta de nísalos mediante datos agregados. En la actualidad, no existen datos que permitan una estimación más detallada de este tipo de funciones. Para analizar la función de oferta de nísalos, hemos estimado un modelo econométrico, mediante datos semanales, en el que la variable dependiente es la cantidad ofertada de nísalos. Las variables explicativas son un conjunto de variables relacionadas tanto con el mercado de setas como con las condiciones meteorológicas. Dado que, como se ha comentado anteriormente, el objetivo de este modelo econométrico es el de cuantificar el comportamiento de los productores de setas en el mercado catalán. Para ello, se han considerado variables económicas, (como el precio), además de las ya citadas variables relacionadas con las condiciones meteorológicas del bosque, un determinante esencial en la producción micológica.

Puesto que no existe un modelo teórico claro para explicar la función de oferta, la selección de variables se ha realizado siguiendo un método empírico para seleccionar las variables. Este método es habitualmente utilizado en la selección de variables cuando no existe un modelo teórico claro, y se basa en un proceso que va de "lo general a lo parti-

cular". Algunas referencias a esta metodología pueden encontrarse en Hendry y Mizon (1993), Johansen y Juselius (1994) y Hendry y Krolzig (2004). La idea fundamental de este método consiste en comenzar por un modelo que puede ser muy amplio, y considerar la presencia de un numeroso grupo de variables, y pasar después a modelos anidados más sencillos, hasta alcanzar un modelo que no contradice las hipótesis básicas, y con un buen comportamiento econométrico.

En el diseño de la función de oferta empírica se consideraron 10 variables. La definición de

estas variables puede encontrarse en el Cuadro 3. Por tanto, si consideramos también la variable dependiente, el universo del modelo estaría formado por 10+1 variables. De lo anterior, partimos de un primer conjunto formado por 2¹⁰ modelos posibles en función de la inclusión o no de cada variable. En este modelo también hemos incluido un término de interacción. Este término de interacción se estima para inferir la forma en que los efectos de una variable sobre la variable dependiente, dependen de la magnitud de otra variable independiente (Ai y Norton, 2003).

Cuadro 3. Variables utilizadas para la estimación del modelo de oferta
Cuadre 3. Variables used in the estimation of the supply model

Variable	Descripción	Fuente
Variables económicas		
<i>qLactariusB</i>	Cantidad semanal de <i>Lactarius deliciosus</i> en Mercabarna (kg)	Mercabarna
<i>qLactariusB</i>	Precio semanal de <i>Lactarius deliciosus</i> en Mercabarna (€) [*]	Mercabarna
<i>qLactariuslwB</i>	Precio semanal de <i>Lactarius deliciosus</i> en la última semana en Mercabarna (€)	Mercabarna
Variables climáticas		
<i>tmed</i>	Temperatura media semanal (°C)	Elaboración propia a partir de los datos de la AEMET
<i>tmin</i>	Temperatura mínima semanal (°C)	
<i>rainfm</i>	Precipitación media semanal (mm)	
<i>rainfw</i>	Precipitación acumulada semanal (mm)	
<i>rainfs</i>	Precipitación acumulada semanal durante el verano (mm)	
<i>rainfpy</i>	Precipitación del año anterior (mm)	
<i>peto</i>	Evapotranspiración potencial (mm)	
<i>diff</i>	Diferencia entre la precipitación acumulada y la evapotranspiración potencial (mm)	

[*] Todos los precios son precios reales (deflactados al año 2002).
[*] All prices are real prices (expressed at 2000 year prices).

La principal variable económica explicativa en el modelo es el precio semanal de los nís-calos. Este precio se calcula como una media entre las diferentes calidades de nís-calos que se venden en el Mercado Central de Barce-lona. El signo esperado del coeficiente es

positivo, puesto que la estimación se realiza para una función de oferta. La función de oferta representa el comportamiento de una empresa que utiliza un conjunto de inputs con el objetivo de maximizar su beneficio. Otras variables que es necesario considerar para explicar el comportamiento de los productores de níscales son las relacionadas con las condiciones climáticas, ya definidas anteriormente, y sobre las que resulta muy difícil anticipar su signo esperado en el modelo propuesto. Otra dificultad que supone la incorporación de estas variables es el comportamiento incierto de los productores (que podrían tratar de anticipar su estrategia en función de la evolución meteorológica). Para recoger la posible existencia de este comportamiento basado en las expectativas de los productores en relación a la temperatura, incorporamos un término de interacción entre los precios y la temperatura.

Además de las propias variables explicativas, consideramos de interés contrastar la existencia de interacciones significativas entre una variable meteorológica como la temperatura y el precio del níscolo. En el término de interacción tratamos de introducir una parte de la información relacionada con estas variables, pero que no quedaría recogida simplemente por la presencia de estas variables en la función de oferta. En este caso, la interacción entre precio y temperatura recoge el efecto marginal del precio sobre la cantidad ofertada, cuando los productores consideran el posible efecto negativo que una subida de la temperatura puede ejercer sobre la cantidad ofertada.

Tras introducir el modelo, ahora pasaremos a caracterizar aquellas variables que podrían ser fundamentales al explicar la función de oferta de unos productos no-madereros del bosque como podrían ser las setas, y en concreto, los níscales, y que están recogidas en el Cuadro 3. La variable dependiente es la oferta de níscales que se han comercializado

en Mercabarna durante el periodo 2002-2007. Los fundamentos teóricos para explicar el funcionamiento de este mercado son escasos, debido al carácter informal tanto del proceso productivo, (posible obtención de setas sin considerar ningún tipo de regulación), como del proceso de comercialización (la propia empresa comercializadora puede actuar al margen de cualquier organismo o institución). Por otro lado, el conjunto de variables explicativas puede clasificarse en dos bloques principales: las variables económicas y las variables meteorológicas. Con el objetivo de comercializar la oferta de níscales en Mercabana, hemos considerado tres variables económicas: una de ellas representa la cantidad de setas comercializadas ($q_{LactariusB}$), y las otras dos el precio semanal de las setas ($p_{LactariusB}$) y el precio de las setas en la última semana ($p_{Lactariuslwb}$).

Un aspecto que merece destacarse en el mercado de los níscales en fresco es la imposibilidad de realizar políticas de almacenamiento. Es decir, estamos suponiendo un mercado de hongos silvestres sin que estos productos estén sometidos a ningún tipo de proceso industrial para su comercialización. La no realización de políticas de stock refuerza la importancia de la formación del capital humano por parte de los recolectores, puesto que el conocimiento sobre las características micológicas de las setas puede considerarse como un elemento fundamental en la formación del productor de hongos.

Dentro de las variables climáticas utilizadas para la estimación del modelo, es imprescindible utilizar variables proxy como la temperatura o la humedad del suelo. En concreto, en nuestro trabajo, partimos de dos posibles variables como son la temperatura media semanal (t_{med}) y la temperatura mínima semanal (t_{min}). Otro condicionante fundamental para explicar la producción de hongos micorrícicos es la disponibilidad de agua (obtenida a partir de precipitaciones). Como va-

riables proxy hemos seleccionado las siguientes variables: media de la precipitación semanal (*rainfm*), media de la precipitación acumulada semanal (*rainfw*), precipitación acumulada semanal durante los meses de verano (*rainfs*) y la precipitación acumulada durante el verano (*rainfpy*). Esta variable se calcula a partir de las precipitaciones en el mes de julio y las dos primeras semanas de agosto. Si esta variable supera la media de los últimos seis años, entonces toma valor 1, y si es inferior, entonces el valor es igual a 0. De acuerdo al conocimiento que se tiene sobre aspectos ecológicos y productivos de estos hongos comestibles, se ha tomado la hipótesis habitual según la cual estas variables presentan un efecto positivo sobre la cantidad de nísalos que llegan a Mercabarna. Por último, la precipitación del año anterior también se ha tomado como posible variable explicativa, ya que algunos autores apuntan la idea que una elevada precipitación en un año predice una baja producción micológica en el otoño siguiente (Ohenoja, 1993). Por otro lado, en nuestro modelo, la hipótesis inicial es que este efecto de la temperatura sobre la cantidad de nísalos será negativo, puesto que si aumenta la temperatura los productores de nísalos anticipan una caída en la producción si se produce una subida excesiva de esta variable climática. Para acabar, las dos últimas variables consideradas son la evapotranspiración potencial (*peto*), y la diferencia entre la precipitación acumulada y la evapotranspiración potencial (*diff*).

La estimación del modelo se ha realizado siguiendo el método SURE, (Seemingly Unrelated Regression Equation), para ecuaciones que aparentemente no están relacionadas. Este método fue propuesto inicialmente por Zellner (1962), y desarrollado posteriormente por Dwivedi y Srivastava (1978). El método ha sido escogido por sus buenas propiedades cuando las variables explicativas son exógenas, y los errores presentan problemas de he-

teroscedasticidad y correlación contemporánea. El método SURE se basa en dos hipótesis básicas. La primera de ellas se refiere a que cuanto mayor es la correlación entre los términos de error, mayor es la eficiencia en la estimación. La segunda hipótesis afirma que cuanto menor es la correlación entre las variables explicativas, mayor es la ganancia que se obtiene por la utilización de este método.

El método SURE en este trabajo, (con una sola ecuación), puede considerarse como un caso particular de los modelos SURE multi-ecuacionales, tal como propone Munnell (1990). La ecuación se estima de forma consistente, y los resultados son equivalentes a los que se obtendrían si la estimación se realizase mediante Mínimos Cuadrados Generalizados. El estimador es insesgado, consistente, eficiente y asintóticamente normal. La estimación se ha realizado utilizando el programa informático EViews7.

La ecuación estimada puede aceptarse como representativa de la totalidad de la población forestal, debido a que muchas de las estaciones meteorológicas de donde proceden los datos se encuentran en el interior de un polígono, siguiendo el MFE, caracterizados como pinar, o bien en sus proximidades. En el trabajo se consideran todas las estaciones que, o bien estén incluidas dentro de pinar, o se encuentren a una distancia menor o igual a 2 km de una masa de pinar. Este supuesto es el que fundamenta la estimación de una única ecuación, con efectos constantes, puesto que las diferencias entre las condiciones para la producción micológica en cada una de las localizaciones productivas, son muy reducidas.

Resultados

En la ecuación estimada, la cantidad de nísalos que se venden en Mercabarna (*qLactariusB*), se explica a partir de tres variables y un término de interacción entre dos de estas va-

riables. En concreto, las tres variables explicativas son: el precio del níscolo (*pLactariusB*), y dos variables climáticas como son la precipitación media (*rainfm*) y la temperatura media (*tmed*). Además de estas variables explicativas, se considera también la existencia de un término de interacción entre el precio de los níscolos ofertados y la temperatura. La relación entre estas variables se incluye en la ecuación para representar la existencia de un

posible comportamiento estratégico por parte de la oferta, que podría anticipar su actuación en función de la temperatura.

Los resultados de la estimación de la función de oferta de níscolos en Mercabarna permiten rechazar la hipótesis de no significación conjunta del modelo (cuadro 4). El modelo estimado para la función de oferta de níscolos muestra que el efecto del precio en la oferta es positivo y estadísticamente significativo al

Cuadro 4. Modelo estimado de una función de oferta de *Lactarius deliciosus* en Mercabarna
Cuadre 4. Estimated model of *Lactarius deliciosus* supply in Mercabarna

Variables	Unidades	Coefficientes	Elasticidad en la media
Constante		-1,980 (-3,383)***	
pLactariusB	euros	0,674 (-2,927)**	0,152
rainfm	mm	0,118 (-2,236)**	0,189
tmed	°C	-0,083 (-1,846)*	-0,35
pLactariusB*tmed		-0,008 (-0,853)	
Wald test		12,740	
Durbin Watson		2,414	
Error standard de la regresión		1,007	
Suma de residuos al cuadrado		94,234	
Estadístico t entre paréntesis		<i>t test are in parenthesis</i>	
***: p<0,01.		***: p<0,01	
** : p<0,05.		** : p<0,05.	
*: p<0,10.		*: p<0,10.	
Donde:		<i>Where:</i>	
pLactariusB: precio semanal de <i>Lactarius deliciosus</i> en Mercabarna (euros), en logs.		<i>pLactariusB: Weekly prices of Lactarius deliciosus in Mercabarna (euros), in logs.</i>	
rainfm: precipitación media semanal.		<i>Rainfm: Rainfall weekly mean.</i>	
tmed: temperatura media semanal.		<i>Tmed: Temperature weekly mean.</i>	

5% lo que indica que los recolectores de hongos aumentarán la producción ofertada si se producen aumentos en el precio.

En la regresión, también se ha incorporado el posible comportamiento de los productores en relación con la temperatura experimentada en el periodo estacional. El coeficiente estimado de la temperatura media semanal es negativo y estadísticamente significativo al 10%, lo que puede considerarse como un indicio de que los aumentos en la temperatura podrían inducir crecimientos en la oferta. Este resultado podría interpretarse como si los recolectores ofertantes estuvieran anticipando un incremento en la producción total.

Sin embargo, el efecto de la interacción entre el precio y temperatura en la oferta de nísalos no es estadísticamente significativo. Estos resultados permiten descartar que los productores de setas incorporen algún tipo de expectativas sobre la evolución futura del precio, en función de las temperaturas experimentadas durante el periodo de recolección. Por otro lado, el valor de la elasticidad precio de la oferta es igual a 0,152. Este valor significa que si el precio se incrementa en un 1%, entonces la cantidad ofertada crecerá un 0,152%, lo que indicaría una respuesta más bien inelástica por parte de los productores.

El efecto de la precipitación sobre la oferta de nísalos es positiva y estadísticamente significativa al 5%, lo que confirmaría la hipótesis micológica esperada. Resulta destacable que, si bien el coeficiente de esta variable es inferior al del precio, el valor de la elasticidad de la producción de nísalos respecto de la precipitación es claramente superior (0,189).

El efecto de la temperatura sobre la producción de nísalos es negativo y estadísticamente significativo al 10%. El valor de este coeficiente es inferior a los que presentan las variables relacionadas con el precio y con las precipitaciones, pero su elasticidad media es de un -0,35. Es decir, que los cambios en la

temperatura son los que provocan una mayor respuesta en la cantidad ofertada (en términos porcentuales).

Discusión

En este trabajo se han tratado de exponer, bajo una lógica económica, diversos aspectos asociados a un producto forestal no maderero como son las setas silvestres. A pesar del hándicap que supone la ausencia de estadísticas fiables y de estudios que analicen en profundidad dicha cadena de valor, se ha caracterizado una función de oferta para el nísalo en Mercabarna. En este modelo de oferta se calcula, a partir de datos reales, el grado de respuesta de los productores a los cambios en el precio, y la diferente sensibilidad de la producción de nísalos ante los cambios en precipitación y temperatura. Una conclusión sorprendente de este trabajo es que las variables que presentan una mayor incidencia en la cantidad ofertada no es el precio, sino variables meteorológicas como la precipitación y la temperatura.

En relación a la fijación de los precios, en este trabajo se ha comprobado cómo la formación sobre los condicionantes fundamentales en que se desarrolla la producción micológica presenta una influencia muy débil (al menos en lo que se refiere a la temperatura). Además, la relación inversa de la temperatura media y la oferta de hongos también se explica empíricamente a partir de experiencias que muestran la existencia de una relación inversa entre la temperatura en determinados meses del año y la producción de determinados hongos (Ohenoja, 1993), llegando incluso a la no existencia de una producción de hongos si las temperaturas alcanzan valores más altos de lo habitual (Straatsma et al., 2001). En resumen, la hipótesis sobre la existencia de una posible relación entre el precio ofertado y la temperatura, (que indi-

caría un posible comportamiento estratégico por parte de la oferta, en función de la temperatura), es rechazada.

Una implicación práctica de este trabajo es que los efectos que las variables climáticas pudieran provocar a nivel monte en relación a la producción de hongos comestibles también se manifiestan a nivel agregado, como muestran los resultados de este trabajo. Esta información pudiera ser de utilidad a la hora de intentar predecir el comportamiento de este mercado al conocer cómo se están comportando las variables climáticas analizadas en las zonas productoras de nísalos.

Por otra parte, conviene destacar que en estas estimaciones no se ha podido diferenciar el nísalo que se comercializa en Mercabarna según su calidad. Es decir, somos conscientes que los precios que ofrece este Mercado Central son precios semanales promedio, pero no están diferenciados según la calidad del producto u otros atributos como pudiera ser la procedencia de los nísalos. El análisis de la oferta micológica podría reforzarse mediante la incorporación de este tipo de variables en la estimación econométrica, pero en la actualidad resulta imposible por la ausencia de informaciones al respecto. De igual modo, aunque tradicionalmente se ha considerado que las políticas de stock de setas no son factibles, (a causa de las dificultades de conservación), sería importante contrastar si esta hipótesis es válida durante cualquier periodo del año, y para cualquier especie micológica.

Las dificultades principales en el estudio de los mercados micológicos se relacionan con la obtención de los datos y con la complejidad en el funcionamiento del mercado. Así, aunque podría ser muy recomendable, hoy en día resulta impensable perfeccionar un estudio como este con informaciones procedentes,

bien de los recolectores, o bien de los intermediarios, en relación con el precio en origen de este hongo. Es decir, que el análisis se enriquecería si se establece la función de oferta no sólo para los estadios finales de la cadena de valor, sino también para los eslabones iniciales de la misma. Sin embargo, no existe un cuerpo fidedigno de estadísticas micológicas o forestales que pudieran ayudar a esta labor.

Una excepción a este hecho generalizado pudiera ser el proyecto "MyasRC⁵" que podría proporcionar una información muy útil de los precios asociados a permisos de recolección de hongos silvestres en distintas comarcas castellano-leonesas. También es preciso apuntar que la implantación de una marca de calidad que certifique el origen de los hongos, tal y como se está realizando en Castilla y León (Esteban et al., 2011) podría mejorar el conocimiento de la cadena de valor de este hongo, y traducirse en una mejora en la estimación de la función de oferta, puesto que permitiría considerar la interrelación entre los agentes que participan en la toma de decisiones de la cadena de valor: desde la producción del hongo hasta su comercialización.

Asimismo, sería muy importante replicar estos modelos con datos desagregados asociados a parcelas de experimentación en determinados montes. Esto permitiría introducir otras variables en el modelo que no se han podido considerar por limitaciones en los datos de partida, fundamentalmente del Mapa Forestal de España. Por ejemplo, y dejando a un lado variables asociadas a la estación como la pendiente, la altitud, etc. (Bonet et al., 2008), aspectos como la edad de la masa (Martínez de Aragón et al., 2007) o la selvicultura aplicada (Bonet et al., 2010) en cada caso son decisiones asociadas al manejo que se realiza en cada monte y, lógicamente, van a tener su influencia en la oferta futura de hongos mico-

5. <http://www.myasrc.es/>

rrícos. Por último, es preciso comentar que la producción para este hongo procede de masas naturales, a diferencia de otros hongos con interés comercial presentes en España, donde parte de la citada producción procede de plantaciones micorrizadas, como es el caso de la trufa. Es decir, que algunos aspectos asociados a la silvicultura fúngica (Savoie y Largeteau, 2011) no presentan, a día de hoy, importancia en la determinación de la oferta de este hongo.

Agradecimientos

Los autores agradecen la ayuda que el Ingeniero de Montes D. Ignacio Rivero Aparicio nos ha prestado en el procesado de las variables climáticas utilizadas en este trabajo, así como el apoyo de los Profesores de la ETS Ingenieros de Montes D. José Carlos Robredo y D. José Alfonso Domínguez. Los autores agradecen los datos, informaciones y comentarios aportados por Josep Faura (Mercabarna) y José Luis Illescas Llanos, Olga Bacho Jiménez y Susana Ferrer Asís (técnicos de MERCASA). Obviamente, cualquier error u omisión al respecto es responsabilidad de los autores. El trabajo de Luis Díaz-Balteiro y Óscar Alfranca está financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad bajo el proyecto AGL2011-25825.

Bibliografía

- Ai C, Norton E, 2003. Interaction terms in logit and probit models. *Economics Letters*, 80, 1: 123-129.
- Bonet JA, Palahí M, Colinas C, Pukkala T, Fischer C, Miina J, Martínez de Aragón J, 2010. Modelling the production and species richness of wild mushrooms in pine forests of the Central Pyrenees in northeastern Spain. *Canadian Journal of Forest Research* 40: 347-356.
- Bonet JA, Pukkala T, Fischer C, Palahí M, Martínez de Aragón J, Colinas C, 2008. Empirical models for predicting the production of wild mushrooms in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) forests in the Central Pyrenees. *Annals of Forest Science* 65(2), 206.
- Barroetaveña C, La Manna L, Alonso MV, 2008. Variables affecting *Suillus luteus* fructification in ponderosa pine plantations of Patagonia (Argentina). *Forest Ecology and Management*, 256: 1868-1874.
- Blatner KA, Alexander S, 1998. Recent price trends for non-timber forest products in the Pacific Northwest. *Forest Products Journal* 48 (10): 28-34.
- Cai M, Pettenella D, Vidale E, 2011. Income generation from wild mushrooms in marginal rural areas. *Forest Policy Economics* 13: 221-226.
- Chamberlain J, Bush R, Hammett AL, 1998. Non-timber forest products: The other forest products. *Forest Products Journal* 48 (10): 10-19.
- Chang ST, Miles FG, 2004. *Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact* 2nd Ed. CRC Press, Boca Raton, FL.
- De Frutos P, Martínez Peña F, Esteban Laleona S, 2008. Propuesta de ordenación comercial de los aprovechamientos micológicos a través de lonjas agrarias: análisis económico y financiero para la provincia de Soria. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros* 217: 73-103.
- De Román M, Boa E, 2006. The marketing of *Lactarius deliciosus* in northern Spain. *Economic Botany* 60: 284-290.
- Dwivedi T, Srivastava K, 1978. Optimality of least squares in the seemingly unrelated regressions model. *Journal of Econometrics* 7: 391-395.
- Egli S, Ayer F, Peter M, Eilmann B, Rigling A, 2010. Is forest mushroom productivity driven by tree growth? Results from a thinning experiment. *Annals of Forest Science*, 67 (5): 1-9.
- Esteban A, Ágreda T, Aldea J, Martínez-Peña F, 2011. La comercialización de hongos: Marca de Garantía "Setas de Castilla y León. En: Martínez-Peña F, Oria de Rueda JA, Ágreda T (Coord.). *Manual para la Gestión del Recurso Micológico*

- gico Forestal en Castilla y León. SOMACYL-Junta de Castilla y León, pp. 237-255.
- Gold MA, Godsey LD, Josiah SJ, 2004. Markets and marketing strategies for agroforestry specialty products in North America. *Agroforest Systems* 61: 371-382.
- Hendry DF, Krolzig HM, 2004. We ran one regression. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 66: 799-810.
- Hendry DF, Mizon GE, 1993. Evaluating econometric models by encompassing the VAR., en *Models, Methods and Applications of Econometrics*, Ed. Phillips, P.C., Blackwell, Basil, United Kingdom, 528 pp.
- Johansen S, Juselius K, 1994. Identification of the long-run and the short-run structure, An application to the ISLM model. *Journal of Econometrics*, 63: 7-36.
- Jones ET, Lynch KA, 2007. Nontimber forest products and biodiversity management in the Pacific Northwest. *Forest Ecology Management* 246: 29-37.
- Krannabetter JM, Kroeger P, 2001. Ectomycorrhizal mushroom response to partial cutting in a western hemlock. *Canadian Journal of Forest Research* 31: 978-987.
- Last FT, Mason PA, Smith R, Pelham J, Bhoja Shetty KA, Hussain AMM, 1981. Factors affecting the production of fruitbodies of *Amanita muscaria* in plantations of *Pinus patula*. *Proceeding Indian Academic Sciences (Plant Sciences)* 90: 91-98.
- Lelley JI, 2005. Modern applications and marketing of useful mushrooms. *International Journal of Medicinal Mushrooms* 7: 39-47.
- Martínez de Aragón J, Bonet JA, Fischer CR, Colinas C, 2007. Productivity of ectomycorrhizal and selected edible saprotrophic fungi in pine forests of the pre-Pyrenees mountains, Spain: Predictive equations for forest management of mycological resources. *Forest Ecology and Management* 252: 239-256.
- Merlo M, Croitoru L (Eds.), 2005. *Valuing Mediterranean forests: Towards Total Economic Value*, 406 pp. CABI Publishing, Wallingford.
- Munnell AH, 1990. Why Has Productivity Growth Declined? Productivity and Public Investment. *New England Economic Review* (enero-febrero), 3-22.
- O'Dell TE, Ammirati JF, Schreiner EG, 1999. Species richness and abundance of ectomycorrhizal basidiomycete sporocarps on a moisture gradient in the *Tsuga heterophylla* zone. *Canadian Journal of Botany* 77: 1699-1711.
- Ohenoja E, 1993. Effect of weather conditions on the larger fungi at different forest sites in Northern Finland in 1976-1988, *Acta Universitatis Ouluensis: Scientiae rerum naturalium Serie A* 243: 1-69.
- Oria de Rueda JA, Martín-Pinto P, Olaizola J, 2008. Bolete productivity of cistaceous scrublands in northwestern Spain. *Economic Botany* 62: 323-330.
- Peredo H, Olliva M, Huber A, 1983. Environmental factors determining the distribution of *Suillus luteus* fructifications in *Pinus radiata* grazing-forest plantations. *Plant Soil* 71: 367-370.
- Pettenella D, Secco L, Maso D, 2007. NWFP&S Marketing: lessons learned and new development paths from case studies in some European countries. *Small-Scale Forestry* 6: 373-390.
- Pilz D, Molina R, 2002. Commercial harvests of edible mushrooms from the forests of the Pacific Northwest United States: issues, management, and monitoring for sustainability. *Forest Ecology and Management* 155: 3-16.
- Pinna S, Gévry MF, Côté M, Sirois L, 2010. Factors influencing fructification phenology of edible mushrooms in a boreal mixed forest of Eastern Canada. *Forest Ecology and Management* 260: 294-301.
- Reyna S (Coord.), 2007. *Truficultura. Fundamentos y Técnicas*, 545 pp. Mundi-Prensa, Madrid.
- Savoie JM, Largeteau ML, 2011. Production of edible mushrooms in forests: trends in development of a mycosilviculture. *Applied Microbiology & Biotechnology* 89: 971-979.
- Secco L, Pettenella D, Maso D, 2009. Net-system' models versus traditional models in NWFP marketing: the case of mushrooms,. *Small-Scale Forestry* 8: 349-365.

- Shaw PJA, Kibby G, Mayes J, 2003. Effects of thinning treatment on an ectomycorrhizal succession under Scots pine. *Mycological Research* 107: 317-328.
- Sitta M, Floriani M, 2008. Nationalization and globalization trends in the wild mushroom commerce of Italy with emphasis on porcini (*Boletus edulis* and allied species). *Economic Botany* 62: 307-322.
- Straatsma G, Ayer F, Egli S, 2001. Species richness, abundance, and phenology of fungal fruit bodies over 21 years in a Swiss forest plot. *Mycological Research* 105: 515-522.
- Te Velde DW, Rushton J, Schreckenberg K, Marshall E, Edouard F, Newton A, Arancibia E, 2006. Entrepreneurship in value chains of non-timber forest products. *Forest Policy and Economics* 8: 725-741.
- Thorntwaite CW, 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review* 38: 55-94.
- Voces R, Díaz-Balteiro L, Alfranca O, 2012. Demand for wild edible mushrooms. The case of *Lactarius deliciosus* in Barcelona (Spain). *Journal of Forest Economics* 18: 47-60.
- Zellner A, 1962. An Efficient Method of Estimating Seemingly Unrelated Regressions and Test for Aggregation Bias. *Journal of the American Statistical Association* 58: 348-368.

(Aceptado para publicación el 30 de marzo de 2013)



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

CIHEAM/IAMZ - Cursos 2012-13-14

CIHEAM

	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 | - PLANIFICACIÓN INTEGRADA PARA EL DESARROLLO RURAL Y LA GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE: 12-13; 14-15; 16-17 |
| - OLIVICULTURA Y ELAIOTECNIA: 13-14; 15-16; 17-18 | - MARKETING AGROALIMENTARIO: 13-14; 15-16; 17-18 |
| - NUTRICIÓN ANIMAL: 13-14; 15-16; 17-18 | - ACUICULTURA: 12-13; 14-15; 16-17 |
| - MEJORA GENÉTICA ANIMAL Y BIOTECNOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN: 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 elaiotecnica 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- CECOPECA
	* 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. Podrán concursar todos los artículos que versen sobre cualquier tema técnico-económico-agrario.
2. Los artículos que podrán acceder al premio serán todos aquellos que se publiquen en ITEA en el año 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 Ud. pertenecer a la Asociación, rellene la ficha de inscripción y envíela a **Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario**. Avda. Montañana 930. 50059 Zaragoza.

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

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 (39 euros)

Apellidos Nombre

NIF

Dirección postal

Teléfono Fax E-mail

Empresa

Área en que desarrolla su actividad profesional

En, a de de 20

Firma:

FORMA DE PAGO (CUOTA ANUAL: 39 EUROS)

☐ Cargo a cuenta corriente (rellenar la domiciliación bancaria)

☐ Transferencia a la cuenta de AIDA

DOMICILIACIÓN 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"**.

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). Adaptive 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 cultivos 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<0,001; NS = no significativo).

Volumen 109

Número 3

Septiembre 2013

itea

información técnica económica agraria
www.aida-itea.org

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO

