itea

información técnica económica agraria

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO



Volumen 114
Número 1
Marzo 2018

aida-itea.org

itea

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

2018- AÑO XLIX Vol. 114 N.º 1 http://dx.doi.org/10.12706/itea	**DIRECCIÓN Y REDACCIÓN** Avda. Montañana, 930 50059 ZARAGOZA (ESPAÑA) Tel.: 34-976 716305 Fax.: 34-976 716335 E-mail: cmmarin@aragon.es	Depósito legal: Z-577-82 ISSN: 2386-3765 INO Reproducciones, S.A. Pol. Malpica, calle E, 32-39 (INBISA II, nave 35) 50016 Zaragoza

DIRECTOR: Clara Mª Marín, CITA de Aragón. España

EDITORES CIENTÍFICOS: Alfonso Abecia, Universidad de Zaragoza. España
José Manuel Alonso, CITA de Aragón. España
Alicia Cirujeda, CITA de Aragón. España
Ramón Isla, CITA de Aragón. España
Ana Isabel Sanjuán, CITA de Aragón. España
Albina Sanz, CITA de Aragón. España

EDITOR TÉCNICO: María Salillas, Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario. España

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

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

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

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



Foto y texto de Carlos Palacios

Durante los últimos 20 años el sector de ovino de leche en Castilla y León ha sufrido una espectacular transformación, modernizando las explotaciones con sistemas de ordeño automatizados y mucho más seguros sanitariamente. El ordeño a mano olvidado actualmente en casi todas las ganaderías recuerda una relación más intima con el animal, unas manos expertas, una atención individual y una comunión entre el hombre y el animal que no deberíamos de olvidar.

Sumario

Producción Vegetal

Evaluación del efecto *in vitro* del DMPP (3,4-Dimetilpirazol fosfato) sobre la microbiota fúngica aislada de un suelo.
Evaluation of in vitro *effect of DMPP (3,4-Dimethylpyrazole phosphate) on fungal microbiota isolated from a soil.*
C.A. Ruiz, J.C. Tello y F. Camacho 2

Aspectos cualitativos de la composición de los cultivares de almendro de Mallorca (España).
Qualitative traits of the composition of the almond cultivars from Majorca (Spain).
R. Socias i Company, G. Estopañán, T. Juan, J.M. Alonso y O. Kodad 17

Producción Animal

Efecto de la combinación de triticale con trébol encarnado sobre la producción y composición de la leche de vacas en pastoreo.
Effect of mixing triticale with crimson clover on milk production and composition of grazing dairy cows.
G. Salcedo, A. Villar, M. Mier y J. Doltra 33

Efecto de la maduración en la conservación de la carne de potro.
Ageing effect on foal meat preservation.
M. Ruiz, M.J. Beriain, K. Insausti, J.M. Lorenzo, M.J. Cantalejo y M.V. Sarriés 45

Economía Agraria

Eficiencia del sector ganadero valenciano: Aproximación no paramétrica.
Efficiency in the Valencian pig and poultry sector: a non-parametric approximation.
C. Calafat-Marzal, M.L. Martí-Selva y R. Puertas-Medina 61

Los efectos de la unidad mínima de cultivo en las tierras agrícolas de baja rentabilidad: el caso del olivar.
The effects of Minimun Crop Unit in the low profitability agricultural lands: the case of olive grove.
M. Perujo-Villanueva y S. Colombo 78

Evaluación del efecto *in vitro* del DMPP (3,4-Dimetilpirazol fosfato) sobre la microbiota fúngica aislada de un suelo

C.A. Ruiz*, J.C. Tello y F. Camacho

Research Group AGR200 "Plant Production in Mediterranean Crop Systems". University of Almería. Carretera de Sacramento s/n 04120, Almería, Spain

Resumen

En un invernadero localizado en el sureste español con suelo arenado cultivado con pepino (*Cucumis sativus* L.), en un ciclo corto de producción y abonado mediante fertirriego, con una nutrición mixta nítrico/amoniacal con y sin DMPP (3,4-Dimetilpirazol fosfato), se hicieron 3 muestreos de suelo hasta una profundidad de 20 cm para analizar las poblaciones microbianas mediante el método de diluciones sucesivas. Sobre diversos hongos obtenidos del análisis, la toxicidad del DMPP fue analizada *in vitro* en dos diferentes medios de cultivo y a diversas concentraciones (0, 1, 2, 5, 10, 15, 20, 50, 100, 150, 200 y 300 unidades). La aplicación del DMPP aumentó la presencia del número de unidades formadoras de colonias de distintos hongos en los suelos, aunque el incremento no fue consistente. Bajo condiciones *in vitro*, de forma general, la aplicación de DMPP produjo un mayor crecimiento micelial sobre los hongos ensayados, y aunque a las concentraciones mayores de DMPP se produjo una inhibición en el crecimiento, el efecto sólo fue fungistático, y no difirió notoriamente del nitrato amónico con el que se comparó.

Palabras clave: *Alternaria, Aspergillus, Fusarium oxysporum, Fusarium solani,* inhibición del crecimiento, *Penicillium*.

Abstract
Evaluation of *in vitro* effect of DMPP (3,4-Dimethylpyrazole phosphate) on fungal microbiota isolated from a soil

In the Spanish southeast, a greenhouse with a sandy soil was cultivated with a cucumber crop (*Cucumis sativus* L.) in a short productive season and fertilized by fertigation with a nitrate/ammonium mixed nutrition with and without DMPP (3,4-Dimethylpyrazole phosphate). Three soil samplings were made up to 20 cm depth to analyse microbial populations by the successive dilutions method. Over various fungi obtained by the analysis, the DMPP toxicity was tested *in vitro* on two diverse culture medium and various concentrations (0, 1, 2, 5, 10, 15, 20, 50, 100, 150, 200 and 300). DMPP application increased the number of colony forming units of various fungi in soils, but this behaviour was not consistent. Under *in vitro* conditions generally the DMPP application produced a higher mycelial growth on the tested fungi and although at higher DMPP concentrations produced inhibition in growth, the effect was only fungistatic, and did not differ markedly from the ammonium nitrate which it was compared with.

Keywords: *Alternaria, Aspergillus*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, growth inhibition, *Penicillium.*

* Autor para correspondencia: cruizolmos@gmail.com
https://doi.org/10.12706/itea.2018.001

Introducción

El suelo es un conjunto vivo que alberga una gran cantidad de microorganismos que cumplen diversas funciones manteniendo el equilibrio del sistema suelo, confiriendo y manteniendo de esta forma su fertilidad. Dentro de los procesos para tal fin se encuentra la nitrificación, que es desarrollada principalmente, en los suelos agrícolas y en especial en los alcalinos, por bacterias (*Nitrosomonas, Nitrosospira* y *Nitrosococcus*) y arqueas conocidas como oxidantes de amonio (Subbarao *et al*., 2013), las cuales se denominan como nitrificantes autotróficas (Hayatsu *et al*., 2008). Poco se conocía sobre el efecto que otros microorganismos del suelo podían tener sobre el ciclo del N, aunque actualmente se sabe que los hongos pueden desempeñar diversas transformaciones sobre el N (Huang y Long, 2014): como la desnitrificación (Shoun *et al*., 1992; Mothapo *et al*., 2013), realizada por *Fusarium oxysporum* y *Fusarium solani* entre otros (Bollag y Tung, 1972), y la oxidación de amonio (Hora e Iyengar *et al*., 1960; Lang y Jagnow, 1986), conocida como nitrificación heterotrófica (Stojanovic y Alexander, 1958; Hayatsu *et al*., 2008), que se realiza principalmente en suelos ácidos (Zhu *et al*., 2015) y en diversos ecosistemas forestales (Sommer *et al.,* 1976, citado por Subbarao *et al*., 2013), donde los hongos más conocidos son los de los géneros *Aspergillus y Penicillium* (Focht y Verstraete, 1977). Estás ideas expuestas fueron afianzadas cuando se apreció que las aplicaciones de diversos fungicidas al suelo producían un efecto inhibitorio de la nitrificación (Wainwright y Pugh, 1973; Banerjee y Banerjee, 1987).

El DMPP (3,4-Dimetilpirazol fosfato) es un inhibidor de la nitrificación que actúa sobre las bacterias del género *Nitrosomonas* en el suelo (Zerulla *et al*., 2001), y su efectividad ha sido estudiada por diversos autores mediante al análisis del gen *amoA,* el cual codifica la primera subunidad de la enzima amonio monooxigenasa (AMO), utilizando la técnica de RT-PCR (Reacción en cadena de polimerasa en tiempo real) (Kleineidan *et al*., 2011; Florio *et al*., 2014; Chen *et al*., 2015). Aunque esta técnica sería ineficaz para analizar la actividad nitrificadora de los hongos heterotróficos al carecer de dicha enzima (Laughlin *et al*., 2008).

Actualmente, en agricultura intensiva, se están aplicando, además del DMPP, un gran número de insumos al suelo con el fin de elevar las producciones y la calidad de dichos productos, sin tener en cuenta el efecto que estos puedan tener sobre las poblaciones microbianas de cada suelo.

Conociendo estos aspectos, sería posible cuestionarse si los inhibidores de la nitrificación aplicados al cultivo pudieran tener efecto sobre las poblaciones microbianas en general y específicamente sobre los hongos que son habitantes comunes de los suelos agrícolas del sureste español, los cuales pueden tener un rol importante sobre diversos procesos biológicos. A la vista de estas ideas, el propósito que se persigue en este trabajo es analizar el comportamiento de las poblaciones microbianas de un suelo con cultivo de pepino aplicado con una fertilización mixta nítrico/amoniacal utilizando DMPP y NH_4NO_3. Así como evaluar el efecto que tiene la aplicación de diversas concentraciones de DMPP y NH_4NO_3 *in vitro* en dos diversos medios de crecimiento sobre el desarrollo de diversos hongos, aislados del suelo del invernadero donde se realizaron los ensayos.

Materiales y métodos

Recogida de muestras

Las muestras para análisis fueron tomadas de un invernadero de 1.800 m^2 de superficie con suelo arenado, localizado en el sureste español, el cual fue solarizado previamente durante 30 días y posteriormente cultivado con

pepino (*Cucumis sativus* L.), tipo Almería cv. 'Borja', para un ciclo corto de producción en otoño del 2010 con 113 días de duración. El cultivo fue abonado mediante fertirriego, de manera diaria durante todo el ciclo de cultivo, con una fertilización mixta nítrico/amoniacal (ratio 1:1). Se hicieron dos tratamientos distintos, establecidos en un diseño de bloques aleatorios con tres repeticiones. El tratamiento 1 (NH_4NO_3 + DMPP) se aportó mediante el abono líquido Novatec Fluid® (10% m/m NO_3^-, 10% m/m NH_4^+ y DMPP al 0,8% m/m) a una dosis de 1,1 ml·L^{-1} y el tratamiento 2 utilizando NH_4NO_3 (34,2%) a una dosis de 0,64 g·L^{-1}; lo que permitió que las dosis de N manejadas fuesen equivalentes; alcanzando una aplicación final de 0,046 kg de N·m^{-2} y, para el tratamiento con Novatec Fluid®, una aplicación final de 0,001 kg de DMPP·m^{-2}. Durante el ciclo, tres muestreos de suelo fueron realizados: a los 14, 56 y 110 dds (días después de sembradas las plantas). Cada muestra estaba formada por la mezcla de 3 submuestras de 20 cm de profundidad, tomadas en el punto medio entre el emisor de riego y la base de la planta, apartando previamente la capa de arena. Para tomar las muestras se utilizó una barrena de 6,5 cm de diámetro por 30 cm de largo.

Análisis de muestras

Las muestras de suelo fueron secadas a temperatura ambiente (25ºC) hasta alcanzar peso constante. Posteriormente fueron trituradas en mortero, tamizadas con un tamiz con luz de 200 micras y analizadas por el método de diluciones sucesivas (Tello *et al*., 1991) en el cual la muestra de suelo se va diluyendo 10 veces en agua. Este método utiliza agar malta como medio de cultivo, al cual se le agregó ácido cítrico como inhibidor del crecimiento bacteriano para conocer las poblaciones microbianas presentes en los suelos. El conteo se realizó mediante microscopio, a los 5 días posteriores al análisis, expresándose mediante U.F.C.·g^{-1} de suelo (Unidades Formadoras de Colonias por gramo de suelo). La identificación se realizó de manera morfológica; para hongos distintos del género Fusarium se usaron las claves propuestas por Barnett y Hunter (1972) y Samson *et al*. (1995), mientas que para los hongos del género *Fusarium* se emplearon las claves descritas por Gerlach y Nirenberg (1982).

Pruebas de toxicidad

De los suelos analizados se purificaron, para evaluar su toxicidad, 5 géneros y especies de diversos hongos: *Fusarium oxysporum, Fusarium solani, Alternaria tenuis, Aspergillus niger*, *Penicillium sp.* y *Trichoderma sp.* (este último proporcionado por el Grupo de Investigación AGR200 de la UAL). Los hongos fueron sembrados en placas de Petri de 9 cm de diámetro con medios de cultivo sintéticos de AA (Agar Agua) y AM (Agar con Extracto de Malta) para favorecer su crecimiento (Tello *et al*., 1991).

Cada medio fue mezclado (10 ml de medio de cultivo) en una placa Petri con diversas concentraciones de NH_4NO_3 + DMPP o NH_4NO_3: 0 (Control), 1, 2, 5, 10, 15, 20, 50, 100, 150, 200 y 300 veces de la dosis inicial empleada en el cultivo de pepino del cual fueron obtenidos los hongos, utilizando Novatec Fluid® (dosis inicial de 1,1 ml·L^{-1}) o NH_4NO_3 (34,2 % de riqueza a una dosis inicial de 0,64 g·L^{-1}). Para cada concentración, tipo de medio de cultivo y hongo se realizaron 3 repeticiones representada cada una por una placa de Petri.

Una vez solidificado el medio, en el centro de una placa de Petri, de 9 cm de diámetro con el medio y la concentración de DMPP o NH_4NO_3 deseada, se colocó una pastilla del hongo a ensayar de 5 mm de diámetro, tomada con un sacabocados del borde de una colonia en crecimiento del respectivo hongo crecido en PDA. La incubación se realizó a una temperatura de 20-25°C. Las lecturas sobre el crecimiento se realizaron a las 72, 120 y 168 ho-

ras midiendo 2 diámetros perpendiculares. Al final, de la última lectura se tomó una porción del hongo en aquellos tratamientos donde hubo inhibición total del crecimiento y se colocó sobre un medio de agar enriquecido con extracto de malta para comprobar si la inhibición se había producido por un efecto fungicida o fungistático de las diversas concentraciones de DMPP o NH_4NO_3.

Los datos obtenidos fueron evaluados mediante un análisis de la varianza (ANOVA) empleando el método de las mínimas diferencias significativas utilizando el programa estadístico STATGRAPHICS Centurion XVI.II.

Resultados y discusión

Microbiota de los suelos

Los análisis de microbiota de suelos (Tabla 1) arrojaron como resultados la presencia de diversos géneros y especies de hongos: *Penicillium sp., Cladosporium sp., Alternaria tenuis, Aspergillus sp., Acremonium sp., Fusarium oxysporum, Fusarium solani, Humicola sp., Rhizopus sp., Cylindrocarpon sp.*, además de Bacterias, que debido a la metodología empleada sólo permitió su cuantificación y su identificación específica parcial.

Las poblaciones de *Penicillium sp.* en los suelos tendieron a ir en aumento, ya sea por la aplicación de NH_4NO_3 o por la de DMPP, aunque en todos los muestreos las poblaciones fueron mucho mayores cuando el DMPP había sido aplicado en los suelos.

Para el caso de *Cladosporium sp.* cuando NH_4NO_3 fue aplicado en el suelo las poblaciones tendieron a ir en aumento a través de los 3 diversos análisis. Cuando el DMPP fue aplicado, los resultados no mostraron presencia del hongo en los suelos del segundo muestreo, sólo en aquellos pertenecientes al primero y tercer muestreo, siendo en este último donde apareció un mayor número de U.F.C.·g^{-1} de suelo. Al igual que las poblaciones de *Penicillium*, cuando hay presencia de *Cladosporium* las poblaciones fueron mayores en aquellos suelos donde se aplicó DMPP como tratamiento.

Para *Alternaria tenuis*, los análisis de suelo mostraron dos patrones diferentes en las poblaciones encontradas. La aplicación de NH_4NO_3 mostró un aumento en las poblaciones del primer al segundo muestreo, las cuales desaparecieron en los resultados del análisis del tercer muestreo. Mientras que cuando fue utilizado el DMPP los resultados mostraron una mayor presencia del hongo en el primer y tercer muestreos en comparación al segundo muestreo, siendo mayor el número de U.F.C. g^{-1} de suelo en el último muestreo.

Las poblaciones de *Aspergillus sp.* tuvieron un mismo comportamiento, incrementándose del primer al segundo muestreo, cuando fue utilizado DMPP o NH_4NO_3, siendo prácticamente las mismas en ambos tratamientos. Sólo para el tercer muestreo las poblaciones del hongo decayeron en los tratamientos en que NH_4NO_3 fue aplicado, mientras que el análisis del tratamiento con DMPP mostró una población mayor a los 2 primeros muestreos.

En el caso de *Acremonium sp.,* no se apreció su presencia con ninguno de los dos tratamientos en los dos primeros muestreos. Fue en el tercero donde se apreció un mayor número de U.F.C.·g^{-1} de suelo en las muestras donde el DMPP fue aplicado.

Fusarium oxysporum no apareció en los análisis del primer muestreo con ninguno de los dos tratamientos, ni en el segundo muestreo en los suelos donde NH_4NO_3 fue aplicado. Aunque el hongo apareció en el segundo muestreo con suelos tratados con DMPP, las poblaciones fueron muy pequeñas. Es en el tercer muestreo donde en ambos tratamientos las poblaciones se incrementan siendo mucho mayores donde el DMPP fue aplicado.

Tabla 1. Efecto de la aplicación de una nutrición mixta nítrico/amoniacal con y sin DMPP en un suelo cultivado con pepino sobre la media de las poblaciones microbianas (U.F.C. g^{-1} de suelo) y su desviación típica

Table 1. Effect of the application of a nitrate/ammonium mixed nutrition with and without DMPP on a soil with a cucumber crop over the average of microbial populations and its standard deviation

	1er muestreo		2do muestreo		3er muestreo	
Género y especie	NH_4NO_3	NH_4 NO_3+ DMPP	NH_4NO_3	NH_4 NO_3+ DMPP	NH_4NO_3	NH_4 NO_3+ DMPP
Penicillium sp.	3,3 ± 5,77 a	99,0 ± 171,47 a	76,6 ± 20,8 a	120,0 ± 158,7 a	190,0 ± 320,4 a	8366,6 ± 5350,1 a
Cladosporium sp.	10,0 ± 10,0 a	583,3 ± 975,9 a	66,6 ± 115,4 a	0,0 ± 0,0 a	1040,0 ± 1749,6 a	2100,0 ± 1153,2 a
Alternaria tenuis	6,6 ± 11,5 a	20,0 ± 34,6 a	16,6 ± 20,8 a	3,3 ± 5,7 a	0,0 ± 0,0 a	33,3 ± 57,7 a
Aspergillus sp.	20,0 ± 17,3 a	23,3 ± 32,1 a	440,0 ± 762,1 a	406,6 ± 420,6 a	26,6 ± 11,5 b	600,0 ± 346,4 a
Acremonium sp.	0,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 a	3080,0 ± 3838,37 a	11166,7 ± 15876,5 a
Fusarium oxysporum	0,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 a	3,3 ± 5,7 a	410,0 ± 710,1 a	1966,6 ± 3406,3 a
Fusarium solani	0,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 a	3,3 ± 5,7 a	26,6 ± 46,1 a	83,3 ± 144,3 a	0,0 ± 0,0 a
Humicola sp.	0,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 a	23,3 ± 40,4 a	0,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 a
Rhizopus sp.	0,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 a	3,3 ± 5,7 a	0,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 a
Cylindrocarpon sp.	0,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 a	16,6 ± 28,8 a	0,0 ± 0,0 a
Bacterias	48436,7 ± 51464,4 a	10533,3 ± 15783,1 a	76606,7 ± 51730,9 a	235130,0 ± 317006,0 a	1713,3 ± 2967,5 a	0,0 ± 0,0 a

Letras diferentes entre valores de filas por muestreo y tratamiento para cada género representan diferencias significativas al 95% de confianza con el test de mínimas diferencias significativas.

Las poblaciones de *Fusarium solani* fueron nulas en los resultados del primer muestreo para NH_4NO_3 y DMPP, pero en el segundo tratamiento aparecen U.F.C.·g^{-1} de suelo del hongo para ambos tratamientos siendo mayor donde se aplicó DMPP. Finalmente, las poblaciones del hongo desaparecieron en el tercer muestreo para el tratamiento con DMPP y se incrementaron en el suelo tratado con NH_4NO_3.

Para los hongos de los géneros *Humicola* y *Rhizopus* sólo se apreciaron poblaciones muy bajas en los resultados del segundo muestreo en el tratamiento donde el DMPP fue aplicado. Finalmente, sólo hubo presencia de *Cylindrocarpon* en el tercer muestreo donde sólo se aplicó NH_4NO_3 sin el inhibidor de la nitrificación.

De forma general se puede inferir que la aplicación del tratamiento del DMPP al suelo favoreció la presencia de un mayor número de U.F.C.·g^{-1} de suelo en la mayoría de los hongos encontrados en los análisis, excepto para *Fusarium solani* y *Cylindrocarpon sp.* donde la aplicación de NH_4NO_3 dio mayor número de U.F.C.·g^{-1} de suelo al final del ciclo de cultivo.

Para las poblaciones bacterianas ambos tratamientos mostraron una respuesta parecida en los 3 diferentes muestreos, produciéndose un incremento en las poblaciones del primer al segundo muestreo, disminuyendo las mismas en el último muestreo y análisis hecho. Diferenciándose en que en el caso de aplicar el DMPP al suelo las poblaciones bacterianas no se expresaron en las muestras de suelo al final del cultivo en que fueron empleados los tratamientos; sin embargo, el cómputo total es favorable al tratamiento con DMPP.

Los diversos géneros de hongos que se expresaron en los análisis son habituales pobladores de los suelos agrícolas de la región sureste española (Marín-Guirao, 2016), los cuales tienen comúnmente un comportamiento saprófito (Barnett y Hunter, 1972). Si nos centramos en el comportamiento de las poblaciones fúngicas, se observa como éstas variaron en función del tratamiento aplicado en los diversos muestreos efectuados. De forma general, fue apreciable como todas las poblaciones fúngicas parten de valores mínimos e incluso no se apreciaron en el primer muestreo, lo cual podría ser debido al efecto desinfectante producido por la utilización de plásticos en el suelo mediante solarización durante los meses más cálidos del año antes de comenzar el cultivo, aunque también es necesario tomar en cuenta los errores comunes al uso de la técnica de análisis empleada que podría promover o inhibir la expresión de la cantidad y diversidad de hongos presentes en las muestras de suelo (Marín-Guirao, 2016).

En algunos géneros de hongos como *Penicillium*, *Acremonium* y *Fusarium oxysporum* no se observó diferenciación alguna en el comportamiento debido al tratamiento aplicado, ya sea de NH_4NO_3 o DMPP, lo que sugiere que la aplicación de DMPP no afectaría a estos hongos y que el incremento de las poblaciones que se aprecia al final del cultivo podría ser respuesta de la acumulación de N en el suelo o simplemente sería un comportamiento común de estos géneros de hongos en los suelos agrícolas de la región.

Sin embargo, para los géneros *Fusarium solani, Humicola, Rhizopus* y *Cylindrocarpon* la aplicación de DMPP al suelo, a pesar de aumentar las poblaciones a mitad del ciclo de cultivo exceptuando *Cylindrocarpon*, disminuyó completamente la presencia de los hongos al final del ciclo de cultivo. En este caso sería atribuible el efecto al DMPP, pero esta aseveración debe tomarse con precaución sobre todo cuando las poblaciones de los géneros *Humicola* y *Rhizopus* fueron imperceptibles por el método analítico en aquellas muestras donde NH_4NO_3 fue aplicado al suelo, afirmando la idea antes expuesta de que las poblaciones podrían seguir un comportamiento propio asociado al cultivo, excepto para los géneros *Fusarium solani* y *Cylindrocarpon* en donde la aplicación de N en forma

de NH_4NO_3 sin la aplicación del inhibidor elevó las poblaciones al final del ciclo de cultivo. De cualquier forma, sería difícil establecer el efecto directo sobre hongos del suelo en la aplicación tanto de la nutrición mixta nítrico/amoniacal con y sin DMPP, ya que no se han encontrado trabajos que evalúen estos microorganismos tanto en condiciones de campo como en laboratorio. La interpretación de la microbiota fúngica del suelo es compleja y no puede obtenerse una interpretación reproducible como mostró para un suelo arenado Marín-Guirao (2016).

En cuanto al efecto de ambos tratamientos sobre las poblaciones bacterianas, podría argumentarse que los resultados siguieron los mismos patrones en diferente magnitud, donde las poblaciones sufren un incremento a mitad del cultivo y finalmente decaen hasta el punto de desaparecer en los resultados del análisis a final de ciclo en los suelos donde el DMPP fue aplicado. Aunque existen trabajos en los que se ha analizado el efecto del DMPP sobre la disminución de las poblaciones de bacterias nitrificantes mediante el uso de técnicas moleculares como lo es la RT-PCR (Dong *et al.,* 2013; Florio *et al*., 2014) u otros métodos analíticos (Beltran-Rendon *et al.,* 2011), es difícil conceder una fiabilidad de dichos resultados ya que en el caso de las técnicas moleculares, al encontrarse grandes cantidades de la enzima AMO, los resultados no pueden ser correlacionados de forma directa con la actividad oxidante de amonio en el suelo (Florio *et al*., 2014) el cual presentaría un mayor error en caso de tener suelos ácidos (De Boer y Kowalchuk, 2001). Es necesario considerar que el trabajo al ser realizado en condiciones de laboratorio deja ausente el efecto de un cultivo en suelo, que para nuestro caso si está presente, el cual puede tener una interacción con las poblaciones del suelo. Con estos argumentos no se puede tener certeza sobre si el DMPP disminuyó las poblaciones de bacterias nitrificantes, ya que además de la inexactitud del método para mostrar las poblaciones reales en un suelo, tampoco permitió diferenciar entre géneros de bacterias que pudieran cumplir con diversos procesos biológicos. Si esto, finalmente, se relaciona con los datos estadísticos presentados, es visible como los valores de la desviación típica demuestran una alta heterogeneidad dentro de las propias muestras recordando que cada muestra es representativa de sí misma (Rodríguez, 1996) disminuyendo la fiabilidad de los resultados.

Efecto del DMPP in vitro *sobre las diversas especies de hongos de concentraciones diversas de NH_4NO_3 y DMPP*

No se ha encontrado bibliografía sobre el efecto que el DMPP pueda tener sobre el comportamiento de los diversos hongos ensayados, donde habría que establecer como premisa que al carecer de la enzima AMO (Laughlin *et al*., 2008) el efecto inhibidor debería ser prácticamente nulo. Analizando de manera general los resultados (Tablas 2 y 3), se apreció que el tipo de medio de cultivo tuvo un efecto directo sobre el crecimiento de los hongos, y es que a pesar de ser el medio de agar malta una fuente débil de azucares que promueve el crecimiento micelial, éste sólo tuvo efecto favoreciendo el desarrollo de *Trichoderma sp* y *Fusarium solani,* comparable al testigo (Figura 2), caso contrario con los hongos *Fusarium oxysporum, Aspergillus niger, Alternaria tenuis* y *Penicillium sp* donde el medio con agar agua favoreció en mayor medida su crecimiento (Figura 1). Aunque la aplicación de NO_3^- al medio puede producir una temprana fructificación del hongo (Prakash y Jha, 2014), el mayor crecimiento de *Aspergillus niger* pudo deberse al aporte de N orgánico presente en el extracto de malta utilizado para la realización del medio de cultivo. Este sustrato utilizado y la presencia de una alta relación C/N son factores que afectan la composición de la pared y el citoplasma celular (Paustian y Schnürer,

Tabla 2. Efecto sobre la media del crecimiento diametral (mm) y su desviación típica de diversos hongos en agar agua debido a la aplicación de NH_4NO_3 o NH_4NO_3 + DMPP a las 168 horas
Table 2. Effect on the average of the diametrical growth and its standard deviation (mm) of diverse fungi in water agar due to the application of NH_4NO_3 or NH_4NO_3 + DMPP at 168 hours

	Fusarium solani		*Fusarium oxysporum*		*Alternaria tenuis*	
[ ]	NH_4NO_3	NH_4NO_3 + DMPP	NH_4NO_3	NH_4NO_3 + DMPP	NH_4NO_3	NH_4NO_3 + DMPP
0	21,2 ± 2,7		71,3 ± 0,3		66,2 ± 1,9	
1	61,5 ± 1,0 a	60,2 ± 0,6 a	64,0 ± 2,6 a	60,0 ± 1,8 a	60,7 ± 0,3 a	57,0 ± 0,5 b
2	57,2 ± 1,2 a	57,2 ± 0,8 a	53,8 ± 1,0 a	52,2 ± 0,8 a	54,5 ± 5,2 a	48,3 ± 0,3 a
5	50,7 ± 0,3 a	49,5 ± 0,5 b	48,3 ± 0,8 b	51,7 ± 0,8 a	33,0 ± 1,5 a	29,0 ± 2,8 a
10	47,5 ± 0,9 a	46,3 ± 1,4 a	39,8 ± 3,0 a	44,0 ± 2,2 a	14,7 ± 1,0 a	12,8 ± 1,0 a
15	39,7 ± 1,9 a	41,5 ± 0,5 a	40,7 ± 1,0 b	44,7 ± 0,3 a	12,3 ± 0,8 a	12,0 ± 0,5 a
20	35,7 ± 1,9 b	42,3 ± 0,3 a	30,8 ± 1,4 b	39,2 ± 1,0 a	9,0 ± 1,3 a	9,8 ± 0,8 a
50	19,3 ± 1,5 b	33,8 ± 0,6 a	23,5 ± 0,5 b	33,7 ± 1,5 a	8,7 ± 6,4 a	4,7 ± 0,8 a
100	15,3 ± 1,4 b	24,3 ± 1,0 a	13,8 ± 1,0 b	22,8 ± 0,6 a	1,2 ± 0,3 a	3,3 ± 1,9 a
150	14,2 ± 1,0 a	14,8 ± 0,8 a	14,7 ± 1,0 a	13,3 ± 1,0 a	0,5 ± 0,9 a	0,0 ± 0,0 a
200	10,8 ± 1,0 a	7,7 ± 0,6 b	10,5 ± 1,3 a	6,8 ± 1,0 b	0,0 ± 0,0 b	4,0 ± 1,0 a
300	3,7 ± 0,8 a	0,7 ± 0,6 b	7,5 ± 0,5 a	0,0 ± 0,0 b	0,8 ± 1,4 a	0,3 ± 0,6 a
	Trichoderma sp.		*Aspergillus niger*		*Penicillium sp.*	
[ ]	NH_4NO_3	NH_4NO_3 + DMPP	NH_4NO_3	NH_4NO_3 + DMPP	NH_4NO_3	NH_4NO_3 + DMPP
0	70,7 ± 2,0		29,3 ± 0,3		19,2 ± 2,0	
1	68,2 ± 1,9 a	71,8 ± 4,3 a	30,3 ± 0,6 a	30,7 ± 0,8 a	26,5 ± 8,5 a	30,8 ± 9,9 a
2	68,8 ± 2,0 a	71,0 ± 0,5 a	29,3 ± 0,6 a	29,7 ± 0,8 a	26,2 ± 6,5 a	7,3 ± 0,8 b
5	74,7 ± 1,5 a	75,8 ± 2,8 a	29,8 ± 0,8 b	33,8 ± 1,0 a	28,3 ± 2,5 a	28,7 ± 4,5 a
10	71,8 ± 1,6 a	76,2 ± 3,3 a	32,3 ± 0,6 b	35,7 ± 1,4 a	19,7 ± 6,4 a	22,5 ± 3,5 a
15	72,0 ± 0,5 a	68,7 ± 1,2 b	34,7 ± 0,8 a	32,5 ± 9,6 a	22,8 ± 2,3 a	24,5 ± 3,5 a
20	61,3 ± 1,4 a	63,7 ± 0,3 a	36,2 ± 1,0 b	42,8 ± 0,8 a	20,2 ± 1,3 a	22,5 ± 2,6 a
50	51,5 ± 0,9 a	41,5 ± 2,8 b	31,7 ± 1,2 a	27,0 ± 0,9 b	13,5 ± 0,9 a	14,5 ± 2,2 a
100	22,7 ± 4,2 a	10,3 ± 3,5 b	23,7 ± 1,6 a	13,5 ± 0,0 b	14,2 ± 2,1 b	18,0 ± 0,5 a
150	22,3 ± 3,4 a	0,0 ± 0,0 b	16,7 ± 0,3 a	5,2 ± 0,3 b	11,2 ± 2,0 a	10,8 ± 0,3 a
200	9,5 ± 0,5 a	1,0 ± 1,7 b	13,0 ± 6,5 a	8,8 ± 1,3 a	5,3 ± 0,3 a	4,5 ± 1,3 a
300	0,3 ± 0,6 a	0,0 ± 0,0 a	3,5 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 b	3,2 ± 0,3 a	0,5 ± 0,9 b

[]: Concentración empleada en el tratamiento.

Letras diferentes entre valores de filas por tratamientos y concentraciones para cada hongo representan diferencias significativas al 95% de confianza con el test de mínimas diferencias significativas.

Tabla 3. Efecto sobre la media del crecimiento diametral (mm) y su desviación típica de diversos hongos en agar malta debido a la aplicación de NH_4NO_3 o NH_4NO_3 + DMPP a las 168 horas
Table 3. Effect on the average of the diametrical growth and its standard deviation (mm) of diverse fungi in malta agar due to the application of NH_4NO_3 or NH_4NO_3 + DMPP at 168 hours

	Fusarium solani		*Fusarium oxysporum*		*Alternaria tenuis*	
[ ]	NH_4NO_3	NH_4NO_3 + DMPP	NH_4NO_3	NH_4NO_3 + DMPP	NH_4NO_3	NH_4NO_3 + DMPP
0	50,8 ± 1,6		57,3 ± 0,6		34,2 ± 0,3	
1	10,5 ± 0,0 b	32,3 ± 3,8 a	28,3 ± 1,5 b	32,0 ± 0,9 a	14,2 ± 0,8 a	14,0 ± 2,8 a
2	12,2 ± 0,8 b	21,3 ± 2,2 a	30,7 ± 1,1 b	43,3 ± 2,1 a	14,8 ± 0,3 a	15,5 ± 0,5 a
5	22,8 ± 0,6 b	35,2 ± 2,8 a	36,5 ± 3,3 a	37,2 ± 3,0 a	15,3 ± 0,8 a	16,7 ± 0,8 a
10	29,3 ± 1,5 b	38,2 ± 1,9 a	34,0 ± 1,3 a	36,5 ± 3,9 a	17,3 ± 0,6 b	21,7 ± 1,5 a
15	36,0 ± 0,9 b	39,2 ± 1,2 a	34,0 ± 1,0 b	38,7 ± 1,0 a	20,2 ± 1,6 b	27,2 ± 3,3 a
20	36,5 ± 1,0 a	41,8 ± 3,3 a	33,8 ± 1,2 b	38,3 ± 0,3 a	22,8 ± 3,5 a	27,2 ± 1,4 a
50	35,8 ± 1,2 a	36,3 ± 1,1 a	28,7 ± 0,3 a	28,3 ± 0,3 a	20,3 ± 1,9 a	19,5 ± 1,5 a
100	29,5 ± 2,5 a	25,2 ± 0,8 b	23,0 ± 2,0 a	16,8 ± 0,3 b	12,5 ± 1,0 a	10,8 ± 0,6 a
150	31,2 ± 0,3 a	16,5 ± 1,3 b	24,0 ± 0,9 a	9,5 ± 0,5 b	11,7 ± 0,8 a	8,2 ± 0,3 b
200	27,7 ± 1,2 a	8,3 ± 0,6 b	18,0 ± 1,0 a	7,2 ± 1,5 b	10,2 ± 1,2 a	4,7 ± 0,3 b
300	19,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 b	8,0 ± 0,9 a	2,5 ± 2,3 b	7,2 ± 0,3 a	0,0 ± 0,0 b
	Trichoderma sp.		*Aspergillus niger*		*Penicillium sp.*	
[ ]	NH_4NO_3	NH_4NO_3 + DMPP	NH_4NO_3	NH_4NO_3 + DMPP	NH_4NO_3	NH_4NO_3 + DMPP
0	80,0 ± 0,0		20,0 ± 1,7		12,3 ± 0,3	
1	80,0 ± 0,0 a	80,0 ± 0,0 a	23,0 ± 3,5 b	31,0 ± 2,5 a	20,2 ± 4,8 a	4,3 ± 0,3 b
2	80,0 ± 0,0 a	80,0 ± 0,0 a	31,0 ± 3,5 a	30,3 ± 1,0 a	17,2 ± 4,2 a	4,8 ± 1,0 b
5	80,0 ± 0,0 a	80,0 ± 0,0 a	34,2 ± 1,0 a	36,8 ± 1,5 a	20,5 ± 4,4 a	5,7 ± 0,3 b
10	80,0 ± 0,0 a	80,0 ± 0,0 a	44,3 ± 0,2 a	44,2 ± 1,7 a	22,0 ± 1,8 a	6,2 ± 0,6 b
15	79,2 ± 1,4 a	80,0 ± 0,0 a	51,3 ± 1,2 a	47,2 ± 0,2 a	15,5 ± 5,4 a	7,7 ± 1,0 a
20	80,0 ± 0,0 a	80,0 ± 0,0 a	54,3 ± 2,7 a	56,5 ± 0,0 a	14,2 ± 5,0 a	7,3 ± 1,2 a
50	66,7 ± 7,3 a	59,5 ± 3,5 a	60,2 ± 8,3 a	58,0 ± 0,0 a	11,8 ± 2,1 a	9,8 ± 2,2 a
100	39,2 ± 3,7 a	25,2 ± 2,9 b	62,0 ± 0,0 a	38,7 ± 3,7 b	4,0 ± 0,0 b	4,8 ± 0,3 a
150	43,3 ± 3,9 a	14,8 ± 0,8 b	49,0 ± 0,5 a	27,5 ± 1,0 b	3,0 ± 0,0 b	4,0 ± 0,5 a
200	35,7 ± 6,0 a	8,5 ± 0,5 b	44,3 ± 5,5 a	20,2 ± 1,1 b	0,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 a
300	18,3 ± 5,4 a	0,0 ± 0,0 b	31,7 ± 1,2 a	12,3 ± 1,2 b	0,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 a

[]: Concentración empleada en el tratamiento.

Letras diferentes entre valores de filas por tratamientos y concentraciones para cada hongo representan diferencias significativas al 95% de confianza con el test de mínimas diferencias significativas.

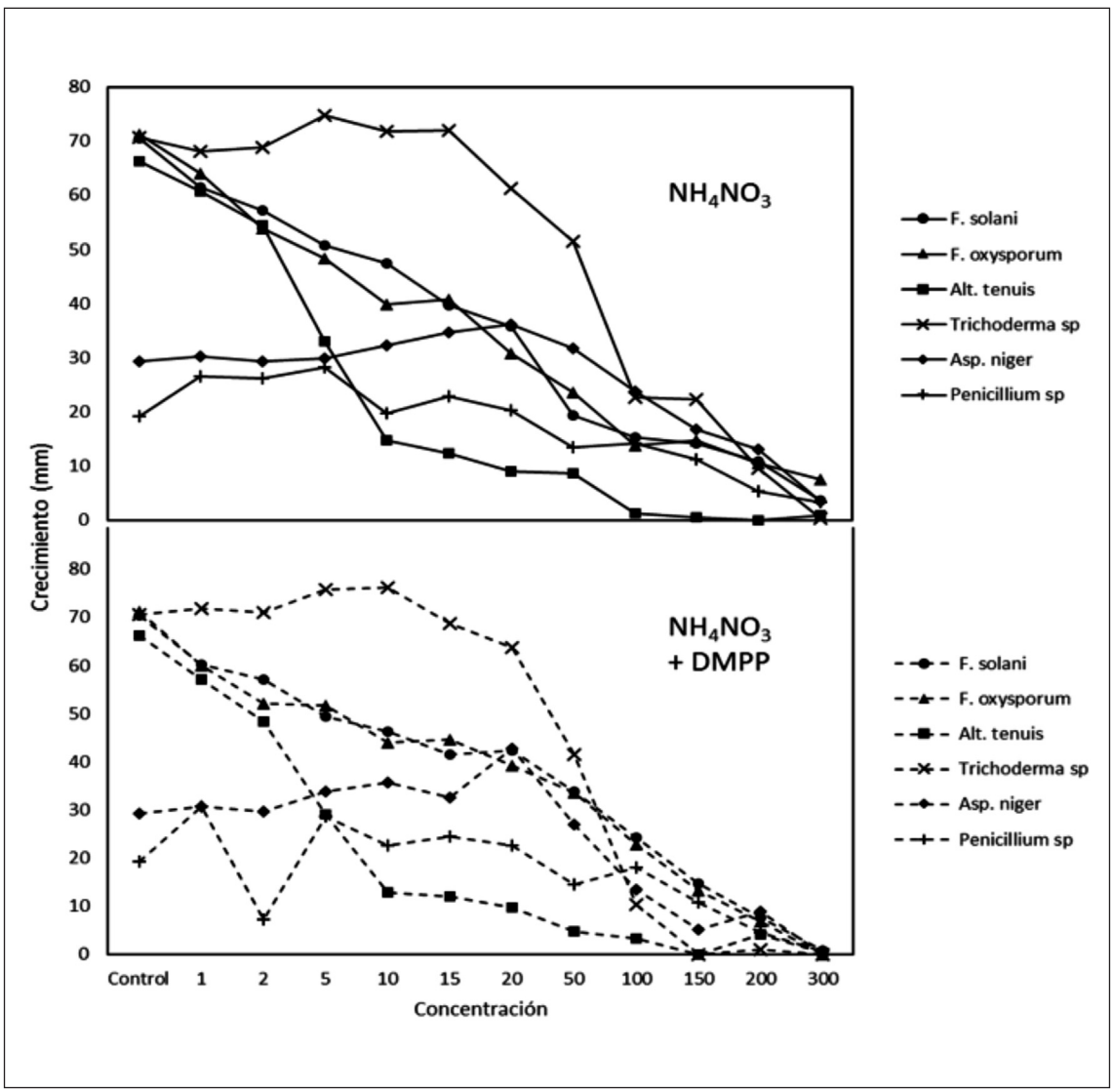


Figura 1. Crecimiento medio de 3 repeticiones de diversos hongos a las 168 horas en medio de cultivo agar agua y con diversas concentraciones de NH_4NO_3 (—) y NH_4NO_3 + DMPP (–.).
Figure 1. Average growth of 3 replicates of various fungi at 168 hours in agar culture medium and at various concentrations of NH_4NO_3 (—) and NH_4NO_3 +DMPP (–.).

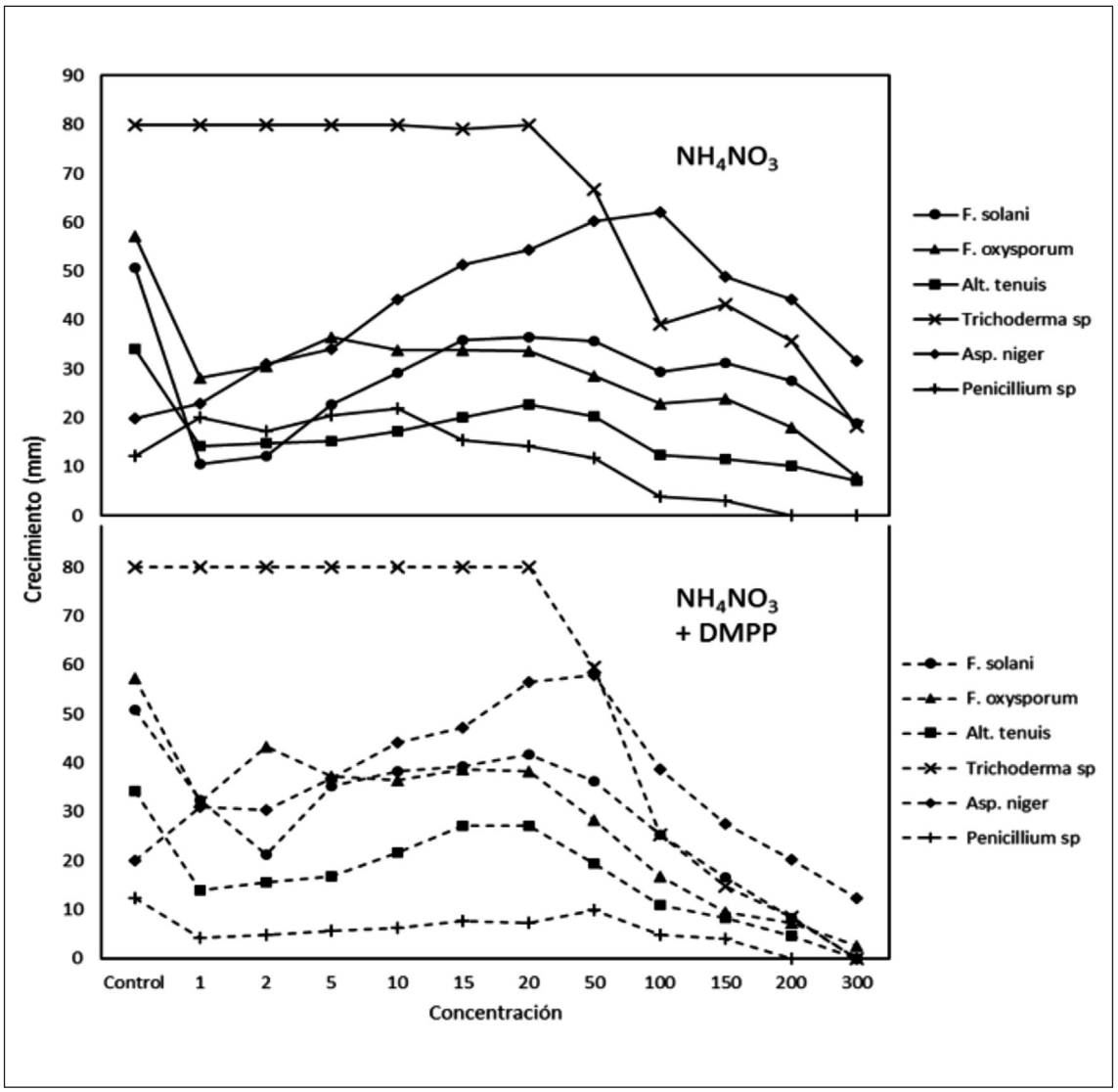


Figura 2. Crecimiento medio de 3 repeticiones de diversos hongos a las 168 horas en medio de cultivo agar malta y con diversas concentraciones de NH_4NO_3 (—) y NH_4NO_3 + DMPP (–.–).
Figure 2. Average growth of 3 replicates of various fungi at 168 hours in malt agar medium and with various concentrations of NH_4NO_3 (—) and NH_4NO_3 + DMPP (–.–).

1987a), y el desarrollo de la nitrificación de este hongo (Van Gool y Schmidt, 1973) y en otros microorganismos heterótrofos (Zhang *et al*., 2014; Zhang *et al*., 2015); aunque tampoco podemos aseverar que este mayor crecimiento se traduce directamente en una mayor formación de NO_3^- (Marshall y Alexander, 1962; Painter, 1970). En el caso de *Trichoderma* el extracto de malta produjo un efecto semejante al de *Aspergillus,* produciendo una mayor germinación de las esporas producidas (Danielson y Davey, 1973b) y un mayor crecimiento debido a la concentración de N orgánico presente (Hacskaylo *et al*., 1954), aunado al NH_4^+ del medio (Danielson y Davey, 1973a), sin que en ningún momento del ensayo haya decaído su desarrollo (Paustian y Schnürer, 1987b). Este mismo patrón se debería ejercer teóricamente sobre *Penicillium sp,* aunque eso no fue lo observado en el ensayo, lo que pudiera ser debido a la afinidad de este género de hongos para utilizar NO_2^- como sustrato para la nitrificación (Hora e Iyengar, 1960).

Para los hongos *Fusarium solani* y *Fusarium oxysporum,* posiblemente, la fuente de N que más estimuló su actividad y crecimiento fue la de NO_3^-, lo que posiblemente promovió el proceso de desnitrificación (Mothapo *et* al., 2013). Mientras que *Alternaria tenuis*, que prefiere como fuente nutritiva NO_3^- (Hacskaylo *et al.,* 1954), en agar agua tuvo disminución en el crecimiento directamente proporcional al aumento de la concentración de N, favoreciéndolo hasta llegar al punto de toxicidad (Singh y Tandon, 1970), mientras que en agar con extracto de malta fue contrario el efecto. Posiblemente pueda ser debido a que el hongo estuvo utilizando las pequeñas cantidades de N orgánico, junto con el C, presentes en el extracto de malta como primeras fuentes de energía hasta que fueron agotadas, empezando entonces a utilizar N-NO_3^- y en menor medida N-NH_4^+ (Rajderkar, 1966a,b).

Lo que si se observó es que la aplicación de DMPP promovió en casi todos los hongos ensayados un mayor crecimiento en comparación a cuando la fuente nitrogenada fue sólo NH_4NO_3, aunque, de igual forma, un aumento en la concentración de DMPP produjo una inhibición total del crecimiento para todos los hongos ensayados, produciendo una posible toxicidad, llegando a obtener la EC_{50} (Concentración media efectiva) como la obtenida para otros microorganismos como en el caso *Pseudomonas putidas* (Andreae 1999, citado por Benckiser *et al*., 2013). En nuestro caso no se llegó a dicha dosis, ya que al final del ensayo se realizó la resiembra de los hongos inhibidos en un medio nutritivo donde se apreció de nuevo un crecimiento del mismo, por lo que se puede inferir que las altas concentraciones de la molécula, así como de NH_4NO_3, sólo tuvieron un efecto fungistático. Finalmente, se observó como una mayor concentración de N en el medio pudo estimular el crecimiento de los diversos géneros de hongos, debido posiblemente al desarrollo de las estructuras reproductivas por efecto del amonio (Sagara, 1975; Tudzynski, 2014) y en segundo término por efecto de otras fuentes nitrogenadas menos asimilables (Davis y Wong, 2010), hasta el momento en que el aumento en la concentración de este elemento pudo llegar a alcanzar un efecto tóxico sobre el desarrollo del mismo, probablemente producido por una disminución del pH (Malhi y McGill, 1982) o posiblemente por el aumento de la salinidad (Akhtar *et al*., 2012).

Conclusión

La aplicación del DMPP en conjunto con una fertilización mixta nítrica/amoniacal de forma continuada, en un suelo cultivado con pepino, favoreció en número la presencia de diversas poblaciones de hongos, los cuales suelen ser de forma común habitantes de los

suelos agrícolas de la región. Este efecto favorecedor del DMPP fue visible de forma general sobre algunos géneros de hongos en los ensayos *in vitro*, aunque también se observaron diferencias en este comportamiento debido al medio de cultivo empleado. Finalmente, un resultado inhibitorio en el crecimiento micelial de los hongos ensayados fue alcanzado tanto por el elevado aumento en la concentración de DMPP como por la concentración de NH_4NO_3.

Bibliografía

Akhtar M, Hussain F, Ashraf MY, Qureshi TM, Akhter J, Awan AR (2012). Influence of salinity on nitrogen transformation in soil. Communications in Soil Science and Plant Analysis 43: 1674-1683.

Barnett HL, Hunter BB (1972). Illustrated genera of imperfect fungi, 3rd Ed. Burgess Publishing Company, EE. UU. pp. 241.

Banerjee A, Banerjee AK (1987). Influence of captan on some microorganisms and microbial processes related to the nitrogen cycle. Plant and Soil 102: 239-245.

Beltran-Rendon D, Rico-Fragozo K, Farfan-Caceres L, Restrepo-Diaz H, Hoyos-Carvajal L (2011). The effect of nitrification inhibitor 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP) on nitrifying organism populations under *in vitro* conditions. Agricultural Sciences 2: 198-200.

Benckiser G, Christ E, Herbert T, Weiske A, Blome J, Hardt M (2013). The nitrification inhibitor 3,4-dimethylpyrazole-phosphat (DMPP) - quantification and effects on soil metabolism. Plant and Soil 371: 257-266.

Bollag JM, Tung G (1972). Nitrous oxide release by soil fungi. Soil Biology and Biochemistry 4: 271-276.

Chen Q, Qi L, Bi Q, Dai P, Sun D, Sun C, Liu W, Lu L, Ni W, Lin X (2015). Comparative effects of 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP) and dicyandiamide (DCD) on ammonia-oxidizing bacteria and archaea in a vegetable soil. Applied Microbiology and Biotechnology 99: 477-487.

Danielson RM, Davey CB (1973a). Carbon and nitrogen nutrition of *Trichoderma*. Soil Biology and Biochemistry 5: 505-515.

Danielson RM, Davey CB (1973b). Effects of nutrients and acidity on phialosphore germination of *Trichoderma in vitro*. Soil Biology and Biochemistry 5: 517-524.

Davis MA, Wong KH (2010). Capítulo 23: Nitrogen metabolism in filamentous fungi. En: Cellular and molecular biology of filamentous fungi (Ed: Borkovich K.A., Ebbole D.J.), pp 325-338. American Society for Microbiology Press, Washington, DC, EE.UU.

De Boer W, Kowalchuk GA (2001). Nitrification in acid soils: micro-organisms and mechanisms. Soil Biology and Biochemistry 33: 853-866.

Dong XX, Zhang LL, Wu ZJ, Li DP, Shang ZC, Gong P (2013). Effects of the nitrification inhibitor DMPP on soil bacterial community in a cambisol in northeast China. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 13(3): 580-591.

Florio A, Clark IM, Hirsch PR, Jhurreea D, Benedetti A (2014). Effects of the nitrification inhibitor 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP) on abundance and activity of ammonia oxidizers in soil. Biology and Fertility of Soils 50: 795-807.

Focht DD, Verstraete W (1977). Biochemical ecology if nitrification and denitrification. Advances in Microbial Ecology 1: 135-214.

Gerlach W, Nirenberg H (1982). The genus *Fusarium* - a pictorial atlas. (Biologische Bundesanstalt für Land- und Fortwirtschaft), Vol. 209, pp 1-406. Berlin-Dahlem, Deutschland.

Hacskaylo J, Lilly VG, Barnett HL (1954). Growth of fungi on three sources of nitrogen. Mycologia 46: 691-701.

Hayatsu M, Tago K, Saito M (2008). Various players in the nitrogen cycle: diversity and functions of the microorganisms involved in nitrification and denitrification. Soil Science and Plant Nutrition 54: 33-45.

Hora TS, Iyengar MRS (1960). Nitrification by soil fungi. Archives of Microbiology 35: 252-257.

Huang Y, Long XE (2014). Contribution of fungi to soil nitrous oxide emission and their research methods. A review. Chinese Journal of Applied Ecology 25: 1213-1220.

Kleineidan K, Košmrlj K, Kublik S, Palmer I, Pfab H, Ruser R, Fiedler S, Schloter M (2011). Influence of the nitrification inhibitor 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP) on ammonia-oxidizing bacteria and archaea in rhizosphere and bulk soil. Chemosphere 84: 182-186.

Lang E, Jagnow G (1986). Fungi of a forest soil nitrifying at low pH values. FEMS Microbiology Ecology 2: 257-265.

Laughlin RJ, Stevens RJ, Müller C, Watson CJ (2008). Evidence that fungi can oxidize NH_4^+ to NO_3^- in a grassland soil. European Journal of Soil Science 59: 285-291.

Malhi SS, McGill WB (1982). Nitrification in three Alberta soils: effect of temperature, moisture and substrate concentration. Soil Biology and Biochemistry 14: 393-399.

Marshall KC, Alexander M (1962). Nitrification by *Aspergillus flavus*. Journal of Bacteriology 83: 572-578.

Marín-Guirao JI (2016). Evaluación del efecto de distintas materias orgánicas sobre la microbiota edáfica, contenido de nitratos en suelo, y producción y calidad de cultivos de tomate y sandia en suelo arenado bajo plástico. Tesis doctoral. Universidad de Almería.

Mothapo NV, Chen H, Cubeta MA, Shi W (2013). Nitrous oxide producing activity of diverse fungi from distinct agroecosystems. Soil Biology and Biochemistry 66: 94-101.

Painter HA (1970). A review of literature on inorganic nitrogen metabolism in microorganisms. Water Research 4: 393-450.

Paustian K, Schnürer J (1987a). Fungal growth response to carbon and nitrogen limitation: a theoretical model. Soil Biology and Biochemistry 19: 613-620.

Paustian K, Schnürer J (1987b). Fungal growth response to carbon and nitrogen limitation: application of a model to laboratory and field data. Soil Biology and Biochemistry 19: 621-629.

Prakash R, Jha SN (2014). Basics of the genus *Aspergillus*. International Journal of Research in Botany 4: 26-30.

Rajderkar NR (1966a). Effect of yeast extract and succinic acid on growth and sporulation of *Alternaria* species. Mycophatologia et Mycologia Applicata 29: 121-124.

Rajderkar NR (1966b). The influence of nitrogen nutrition on growth and sporulation of *Alternaria solani* (Ell. & Mart.) jones & grout. Mycopathologia et Mycologia Applicata 29: 55-58.

Rodríguez MC (1996). Ensayo de caracterización de suelos agrícolas y forestales de Extremadura tomando como indicadores a *Fusarium* Link y *Pythium Pringsheim*: La representatividad del muestreo. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.

Sagara N (1975). Ammonia fungi: a chemoecological grouping of terrestrial fungi. Contributions from the Biological Laboratory, Kyoto University 24: 205-276.

Samson RA, Hoekstra ES, Frisvad JC, Filtenborg O (1995). Introduction to food-borne fungi (Centraalbureau voor Schimmelcultures), 4th Ed. pp. 299, Baarn, Netherlands.

Shoun H, Kim DH, Uchiyama H, Sugiyama J (1992). Denitrification by fungi. FEMS Microbiology Letters. 94: 277-282.

Singh BP, Tandon RN (1970). Nitrogen requirements of certain isolates of *Alternaria tenuis* auct. Mycopathologia et Mycologia Applicata 42: 33-38.

Stojanovic BJ, Alexander M (1958). Effect of inorganic nitrogen on nitrification. Soil Science 86: 208-215.

Subbarao GV, Sahrawat KL, Nakahara K, Rao IM, Ishitani M, Hash CT, Kishii M, Bonnett DG, Berry WL, Lata JC (2013). A paradigm shifts towards low-nitrifying production systems: the role of biological nitrification inhibition (BNI). Annals of Botany 112: 297-316.

Tello J, Varés F, Lacasa A (1991). Pruebas de patogeneicidad. En: Manual de laboratorio. Diagnóstico de hongos, bacterias y nematodos fitopatógenos (Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación), pp 79-85. Madrid, España.

Tudzynski B (2014). Nitrogen regulation of fungal secondary metabolism in fungi. Frontiers in Microbiology 5: 1-15.

Van Gool AP, Schmidt EL (1973). Nitrification in relation to growth in *Aspergillus flavus*. Soil Biology and Biochemistry 5: 259-265.

Wainwright M, Pugh GJF (1973). The effect of three fungicides on nitrification and ammonification in soil. Soil Biology and Biochemistry 5: 577-584.

Zerulla W, Barth T, Dressel J, Erhardt K, von Locquenghien KH, Pasda G, Rädle M, Wissemeier AH (2001). 3,4-Dimethylpyrazole phosphate (DMPP) – a new nitrification inhibitor for agriculture and horticulture. An Introduction. Biology and Fertility of Soils 34: 79-84.

Zhang J, Sun W, Zhong W, Cai Z (2014). The substrate is an important factor in controlling the significance of heterotrophic nitrification in acidic forest soils. Soil Biology and Biochemistry 76: 143-148.

Zhang J, Wang J, Zhong W, Cai Z (2015). Organic nitrogen stimulates the heterotrophic nitrification rate in an acidic forest soil. Soil Biology and Biochemistry 80: 293-295.

Zhu T, Meng T, Zhang J, Zhong W, Müller C, Cai Z (2015). Fungi-dominant heterotrophic nitrification in a subtropical forest soil of China. Journal of Soils and Sediments 15: 705-709.

(Aceptado para publicación el 5 de septiembre de 2017)

Aspectos cualitativos de la composición de los cultivares de almendro de Mallorca (España)

R. Socias i Company[1,*], G. Estopañán[1], T. Juan[1], J.M. Alonso[1] y O. Kodad[2]

[1] Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón, Av. Montañana 930, 50059 Zaragoza, España

[2] Département Arboriculture-Viticulture, École Nationale d'Agriculture de Meknès, Meknès, BP S/40, Marruecos

Resumen

Se han determinado el contenido en aceite, el porcentaje de los diferentes ácidos grasos del aceite y la concentración de los tres homólogos mayoritarios de tocoferol en las almendras de 23 cultivares de Mallorca. Todos estos parámetros mostraron una gran variabilidad, con una oscilación de 47,40-56,78% del peso seco para el aceite, de 58,65-78,44% del total de aceite para el ácido oleico, de 12,01-29,40% para el ácido linoleico, de 5,38-7,06% para el ácido palmítico, de 1,88-3,71% para el ácido esteárico, de 0,38-0,61% para el ácido palmitoleico, de 258,5-500,2 mg kg^{-1} aceite para el α-tocoferol, de 0,02-1,13 mg kg^{-1} aceite para el δ-tocoferol, de 1,89-20,8 mg kg^{-1} aceite para el γ-tocoferol y de 260,41-522,13 mg kg^{-1} aceite para el total de tocoferoles. Esta variabilidad está de acuerdo con los niveles de variabilidad de estos componentes analizados en cultivares de almendro de diversa procedencia geográfica, pero se obtuvieron unos valores inferiores a la media en el contenido en aceite, el porcentaje de ácido oleico y la concentración de tocoferoles, lo que puede recomendar una comercialización rápida de las almendras de Mallorca, así como su uso para determinadas utilizaciones por su contenido en aceite.

Palabras clave: *Prunus amygdalus*, composición, calidad, ácidos grasos, tocoferoles.

Abstract
Qualitative traits of the composition of the almond cultivars from Majorca (Spain)

Oil content, percentage of the different fatty acids and concentration on the three main tocopherol homologs were determined for the almonds of 23 cultivars of Majorca. All these parameters showed great variability, with a range of 47.40-56.78% of dry matter for oil, of 58.65-78.44% of total oil for oleic acid, of 12.01-29.40% for linoleic acid, of 5.38-7.06% for palmitic acid, of 1.88-3.71% for stearic acid, of 0.38-0.61% for palmitoleic acid, of 258.5-500.2 mg kg^{-1} oil for α-tocopherol, of 0.02-1.13 mg kg^{-1} oil for δ-tocopherol, of 1.89-20.8 mg kg^{-1} oil for γ-tocopherol, and of 260.41-522.13 mg kg^{-1} oil for total tocopherols. This variability agrees with the levels of variability of these components analyzed in almond cultivars of different geographical origin, but the values obtained were lower than the average for the oil content, the percentage of oleic acid and the concentration of tocopherols, a fact that may recommend a rapid commercialization of the Majorcan almonds, as well as their utilization for specific confectioneries due to their oil content.

Keywords: *Prunus amygdalus*, composition, quality, fatty acids, tocopherols.

* Autor para correspondencia: rsocias@cita-aragon.es

https://doi.org/10.12706/itea.2018.002

Introducción

La parte que se consume de las almendras (*Prunus amygdalus* Batsch) es la semilla, denominada pepita y considerada como un alimento de un valor nutritivo y medicinal muy elevado. Las almendras se han consumido desde tiempo inmemorial, tanto enteras como elaboradas en un gran número de productos derivados, no sólo para el consumo humano directo, sino también en las industrias farmacéutica y cosmética. Ya en tiempos antiguos se ofrecían a los invitados a todas las bodas cinco peladillas como símbolos de salud, fertilidad, buena suerte, riqueza y felicidad. En sentido contrario, las almendras amargas se han asociado con la mala suerte y con la muerte (Verdú *et al*., 2017). Por otro lado, las aplicaciones sanitarias de las almendras se encuentran registradas en los sistemas médicos más antiguos, como en los antiguos griegos y persas, así como en las medicinas tradicionales china y ayurvédica (Albala, 2009).

El consumo de almendras ha aumentado en los últimos años (Gradziel *et al*., 2017), un hecho que responde a la evolución de su consideración desde la de un aperitivo y un elemento de diversos postres, especialmente los navideños, hacia la de un alimento saludable. El consumo regular de almendras se ha asociado con un amplio abanico de beneficios, tales como de protección contra el cáncer (Davis e Iwahashi, 2001; Davis *et al*., 2003), la obesidad (Ren *et al*., 2001; Fraser *et al*., 2002; Kendall *et al*., 2003), la diabetes (Lovejoy *et al*., 2002; Scott *et al*., 2003) y las enfermedades cardiovasculares (Spiller *et al*., 1992; Fulgoni *et al*., 2002; Hyson *et al*., 2002; Jenkins *et al*., 2002; Sabaté *et al*., 2003).

Las almendras se encuentran en un gran número de productos y de aplicaciones gastronómicas y se consideran un ingrediente básico de la dieta mediterránea. Se pueden consumir sin ninguna transformación o después de un proceso culinario o industrial, con piel o escaldadas sin piel, combinadas o mezcladas con otros frutos secos. La versatilidad de las almendras las hace prácticamente la elección favorita para casi cualquier utilización. Las almendras se valoran por encima de cualquier otro fruto seco por su diversidad de usos, siendo el fruto seco más demandado por los tecnólogos, los diseñadores de nuevos alimentos, los cocineros e incluso los científicos. Permiten su transformación con el fin de producir turrón, mazapán, helados y una gran cantidad de productos de pastelería. Las almendras dan un gusto delicado y sabroso y una textura especial a cualquier producto por la calidad de su aceite (Verdú *et al*., 2017).

El elevado valor nutritivo de las almendras proviene especialmente de su contenido muy alto en aceite que, si bien constituye una fuente importante de calorías, no contiene colesterol sino esteroles de origen vegetal y además una elevada proporción de ácidos grasos mono y poli-insaturados frente a los saturados (Sabaté y Hook, 1996). A pesar de su elevado valor energético, el cuerpo humano lo compensa con la elevada sensación de saciedad de las almendras (Hollis y Mattes, 2007). Además, la absorción de la energía de las almendras no es muy eficiente y su consumo crónico puede aumentar el gasto de energía de reposo (Cassady *et al*., 2009). De hecho, la ingestión moderada, pero prolongada, de almendras ayuda a regular el peso (Sabaté *et al*., 2003), modula las fluctuaciones de la glucosa de la sangre (Jenkins *et al*., 2006) y la relación del colesterol TL:HDL y de los triglicéridos (Foster *et al*., 2012).

Considerando todos estos aspectos, las almendras deben presentar una calidad elevada para satisfacer las exigencias de la industria y las preferencias de los consumidores (Socias i Company *et al*., 2008). Además de los caracteres físicos de las almendras, su composición química es fundamental al considerar las diferentes aplicaciones industriales y la gran diversidad de productos derivados que

se pueden obtener. Teniendo en cuenta la elevada concentración de lípidos en las almendras, la calidad de su aceite es el aspecto de mayor importancia al evaluar su calidad. Se han sugerido diversos elementos de la fracción lipídica de las almendras como parámetros para definir su calidad, tal como la cantidad de aceite, el porcentaje de ácido oleico en este aceite, la relación entre los ácidos oleico y linoleico (O/L), y la concentración en tocoferoles y otras sustancias con carácter antioxidante como los polifenoles (Socias i Company *et al*., 2008; Kodad y Socias i Company, 2008).

La tendencia de las almendras a enranciarse durante su almacenaje y transporte es una pérdida de calidad relacionada con la oxidación de los ácidos grasos de la almendra (Kester *et al*., 1993). Por lo tanto, la estabilidad del aceite y la composición en ácidos grasos, esencialmente la relación O/L, son unos criterios importantes para evaluar la calidad de las almendras (Socias i Company *et al*., 2008). Así, un contenido bajo en ácido linoleico se asocia con una elevada estabilidad del aceite (Zacheo *et al*., 2000), mientras que un contenido alto en ácido oleico se considera un carácter positivo desde el punto de vista nutritivo, así como el contenido en antioxidantes como la vitamina E y los polifenoles, que previenen la oxidación de los ácidos grasos (Socias i Company *et al*., 2008).

Por otro lado, los tocoferoles son mono-fenoles metilados naturales con actividad antioxidante (Reische *et al*., 1998), con diferentes homólogos dependiendo del número y la posición de los grupos metilo, presentes en las plantas en cuatro formas, α-, β-, γ- y δ-tocoferol. Estos componentes intervienen en diferentes funciones fisiológicas, biológicas y bioquímicas, sobre todo por su acción antioxidante, pero también como estabilizadores de la membrana (Azzi y Stocker, 2000). Su función bioquímica principal parece ser la de proteger los ácidos grasos poli-insaturados contra la peroxidación (Kamal-Eldin y Appelqvist, 1996), además de tener un papel protector en los sistemas biológicos, con propiedades hipo-colesterólicas, anti-cáncer y neuro-protectivas (Sen *et al*., 2007). La concentración en tocoferoles juega en la almendra un papel muy importante en la protección de los lípidos contra la oxidación y, por lo tanto, su posibilidad de almacenaje (García-Pascual *et al*., 2003; Senesi *et al*., 1996; Zacheo *et al*., 2000).

Se ha observado una gran variación genotípica en cuanto al contenido en tocoferoles en los cultivares de almendro (Kodad, 2017), lo que puede determinar la utilización de las almendras y la predicción de su vida útil de almacenaje. Al considerar la variación en el contenido de tocoferoles de los diferentes frutos secos, las almendras, con un contenido superior, pueden tener más capacidad de almacenaje que los otros (Fourie y Basson, 1989).

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo ha sido la determinación de la calidad de un grupo de cultivares mallorquines de almendro en cuanto a su composición en ácidos grasos y en tocoferoles con el fin de establecer su valoración cualitativa, así como un producto más o menos diferencial entre los otros cultivares de almendro.

Material y métodos

Material vegetal

Se estudió un total de 23 cultivares mallorquines de almendro (Tabla 1). Cada cultivar está presente con tres árboles en la colección de la asociación "Productors Mallorquins de Fruits Secs" situada en Binissalem (Mallorca), injertados sobre el patrón clonal híbrido almendro $\times$ melocotonero INRA GF-677, siguiendo un mantenimiento comercial normal de las plantaciones. Estos cultivares proceden de la colección establecida en la Granja Ex-

Tabla 1. Cultivares mallorquines de almendro estudiados (datos de la Estación Experimental Agrícola de Mallorca y de J. Fornés)
Table 1. Majorcan almond cultivars studied (data from the Estación Experimental Agrícola de Mallorca and from J. Fornés)

Cultivar	Origen	Vigor y aspecto	Rendimiento (%)	Dobles (%)
Alzina	Alacant	Erecto	25	4
Andreu	Santa Maria del Camí	Mediano y erecto	30	30
Binissalem	Binissalem	Elevado y abierto	27	8
Bolic	General	Redondeado	19	0
Bord de Santa Maria	Santa Maria del Camí	Mediano y abierto	45	40
Bord de Selva	Selva	Mediano y redondeado	33	0
Bord del Raiguer	Santa Maria del Camí	Mediano y abierto	45	2
Canaleta	General	Mediano y redondeado	24	32
Corona	Sant Llorenç des Cardessar	Mediano y abierto	45	44
Desmai Victòria	Manacor	Redondeado	28	32
Fanereta	General	Redondeado	20	5
Guarim	Sineu	Elevado y erecto	31	8
Jordi	Campos	Elevado y erecto	28	13
Menut	Llubí	Mediano y erecto	24	0
Pintadeta	Binissalem	Erecto	32	12
Ponç	Eivissa[z]	Elevado y redondeado	27	14
Pou de Felanitx	Felanitx	Elevado y erecto	28	23
Torres	Binissalem	Redondeado	32	12
Totsol	Sant Llorenç des Cardessar	Elevado y redondeado	29	12
Vera	Pollença	Erecto	31	28
Verdereta	Porreres	Elevado y redondeado	31	14
Vinagrilla	Santa Maria del Camí	Mediano y redondeado	22	2
Viveta	La Ciutat de Mallorca	Redondeado	35	38

[z] Las informaciones de los agricultores locales parecen indicar que este cultivar proviene de Eivissa, aunque de momento no hay confirmación.

perimental de la Ciutat de Mallorca durante los años 1950 y 1960, además de introducciones posteriores llevadas a cabo por el técnico Joan Rallo.

El estudio se repitió durante dos años con el fin de eliminar el efecto de variabilidad debido a las condiciones ambientales (Kodad y Socias i Company, 2008). Las almendras se recogieron durante dos años consecutivos (2010-2011) una vez maduras, cuando el mesocarpo ya estaba totalmente seco y abierto y la abscisión del pedúnculo era fácil (Felipe, 1977). Cada año se recogieron tres muestras de 20 almendras de los tres árboles diferentes de cada cultivar.

Determinación del aceite y de los ácidos grasos

El contenido en aceite y la proporción de los diferentes ácidos grasos se determinó después de pelar les almendras por escaldado, dejarlas secar y molerlas en un molinillo de cocina hasta obtener una harina de grano fino. El contenido total en aceite se determinó con una muestra de 3 g de esta harina en un extractor de grasas Soxtec Avanti 2055 (Foss Tecator, Höganäs, Suecia) por medio de 70 ml de éter de petróleo como solvente (rango de ebullición de 40-60º), y manteniendo la fuente de calor a 135ºC. La extracción duró 2 horas, ya que experiencias previas (Kodad y Socias i Company, 2008) habían demostrado que con este tiempo la extracción era prácticamente total, sin diferencias significativas con un período de extracción de 4 horas. El contenido en aceite se expresó como la diferencia entre el peso seco (PS) de la muestra antes y después del proceso de extracción (% de PS). El porcentaje relativo de los diferentes ácidos grasos se determinó por cromatografía capilar de gases de los ésteres metilo de los ácidos grasos (EMAG). Estos EMAGs se prepararon por trans-esterificación con KOH de acuerdo con el método oficial UNE-EN ISO 5509:2000 (ISO, 2000). Estos EMAGs se separaron en un cromatógrafo HP 6890 y después se detectaron con un detector ionizante de llama equipado con una columna capilar (HP-Innowax × 0,25 mm i.d.) y un film de 0,25 μm de grosor (Agilent Technologies, Waldbronn, Alemania). El gas portador fue helio a una velocidad de flujo de 1 mL min^{-1}. La temperatura del inyector y el detector fueron de 220 y 275°C respectivamente. La temperatura inicial de la columna fue de 100ºC durante 3 min. La temperatura del horno se incrementó gradualmente desde 100 a 240ºC de la siguiente manera: de 100 a 150ºC a un aumento de 2,5°C min^{-1}, de 150 a 200ºC a un aumento de 3º min^{-1}, y desde 200 a un aumento de 13º min^{-1}, manteniéndose a 240º durante 4 min. El volumen de inyección fue de 1,0 μL de muestra. La identificación de los EMAGs se basó en los tiempos de retención comparados con la mezcla normalizada de EMAGs (Sigma-Aldrich, Madrid, España). Cada año se calcularon las medias de las tres determinaciones y los valores de los diferentes ácidos grasos se expresaron como porcentajes sobre el total del aceite.

Determinación de los tocoferoles

La concentración en tocoferoles se determinó en el aceite de almendras ya extraído de acuerdo con una modificación del método de López-Ortiz *et al*. (2008). Los diferentes homólogos de tocoferol se analizaron por medio del modelo 360 (Kontron, Eching, Alemania) de una fase inversa de cromatografía líquida de alto rendimiento (CLAR o HPLC), equipada con una bomba de doble pistón y de auto-muestreo. Se utilizó una columna Luna 100RP-18 de × 4,6 mm i.d., (Phenomenex, Torrance, CA, EEUU), termostatizada a 30ºC. La separación analítica de los homólogos se consiguió con una elución isocrática de acetonitrilo:metanol (30:70). El tiempo total de recorrido fue de 19 min con un flujo de 1,2 mL min^{-1}. Muestras de 0,3 g de

aceite de almendra se disolvieron en 2 mL de 1-propanol por agitación durante 30 segundos a temperatura ambiente. Después de 10 min de reposo en obscuridad, 20 μL del extracto propanólico se inyectaron a la HPLC. Las cantidades de δ- y γ-tocoferol se midieron con un detector de fluorescencia FLD SFM25 (Kontron), calibrado a longitud de onda de excitación de 295 nm y de emisión de 325 nm. La cantidad de α-tocoferol se midió con un detector diodo de serie DAD 440 (Kontron) a una longitud de onda de 295 nm. La identificación de los picos cromatográficos se basó en el tiempo de retención por comparación con los valores normalizados conocidos (Sigma-Aldrich). La determinación del contenido en tocoferoles se hizo por duplicado partiendo de las muestras de 20 almendras de cada cultivar, calculando después la media.

Estudio comparativo

Los resultados se analizaron estadísticamente con el programa SAS (Cary, NC, EEUU) mediante el análisis de varianza que permitió separar los datos medios de cada cultivar con el test Fisher de la diferencia menos significativa (LSD) con un umbral de significación de $P < 0,05$. Además, los datos medios de los cultivares mallorquines se compararon con los de otras regiones españolas y de países extranjeros con los datos de Kodad y Socias i Company (2008) y de Kodad *et al*. (2011 y 2014).

Resultados

Variabilidad

Todos los componentes estudiados mostraron una gran variabilidad entre los diversos cultivares, tal como se especifica en el comentario de cada componente. El estudio de esta variabilidad ha mostrado que las diferencias son significativas en todos los casos (Tabla 2).

Aceite

La cantidad de aceite en los diferentes cultivares mallorquines de almendro osciló entre 47,40% de 'Guarim' y 61,62% de 'Andreu', con un promedio para el conjunto de los cultivares de 56,78% (Tabla 3). Este rango de variabilidad coincide con el descrito para otros cultivares de almendro de diversa procedencia, que muestran una variación global del contenido en aceite entre 20 y 68% del PS, incluyendo Argentina, California, Egipto, España, Francia, Grecia, India, Irán, Italia, Marruecos, Portugal, Serbia, Túnez y Turquía (Kodad, 2017).

Ácidos grasos

En relación a la composición del aceite en los diferentes ácidos grasos, se determinaron los cinco ácidos más importantes (Tabla 3), además de detectar la presencia de otros ácidos en cantidades muy inferiores, como el ácido mirístico (C14:0) con una media del 0,03% sobre el total del aceite, el margárico (C17:0) con un 0,06%, el margaroleico (C17:1) con un 0,09%, el vaccénico (C18:1 n11) con trazas, el linolénico (C18:3 n3) con un 0,02%, el aráquico (C20:0) con un 0,08%, el gadoleico (C20:1) con un 0,08%, y el behénico (C22:0) con un 0,01%.

El ácido graso más abundante en el aceite de almendras es el oleico (C18:1 n9), que en los cultivares mallorquines analizados osciló entre el 58,65% en 'Vinagrilla' y el 78,44% en 'Corona', con una media del 69,22%. El siguiente en importancia es el linoleico (C18:2 n6) que osciló entre el 12,01% en 'Corona' y el 29,40% en 'Vinagrilla', y una media del 21,14%, confirmando la correlación negativa entre el porcentaje de estos dos ácidos grasos (Yada *et al*., 2011) al encontrarse los valores máximos y mínimos en los mismos cultivares. Ya que la relación entre los ácidos oleico y linoleico (O/L) es esencial para el mantenimiento de la estabilidad del aceite (Kester

Tabla 2. Análisis de varianza de los diferentes componentes de los cultivares de almendro de Mallorca
Table 2. Analysis of variance of the different components of the Majorcan almond cultivars

Componente	Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor F	P > F
% aceite	Genotipo	22	30,70	30,00	<,0001
	Error	23	1,02		
Ácido palmítico	Genotipo	22	0,31	2231,63	<,0001
	Error	23	0,0001		
Ácido palmitoleico	Genotipo	22	0,011	1326,50	<,0001
	Erro	23	0,000009		
Ácido esteárico	Genotipo	22	0,391	7828,09	<,0001
	Error	23	0,00005		
Ácido oleico	Genotipo	22	44,51	6918,02	<,0001
	Error	23	0,006		
Ácido linoleico	Genotipo	22	33,70	68304,2	<,0001
	Error	23	0,0004		
Relación O/L	Genotipo	22	1,80	18849,3	<,0001
	Error	23	0,0001		
α-tocoferol	Genotipo	22	6794,2	57,36	<,0001
	Error	23	118,4		
γ-tocoferol	Genotipo	22	39,76	234,93	<,0001
	Error	23	0,16		
δ-tocoferol	Genotipo	22	0,12	30,18	<,0001
	Error	23	0,004		
Tocoferoles totales	Genotipo	22	7644,84	61,87	<,0001
	Error	23	123,56		

Tabla 3. Medias del contenido en aceite (% del peso seco), del porcentaje de los ácidos grasos mayoritarios en el aceite (% del total de aceite) y de la relación ácido oleico/ácido linoleico (O/L) de los cultivares de almendro de Mallorca

Table 3. Mean oil content (% of dry matter), percentage of the major fatty acids in the oil (% of total oil) and of the ratio oleic acid/linoleic acid (O/L) of the Majorcan almond cultivars

Cultivar	% aceite[z]	Ácido palmítico	Ácido palmitoleico	Ácido esteárico	Ácido oleico	Ácido linoleico	Relación O/L
Alzina	57,88 def	6,65 b	0,61 a	3,09 b	66,16 o	22,97 g	2,88 o
Andreu	61,62 a	6,01 i	0,54 gf	2,32 j	74,13 d	16,54 t	4,48 d
Binissalem	59,54 abcd	6,10 h	0,53 h	2,15 m	70,22 h	20,49 n	3,43 i
Bolic	52,80 g	5,92 l	0,44 m	2,29 k	75,80 b	15,05 v	5,04 b
Bord de Santa Maria	60,84 abc	6,10 h	0,39 n	2,25 l	64,51 r	26,25 c	2,46 s
Bord de Selva	58,91 bcde	6,54 d	0,60 b	2,31 k	71,08 g	19,02 p	3,74 g
Bord del Raiguer	61,60 a	6,60 c	0,58 d	2,39 i	66,61 n	23,35 f	2,85 p
Canaleta	54,20 g	6,17 g	0,39 n	2,11 n	68,69 l	21,98 j	3,13 l
Corona	61,19 ab	5,41 n	0,46 k	2,01 q	78,44 a	12,01 w	6,53 a
Desmai Victòria	54,38 g	6,02 i	0,52 i	2,29 k	65,84 p	24,77 e	2,66 q
Fanereta	58,40 def	6,25 f	0,54 g	1,88 s	71,12 g	19,72 o	3,61 h
Guarim	47,40 i	6,24 f	0,53 h	2,09 po	67,79 m	22,80 h	2,97 m
Jordi	52,88 g	5,97 j	0,56 e	2,07 p	72,05 f	18,82 r	3,83 f
Menut	58,60 cdef	6,60 c	0,59 c	2,44 h	64,76 q	25,04 d	2,59 r
Pintadeta	57,71 def	5,90 l	0,39 n	2,52 g	69,23 j	21,45 k	3,23 k
Ponç	57,73 def	6,08 h	0,60 b	2,65 f	67,74 m	22,45 i	3,02 m
Pou de Felanitx	57,14 fe	6,65 b	0,45 l	2,81 d	60,50 s	29,07 b	2,08 t
Torres	57,33 def	5,38 o	0,38 o	1,95 r	75,57 c	16,31 u	4,63 c
Totsol	53,82 g	6,15 g	0,55 f	1,95 r	72,22 ef	18,64 s	3,87 e
Vera	56,98 f	5,94 k	0,44 m	1,89 s	72,35 e	18,90 q	3,83 f
Verdereta	59,67 abcd	6,40 e	0,58 d	2,96 c	68,97 k	20,57 m	3,35 j
Vinagrilla	48,21 h	7,06 a	0,54 g	3,71 a	58,65 t	29,40 a	1,99 u
Viveta	57,20 ef	5,80 m	0,48 j	2,66 e	69,64 i	20,69 l	3,37 j
Media	56,78	6,17	0,51	2,38	69,22 b	21,14	3,27

[z] Valores seguidos de letras distintas son significativamente diferentes a $P \geq 0,05$.

et al., 1993), este valor se considera un criterio importante para evaluar la calidad de las almendras, y muestra los valores extremos en los mismos cultivares: 6,53 en 'Corona' y 1,99 en 'Vinagrilla', con una media de 3,27.

Para los otros tres ácidos grasos mayoritarios, la oscilación fue de 5,38% en 'Torres' a 7,06% en 'Vinagrilla', con una media de 6,17% para el ácido palmítico (C16:0); de 1,88% en 'Fanereta' a 3,71% en 'Vinagrilla', con una media de 2,38% para el ácido esteárico (C18:0); y de 0,38% en 'Torres' a 0,61% en 'Alzina', con una media de 0,51% para el ácido palmitoleico (C16:1 n7).

Todos estos rangos de variación pueden considerarse normales de acuerdo con los valores señalados por los estudios ya citados.

Tocoferoles

El tocoferol más presente en el aceite de las almendras es el a-tocoferol (Tabla 4), que en las muestras analizadas osciló entre 258,5 mg kg^{-1} aceite para 'Alzina' y 500,2 mg kg^{-1} aceite para 'Bord de Santa Maria', con una media de 400,2 mg kg^{-1} aceite. Estos dos mismos cultivares presentan los mismos valores mínimos y máximos para los otros homólogos de tocoferol: 0,02 mg kg^{-1} aceite para 'Alzina' y 1,13 mg kg^{-1} aceite para 'Bord de Santa Maria' con una media de 0,31 mg kg^{-1} aceite para el δ-tocoferol, así como 1,89 mg kg^{-1} aceite para 'Alzina' a 20,8 mg kg^{-1} aceite para 'Bord de Santa Maria', con una media de 7,50 mg kg^{-1} aceite para el γ-tocoferol. Como consecuencia de estos valores, la cantidad total de tocoferoles osciló entre 260,41 mg kg^{-1} aceite para 'Alzina' y 522,13 para 'Bord de Santa Maria', teniendo en cuenta el mayor peso del a-tocoferol entre los tres homólogos, con una media de 408 mg kg^{-1} aceite. En conjunto, estos valores se encuentran de acuerdo con los señalados en la bibliografía (Kodad, 2017).

Discusión

Varios parámetros pueden considerarse a la hora de poder emitir una valoración de la calidad de cualquier cultivar de almendro en relación a su composición. Entre estos parámetros tienen especial importancia la cantidad de aceite, el porcentaje de ácido oleico en el aceite, la relación O/L y la cantidad de anti-oxidantes (Socias i Company *et al*., 2008).

La cantidad de aceite es un factor importante en la industria alimentaria, ya que cuanto más elevada sea la proporción de aceite, menor será la absorción de agua por la pasta de almendra, detalle fundamental en la fabricación de turrón por un lado o de mazapán por otro (Alessandroni, 1980). Así, un elevado porcentaje de aceite favorece la fabricación de turrón blando o de Xixona, así como la extracción de aceite, especialmente para las industrias farmacéutica y cosmética. Almendras con un porcentaje bajo de aceite facilitan la molienda al no formar tantos grumos, y así se obtiene más fácilmente la harina de almendra o la leche de almendra, así como otros productos interesantes por su elevado contenido proteico (Cotta Ramusino *et al*., 1961; Longhi, 1952). Por ello, con los resultados de los cultivares mallorquines no se puede concluir que su composición en aceite sea una característica definitoria de su utilización concreta, sino que su variabilidad ofrece la posibilidad de escoger diferentes cultivares para cada utilización (Socias i Company *et al*., 2008). De hecho, la variabilidad del 47,40% al 61,62% de aceite es comparable con los datos de Kodad *et al*. (2011) para los cultivares de diferentes países: 54,75% a 66,40% para los españoles, 54,75% a 64,73% para los franceses, 56,23% a 66,80% para los italianos, 58,33% a 63,66% para los portugueses, 57,36% a 63,60% para los californianos, 57% a 63,9% para los ucranianos, y 63% a 66% para los indios, con unas medias similares (Tabla 5). Cabe remarcar que la mayoría de cultivares de Francia, Italia y los Estados

Tabla 4. Medias de la concentración en tocoferoles (mg kg^{-1} de aceite) de los cultivares de almendro de Mallorca
Table 4. Mean tocopherol concentration (mg kg^{-1} of oil) of the Majorcan almond cultivars

Cultivar	α-tocoferol	δ-tocoferol	γ-tocoferol	Tocoferoles totales
Alzina	258,5 n	0,02 h	1,89 q	260,41 k
Andreu	315,5 m	0,17 efgh	4,75 lm	320,42 j
Binissalem	353,0 k	0,19 efgh	4,25 o	357,44 i
Bolic	390,9 gh	0,18 efgh	6,30 hij	397,38 g
Bord de Santa Maria	500,2 a	1,13 a	20,8 a	522,13 a
Bord de Selva	421,3 f	0,23 defg	5,61 kl	427,14 ef
Bord del Raiguer	378,8 i	0,28 def	7,08 gh	386,16 h
Canaleta	470,9 b	0,51 c	12,17 c	483,58 b
Corona	348,0 kl	0,18 efgh	4,55 mn	352,73 i
Desmai Victòria	449,5 c	0,32 de	7,38 fg	457,20 c
Fanereta	412,4 g	0,16 fgh	5,20 i	417,76 ef
Guarim	434,0 f	0,26 def	6,24 hij	440,50 e
Jordi	379,2 i	0,18 efgh	4,53 mn	383,91 h
Menut	345,6 kl	0,48 c	6,58 ghi	352,66 i
Pintadeta	371,6 j	0,15 fgh	3,50 p	375,25 hi
Ponç	318,3 m	0,16 fgh	3,05 p	321,51 j
Pou de Felanitx	442,2 d	0,20 defgh	8,17 f	450,57 cd
Torres	444,0 d	0,28 def	11,08 d	455,36 c
Totsol	461,9 b	0,59 c	16,68 b	479,17 b
Vera	436,0 de	0,10 gh	5,73 ijk	441,83 d
Verdereta	400,5 gh	0,81 b	9,19 e	410,50 g
Vinagrilla	449,5 c	0,31 def	6,28 hij	456,09 c
Viveta	422,7 f	0,35 d	11,49 cd	434,54 e
Media	400,2	0,31	7,50	408,00

[z] Valores seguidos de letras distintas son significativamente diferentes a $P \geq 0,05$.

Tabla 5. Contenido medio en aceite (% del peso seco) y porcentaje medio de los ácidos grasos mayoritarios del aceite (% del total de aceite) y de la relación ácido oleico/ácido linoleico (O/L) de los cultivares de almendro de Mallorca en comparación con de otra procedencia geográfica (datos propios y de Kodad y Socias i Company, 2008; Kodad *et al*., 2011; Kodad *et al*., 2014)

Table 5. Average oil content (% of dry matter) and average percentage of the major fatty acids in the oil (% of total oil) and ratio oleic acid/linoleic acid (O/L) of the Majorcan almond cultivars in comparison with those of other geographical origin (own data and of Kodad and Socias i Company, 2008; Kodad et al*., 2011; Kodad* et al*., 2014)*

Región	% aceite	Ácido palmítico	Ácido palmitoleico	Ácido esteárico	Ácido oleico	Ácido linoleico	Relación O/L
Mallorca	56,78	6,17	0,51	2,38	69,22	21,14	3,27
Andalucía	57,43	5,77	0,41	2,11	74,00	16,97	4,43
Aragón	60,03	6,13	0,49	2,03	73,00	17,70	4,42
Canarias	57,26	6,20	0,48	1,85	73,03	17,37	4,38
Cataluña	61,08	6,35	0,47	1,93	69,88	20,73	3,45
Murcia	57,15	6,05	0,44	2,04	73,30	17,40	4,30
Valencia	59,33	6,08	0,47	1,97	70,40	19,43	3,75
España	60,40	6,15	0,45	2,05	72,20	18,46	4,02
Italia	61,30	5,81	0,45	2,07	72,93	18,06	4,22
Francia	60,51	5,83	0,44	2,17	72,42	18,22	4,13
Ucrania	60,44	5,98	0,39	1,96	71,85	19,02	3,92
Portugal	60,57	6,02	0,45	2,31	70,39	20,11	3,63
Estados Unidos	60,90	6,03	0,46	1,94	70,26	20,56	3,59
Grecia	58,68	6,19	0,48	2,30	69,39	21,09	3,42

Unidos tienen un contenido en aceite superior al 60%, mientras que la media de los mallorquines fue de 56,78%. Estos resultados muestran la inconsistencia de la opinión expresada a menudo que los cultivares californianos tienen contenidos en aceite inferiores a los cultivares europeos (García-López *et al*., 1996).

Estos datos confirman que la variabilidad inter-regional es menor que la intra-regional, de manera que en todas las zonas productoras de almendra se pueden encontrar cultivares con almendras de porcentajes de aceite muy diferentes. Así, cultivares con un porcentaje de aceite superior al 60%, como 'Andreu', 'Bord del Raiguer' y 'Corona', podrían servir para producir turrón blando, aunque en otras regiones se encuentran cultivares con porcentajes bastante más altos. Por otro lado, cultivares con los porcentajes menores de aceite, como 'Guarim' y 'Vinagrilla', serían más apropiados para la obtención de harina o de leche de almendra.

La proporción de los diferentes ácidos grasos en el aceite de almendra es similar en la mayoría de cultivares, aunque depende de diferentes factores (Kodad, 2017). En términos generales el ácido oleico varía del 50 al 80% del total, con los cultivares mallorquines incluidos en este rango de variabilidad (del 58,65 al 78,44%), ampliando el rango de la mayoría de procedencias, como California (del 62,86 al 77,35%), Francia (del 65,31 al 76,99%), Grecia (del 64,00 al 74,97%), España (del 67,42 al 74,92%) y Portugal (del 67,66 al 74,10%) (Kodad *et al*., 2011), pero con una media inferior a la de la mayoría de las otras procedencias geográficas (Tabla 5).

En cuanto al porcentaje de los otros ácidos grasos, la media del ácido linoleico, de acuerdo con la correlación negativa con el ácido oleico, es superior a la de otras zonas geográficas, como también se ha observado en los otros tres ácidos analizados (Tabla 5).

La composición en los diferentes ácidos grasos influye en la calidad de la almendra, especialmente por la degradación de los ácidos hacia peróxidos, resultando en la producción de diversos productos que afectan a la calidad (Sung y Jeng, 1994), incluido el gusto rancio (Harris *et al*., 1972). La oxidación del aceite depende de varios factores, como el porcentaje de ácidos grasos insaturados, la luz, el oxígeno, los iones metálicos, la temperatura y las enzimas (Gou *et al*., 2000; Zacheo *et al*., 2000). En concreto, en las almendras la relación O/L es un buen índice de la resistencia del aceite al enranciamiento, siendo preferibles índices elevados (Kester *et al*., 1993), mientras que en otros frutos secos, como la avellana, el criterio adoptado ha sido el de la relación de ácidos grasos insaturados/ácidos grasos saturados (Serra Bonvehí y Ventura Coll, 1993; Pershern *et al*., 1995). Aunque en general esta relación O/L es baja en los cultivares mallorquines, dato que puede recomendar su rápida comercialización e industrialización, así como un consumo inmediato, hay algún cultivar con un valor O/L muy elevado, como 'Corona' con un valor de 6,53, superior al más elevado señalado hasta ahora, el de 'Vialfas' con 6,33 (Socias i Company *et al*., 2015).

En cuanto a la concentración en tocoferoles, los cultivares mallorquines muestran en general unos valores inferiores a los señalados para cultivares de otras procedencias. Así, siempre teniendo en cuenta la gran variabilidad que se observa a todas las zonas geográficas del almendro, al considerar las medias de cada homólogo de tocoferol, la media de los cultivares mallorquines es inferior a las de las otras zonas, con la única excepción del γ-tocoferol, que con 7,50 mg kg^{-1} aceite sólo supera la media de los cultivares portugueses con 6,98 mg kg^{-1} aceite (Tabla 6).

Por lo tanto, considerando la baja concentración en tocoferol de las almendras mallorquinas, así como el índice O/L bajo de la mayoría, se acentúa la necesidad de un consumo rápido después de su recolección para evitar en lo posible su posible enranciamiento.

Tabla 6. Concentración media en tocoferoles (mg kg^{-1} de aceite) de los cultivares de almendro de Mallorca en comparación con de otra procedencia geográfica (datos propios y de Kodad y Socias i Company, 2008; Kodad *et al*., 2011; Kodad *et al*., 2014)
Table 6. Average concentration in tocopherols (mg kg^{-1} of oil) of the Majorcan almond cultivars in comparison with those of other geographical origin (own data and of Kodad and Socias i Company, 2008; Kodad et al*., 2011; Kodad* et al*., 2014)*

Región	α-tocoferol	δ-tocoferol	γ-tocoferol	Tocoferoles totales
Mallorca	400,20	0,31	7,50	408,00
Andalucía	437,49	0,78c	13,37	451,64
Aragón	458,88	1,30	16,97	477,15
Canarias	472,12	1,03	18,63	491,78
Cataluña	488,89	1,40	26,23	516,51
Murcia	438,31	0,70	14,33	453,34
Valencia	449,11	0,65	13,17	462,93
España	402,23	0,86	15,06	418,15
Italia	431,45	0,36	7,85	439,66
Francia	465,74	0,45	8,51	474,69
Ucrania	449,44	0,32	7,65	457,40
Portugal	422,89	0,44	6,98	430,31
Estados Unidos	437,35	0,46	8,82	446,62
Grecia	557,66	0,63	12,80	571,09

Conclusiones

No hay ningún parámetro que pueda caracterizar los cultivares mallorquines en relación con los procedentes de otras zonas geográficas, ya que en todas las zonas hay una tal variabilidad que las diferencias de composición entre les zonas no son en general significativas (Kodad *et al*., 2011). En todo caso hay algún cultivar que puede destacar en un componente concreto y que sea de interés para poder establecer un uso determinado de sus almendras. Sí puede considerarse que en general el contenido en aceite, en ácido oleico y en tocoferoles de los cultivares mallorquines es inferior a la media de las otras zonas.

Agradecimientos

Este trabajo se ha llevado a cabo en el marco del proyecto RTA2014-00062-00-00 del INIA, así como de la actividad del Grupo Consolidado de Investigación A12 de Aragón. Se agradece la colaboración de B. Pisà y A. Aristondo en la recolección de las muestras, de O. Frontera y J.M. Ansón en su preparación, y de J. Fornés por los datos no publicados de determinados cultivares.

Bibliografía

Albala K (2009). Almonds along the Silk Road: The exchange and adaptation of ideas from West to East. Petits Propos Culinaires 88: 19-34.

Alessandroni A (1980). Le mandorle. Panifazione e Pasticceria 8: 67-71.

Azzi A, Stocker A (2000). Vitamin E: non-antioxidant roles. Progress in Lipid Research 39: 231-255.

Cassady BA, Hollis JH, Fulford AD, Considine RV, Mattes RD (2009). Mastication of almonds: effects of lipid bioaccessibility, appetite, and hormone response. American Journal of Clinical Nutrition 89: 794-800.

Cotta Ramusino F, Intonti R, Stachini A (1961). Analisi del latte di mandorle e dello sciroppo di orzata. Bolletino dei Laboratori Chemici Provinciali 12: 491-504.

Davis PA, Iwahashi CK (2001). Whole almonds and almond fractions reduce aberrant crypt foci in a rat model of colon carcinogenesis. Cancer Letters 165: 27-33.

Davis PA, Law S, Wong J (2003). Colonic interposition after esophagectomy for cancer. Archives of Surgery 138: 303-308.

Felipe AJ (1977). Almendro. Estados fenológicos. Información Técnica Económica Agraria 27: 8-9.

Foster GD, Shantz KL, Vander Veur SS, Oliver TL, Lent MR, Virus A, Szapary P, Rader DJ, Zemel BS, Gilden-Tsai A (2012). A randomized trial of the effects of an almond-enriched, hypocaloric diet in the treatment of obesity. The American Journal of Clinical Nutrition 96: 249-254.

Fourie PC, Basson DS (1989). Predicting occurrence of rancidity in stored nuts by means of chemical analyses. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie 22: 251-253.

Fraser GE, Bennett HW, Jaceldo KB, Sabaté J (2002). Effect on body weight of a free 76 kilojoule (320 calorie) daily supplement of almonds for six months. Journal of the American College Nutrition 21: 275-283.

Fulgoni VL, Abbey M, Davis P, Hyson D, Jenkins D, Lovejoy J, Most M, Sabaté J, Spiller G (2002). Almonds lower blood cholesterol and LDL-cholesterol but not HDL-cholesterol in human subjects: Results of a meta-analysis. FASEB Journal 16: A981-A982.

García-López C, Grané-Teruel N, Berenguer-Navarro V, García-García JE, Martín-Carratalá ML (1996). Major fatty acid composition of 19 almond cultivars of different origins. A chemometric approach. Journal of Agricultural and Food Chemistry 44: 1751-1755.

García-Pascual P, Mateos M, Carbonell V, Salazar DM (2003). Influence of storage conditions on the quality of shelled and roasted almonds. Biosystems Engineering 84: 201-209.

Gou P, Díaz I, Guerrero L, Valero A, Arnau J, Romero A (2000). Physico-chemical and sensory property changes in almonds of Desmayo Largueta variety during roasting. Food Science and Technology International 6: 1-7.

Gradziel TM, Curtis R, Socias i Company R (2017). Production and growing regions. En: Almond: botany, production and uses (Eds. R Socias i Company y TM Gradziel) pp. 70-86, CABI, Oxfordshire, UK.

Harris NE, Wescott DE, Henick AS (1972). Rancidity in almonds: Shelf life studies. Journal of Food Science 37: 824-827.

Hollis J, Mattes R (2007). Effect of chronic consumption of almonds on body weight in healthy humans. British Journal of Nutrition 98: 651-656.

Hyson DA, Schneeman BO, Davis PA (2002). Almonds and almond oil have similar effects on plasma lipids and LDL oxidation in healthy men and women. Journal of Nutrition 132: 703-707.

ISO (2000). ISO standard 5509. Animal and vegetable fats and oils – Preparation of methyl esters of fatty acids. International Organization for Standardization, Ginebra, Suiza.

Jenkins DJA, Kendall CWC, Marchie A, Parker TL, Connelly PW, Qian W, Haight JS, Faulkner D, Vidgen E, Lapsley KG, Spiller GA (2002). Dose response of almonds on coronary heart disease risk factors – blood lipids, oxidized LDL, Lp(a), homocysteine and pulmonary nitric oxide: a randomized controlled cross-over trial. Circulation 106: 1327-1332.

Jenkins DJ, Kendall CW, Josse AR, Salvatore S, Brighenti F, Augustin LS, Ellis PR, Vidgen A, Rao AV (2006). Almonds decrease postprandial glycemia, insulinemia, and oxidative damage in healthy individuals. Journal of Nutrition 136: 2987-2992.

Kamal-Eldin A, Appelqvist LA (1996). The chemistry and antioxidant properties of tocopherols and tocotrienols. Lipids 31: 671-701.

Kendall CW, Jenkins DJ, Marchie A, Ren Y, Ellis PR, Lapsley KG (2003). Energy availability from almonds: Implications for weight loss and cardiovascular health. A randomized controlled dose-response trial. FASEB Journal 17: A339.

Kester DE, Cunningham S, Kader AA (1993). Almonds. En: Encyclopedia of Food Science, Food Technology and Nutrition (Ed. Academic Press), pp. 121-126, London.

Kodad O, Socias i Company R (2008). Variability of oil content and of major fatty acid composition in almond (*Prunus amygdalus* Batsch) and its relationshipwith kernel quality. Journal of Agricultural Food Chemistry 56: 4096-4101.

Kodad O, Alonso JM, Espiau MT, Estopañán G, Juan T, Socias i Company R (2011). Chemometric characterization of almond germplasm: Compositional aspects involved in quality and breeding. Journal of the American Society of Horticultural Science 136: 273-281.

Kodad O, Estopañán G, Juan T, Alonso JM, Espiau MT, Socias i Company R (2014). Oil content, fatty acid composition and tocopherol concentration in the Spanish almond genebank collection. Scientia Horticulturae 177: 99-107.

Kodad O (2017). Chemical composition of almond nuts. En: Almond: botany, production and uses (Ed. R Socias i Company y TM Gradziel), pp. 428-448. CABI, Oxfordshire, UK.

Longhi S (1952). High-protein animal feed. Italian Patent 470,433 (Chemical Abstracts 1953, 47:10766).

López-Ortiz CM, Prats-Moya S, Beltrán Sanahuja A, Maestre-Pérez SE, Grané-Teruel N, Martín-Carratalá ML (2008). Comparative study of tocopherol homologue content in four almond oil cultivars during two consecutive years. Journal of Food Composition and Analysis 21: 144-151.

Lovejoy JC, Most MM, Lefevre M, Greenway FL, Rood JC (2002). Effect of diets enriched in almonds on insulin action and serum lipids in adults with normal glucose tolerance or type 2 diabetes. American Journal of Clinical Nutrition 76: 1000-1006.

Pershern AS, Breene WM. Lulai EC (1995). Analysis of factors influencing lipid oxidation in hazelnuts (*Corlyus* spp.). Journal of Food Processing and Preservation 19: 9-26.

Reische DW, Lillard DA, Eitenmiller RR (1998). Antioxidants. En: Food Lipids. Chemistry, Nutrition, and Biotechnology (Eds. Akoh CC, Min DB), pp. 423–448. Marcel Dekker, New York, USA.

Ren Y., Waldron KW, Pacy JF, Ellis PR (2001). Chemical and histochemical characterization of cell wall polysaccharides in almond seeds in relation to lipid bioavailability. En: Biologically Active Phytochemicals in Food (Eds. Pfannhauser W, Fenwick GR, Khokhar S), pp. 448-452. Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK

Sabaté J, Hook DG (1996). Almonds, walnuts, and serum lipids. En: Lipids in Human Nutrition (Ed. Spiller GA), pp. 137-144. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.

Sabaté J, Haddad E, Tanzman JS, Jambazian P, Rajaram S (2003). Serum lipid response to the graduated enrichment of a Step I diet with almonds: A randomized feeding trial. American Journal of Clinical Nutrition 77: 1379-1384.

Scott LW, Balasubramanyam A, Kimball KT, Ahrens AK, Fordis CM, Ballantyne CM (2003). Long-term, randomonized clinical trial of two diets in the metabolic syndrome and type 2 diabetes. Diabetes Care 26: 2481-2482.

Sen CK, Khanna S, Roy S (2007). Tocotrienols in health and disease: the other half of the natural vitamin E family. Molecular Aspects of Medicine 28: 692-728.

Senesi E, Rizzolo A, Colombo C, Testoni A (1996). Influence of pre-processing storage conditions on peeled almond quality. Italian Journal of Food Science 8: 115-125.

Serra Bonvehí J, Ventura Coll F (1993). Oil content, stability and fatty acid composition of the main varieties of Catalonian hazelnuts (*Corylus avellana* spp.). Food Chemistry 48: 237-241.

Socias i Company R, Kodad O, Alonso JM, Gradziel TM (2008). Almond quality: a breeding perspective. Horticultural Reviews 34: 197-238.

Socias i Company R, Kodad O, Ansón JM, Alonso JM (2015). 'Vialfas' almond. HortScience 50: 1726-1728.

Spiller GA, Jenkins DJA, Cragen LN, Gates JE, Bosello O, Berra K, Rudd C, Stevenson M, Superko R (1992). Effect of a diet high in monounsaturated fat from almonds on plasma-cholesterol and lipoproteins. Journal of the American College of Nutrition 11: 126-130.

Sung JM, Jeng TL (1994). Lipid per-oxidation and peroxide-scavenging enzymes associated with accelerated aging of peanut seed. Physiologia Plantarum 91: 51-55.

Verdú A, Izquierdo S, Socias i Company R (2017). Processing and industrialization. En: Almond: botany, production and uses (Eds R Socias i Company y TM Gradziel), pp. 70-86. CABI, Oxfordshire, UK.

Yada S, Lapsley K, Huang G (2011). A review of composition studies of cultivated almonds: macronutrients and micronutrients. Journal of Food Composition and Analysis 24: 469-480.

Zacheo G, Cappello MS, Gallo A, Santino A, Cappello AR (2000). Changes associated with postharvest ageing in almond seeds. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie 33: 415-423.

(Aceptado para publicación el 28 de septiembre de 2017)

Efecto de la combinación de triticale con trébol encarnado sobre la producción y composición de la leche de vacas en pastoreo

G. Salcedo[1,*], A. Villar[2], M. Mier[2] y J. Doltra[2]

[1] Dpto. Calidad e Innovación. CIFP "La Granja", 39792 Heras, Cantabria, España
[2] Centro de Investigación y Formación Agraria (CIFA), 39600 Muriedas, Cantabria, España

Resumen

El objetivo de este trabajo fue comparar los efectos del pastoreo de triticale tetraploide (con genotipo DDRR), en monocultivo (TMC) o asociado a trébol encarnado (TAINC) de su primer crecimiento, sobre la producción, composición química y perfil de ácidos grasos de la leche en vacas Holstein-Friesian suplementadas con ensilado de maíz y concentrado. Doce vacas fueron distribuidas en dos grupos y asignadas a cada una de las parcelas con los forrajes descritos anteriormente, según un diseño experimental cruzado con dos períodos experimentales de 9 días. La producción de leche corregida al 4% graso (FCM) y por sólidos totales (FCMs), así como la composición química, no fueron diferentes entre forrajes. Las proporciones representadas por los ácidos omega 3 y 6 no difirieron (P>0,05) entre tratamientos; mientras, la proporción de ácido ruménico fue mayor (P<0,05) en el tratamiento TAINC que en el TMC (1,29 *vs* 0,87 g/100 g ácidos grasos). Los ácidos grasos saturados y monoinsaturados de la leche fueron similares entre tratamientos, mientras los poliinsaturados fueron mayores en TAINC (P<0,05).

Palabras clave: Pastoreo, vacas, leche, ácidos grasos, triticale tetraploide, trébol encarnado.

Abstract
Effect of mixing triticale with crimson clover on milk production and composition of grazing dairy cows

The aim of this study was to compare the effects of grazing tetraploid triticale (DDRR genome) as a pure crop (TMC) or in association with crimson clover (TAINC) on the production, chemical composition and fatty acid profile of milk in Holstein-Friesian cows supplemented with maize silage and concentrate. Twelve cows were distributed among two groups and each group was assigned to a grazing plot for two nine-day periods. Fat and total-solids corrected milk (FCM and FCMs) yield and composition did not differ among grazing plots. Proportions of both omega 3 and 6 fatty acids were similar in both treatments (P>0.05) while rumenic acid was greater in TAINC (1.29 g 100 g^{-1} of fatty acids) than in TMC (0.87 g 100 g^{-1} of fatty acids) (P<0.05). The contents of unsaturated and mono-unsaturated fatty acids in the milk were also comparable in the two grazing treatments, while poly-unsaturated fatty acids were higher (P<0.05) in TAINC.

Keywords: Grazing, cows, milk, fatty acids, tetraploid triticale, crimson clover.

* Autor para correspondencia: gregoriosalce@ono.com
https://doi.org/10.12706/itea.2018.003

Introducción

El cereal con genotipo DDRR (triticale tetraploide) se produce mediante la técnica de hibridación inter-específica entre las especies de *Aegilops tauschii* (un ancestro del trigo y donador del genoma DD) y *Secale cereale* (centeno y donador del genoma RR) (Cabrera *et al.*, 1996). El triticale es un cereal de elevada producción de biomasa por lo que resulta un forraje alternativo al raigrás italiano debido a su doble aptitud pastoreo y ensilado. Las características más relevantes del DDRR son el crecimiento inicial en roseta y elevado ahijado; floración tardía; tallo alto y vigoroso; hojas largas y estrechas; elevada producción de espigas de gran longitud (25-30 cm) y poca densidad de espiguillas; raquis entero y gluma semi-tenaz; grano alargado de tamaño medio-pequeño; poca fertilidad y bajo rendimiento en grano; insensibilidad a las enfermedades más comunes de los trigos (royas y oídio) y lenta senescencia de hojas (Ballesteros *et al*., 2007).

Los cereales utilizados como forraje en vacuno lechero han sido analizados fundamentalmente desde los aspectos productivos y nutricionales y, en menor medida, por su composición en ácidos grasos (Salcedo *et al*., 2014) y posterior efecto sobre la composición de la grasa de la leche.

La alimentación ejerce una gran influencia sobre el perfil de ácidos grasos de la leche, en especial sobre el contenido en ácido ruménico y sus isómeros (Bauman *et al*., 2001). La suplementación con ensilado de maíz en la dieta de vacas lecheras reduce el contenido de ácidos poliinsaturados de la leche, particularmente los ácidos ruménico y omega-3 e incrementa el ácido omega-6 (Coppa *et al*., 2013). La concentración de ácido linoleico en maíz aumenta con el avance de la madurez (Khan *et al*., 2015), reduciéndose al mismo tiempo la del ácido linolénico. Para el triticale, ambos ácidos grasos disminuyen con la edad (Salcedo *et al*., 2014). La incorporación de triticale, al tratarse de un cereal, posiblemente intensificaría este efecto.

Algunos estudios señalan que la combinación de gramíneas y leguminosas en la dieta de vacas lecheras incrementa el contenido de ácidos poliinsaturados en la carne y leche de los rumiantes (Kraft *et al*., 2003), posiblemente debido al mayor contenido de ácido linolénico en las leguminosas (Van Ranst *et al*., 2009). Teniendo en cuenta lo expuesto, el objetivo de este experimento fue estudiar si la combinación de triticale con leguminosas en el pasto contribuye a obtener un perfil de ácidos grasos en la leche de vaca más saludable.

Material y métodos

Localización del experimento

El experimento se desarrolló en la finca de prácticas del Centro Integrado de Formación Profesional (CIFP) "La Granja", Heras, Cantabria (43º 24'N; 3º 45'W; 5 m sobre el nivel del mar) de octubre de 2014 a marzo de 2015, en una superficie útil de 0,75 ha, distribuidas en dos parcelas experimentales de 0,37 hectáreas.

Operaciones de cultivo

El cultivo anterior al experimento fue maíz para ensilado. La preparación del terreno consistió en dos pases cruzados con grada de discos y uno de fresadora paralelo a la posterior línea de siembra. La fertilización de fondo con purín de vacuno leche a la dosis de 134 y 22 kg de N y P ha^{-1}, respectivamente, más 15 kg de N mineral ha^{-1} en forma de nitrato amónico cálcico del 27% como abonado de cobertera, aplicado el 10 de febrero. Las características físico-químicas del purín fueron las siguientes: 6,94 ±

0,38 de pH, 11,08 ± 1,5 mS cm^{-1} de conductividad, 106 ± 16 g materia seca/kg, 740 ± 43,3 g materia orgánica/kg, 3,8 ± 0,04 g nitrógeno/kg, 1,2 ± 0,01 g Nitrógeno amoniacal/kg y 6,6 ± 0,18 g P/kg MS.

La semilla del triticale con genotipo DDRR cv. 'Alameda' fue tratada con triticonazol 25 p/v. La dosis de siembra del triticale en monocultivo (TMC) fue de 190 kg ha^{-1} y 170 kg ha^{-1} en la asociación (TAINC) y 20 kg ha^{-1} de trébol encarnado cv. 'Asterix', realizándose con una sembradora de chorrillo el 17 de octubre del 2014. Posterior a la siembra, se pasó un rodillo cultipacker para favorecer la germinación y nivelar el terreno.

Animales y dietas

Doce vacas lecheras (3 primíparas y 9 multíparas), con un peso vivo medio de 672 ± 72 kg, se distribuyeron en dos grupos equilibrados para los días de lactación (197 ± 140), número de parto (2,16 ± 1,1) y producción de leche (27,1 ± 5 kg, 3,6 ± 0,8% de grasa y 3,30 ± 0,48% de proteína). El diseño experimental fue de tipo cruzado 2 x 2, definido por dos tipos de cultivos forrajero (monocultivo de triticale *vs.* cultivo de triticale asociado con trébol encarnado) y dos periodos experimentales. Cada periodo tuvo una duración de 9 días, distribuidos en 7 días de adaptación a la dieta y 2 de mediciones. El corto período de adaptación se estableció con la intención de utilizar el forraje con el mayor contenido en principios nutritivos y, al mismo tiempo, minimizar las pérdidas de biomasa por pisoteo (Tabla 1). Dieciocho días antes del experimento, la alimentación de las vacas consistió en pastoreo de raigrás inglés y trébol blanco, con la misma suplementación y cantidad de concentrado y ensilado de maíz que la del presente experimento, lo que permitió suponer una rápida adaptación de la microbiota ruminal a las condiciones experimentales.

El ensilado de maíz fue recolectado al estado de 1/3 de la línea de leche y fermentado en un silo trinchera sin adición de conservante. El consumo de ensilado de maíz para el lote se determinó diariamente, pesando la oferta y los rechazos. Se consideró a los rechazos el mismo contenido de materia seca que la oferta. Las dietas experimentales consistieron en el aprovechamiento a diente de triticale (TAINC o TMC), 7,2 kg de MS vaca y día de ensilado de maíz (32,6% materia seca (MS), 95,7% materia orgánica (MO), 8,43% proteína bruta (PB), 42,5% fibra neutro detergente (FND), 2,37% extracto etéreo (EE), 72,7% materia orgánica digestible sobre materia seca (MODS) y 10,9 MJ de energía metabolizable por kg MS) y 7,3 kg de MS de concentrado (88,2% MS, 93,6% MO, 17,1% PB, 34,1% FND, 5,1 EE, 82,6% MODS y 12,2 MJ kg MS), distribuidos en dos tomas diarias después de los ordeños de mañana y tarde (9 h y 18 h). El concentrado consistió en una mezcla de cebada, 34%; maíz, 28%; gluten de maíz, 4,4%; semilla entera de algodón, 4%; harina de soja, 16%; pulpa de remolacha, 8%; jabones cálcicos, 2%; carbonato cálcico, 1%; fosfato bicálcico, 0,35%; cloruro sódico, 0,79%; bicarbonato sódico, 0,71% y corrector vitamínico mineral, 0,75%.

Manejo del pastoreo

Las vacas realizaron el pastoreo de TAINC o TMC en bandas, mediante hilos electrificados y estaquillas móviles desde el 9 al 26 de marzo, durante 7 horas al día de 10:30 h a 17:30 h. La superficie diaria de forraje asignado a cada vaca fue de 30 m^2, equivalentes a una oferta de 100 kg de forraje fresco. El triticale fue aprovechado entre los estados 36 (sexto nudo detectable) al 41 (vaina de la hoja bandera) (Zadoks *et al*., 1974) y en fase vegetativa el trébol encarnado.

Tabla 1. Producción de triticale (kg MS ha^{-1}) y contenido en principios nutritivos de los alimentos suministrados

Table 1. Production of triticale (kg DM ha^{-1}) and content nutritional principles of food supplied

Alimento	TAINC			TMC		
Período	1º	2º	sd	1º	2º	sd
Biomasa de triticale						
MS, kg ha^{-1}	3742c	3864c	134	2868a	3173c	166
Utilización[1]	65,9b	61,5a	3,4	79,3d	72,3c	0,57
Principio nutritivo						
MS[2]	12,7b	12,4b	0,32	11,3a	12,6b	0,73
MO[2]	89,0	89,2	1,56	90,1	90,6	1,0
PB[2]	23,7b	22,0ab	1,48	22,7ab	20,9a	0,54
FND[2]	57,7a	60,1a	1,9	58,7a	65,4b	3,7
EE[2]	3,50c	3,49b	0,02	3,45ab	3,43a	0,02
MODS[2]	59,7	58,4	2,37	59,1	58,3	1,52
EM[3]	9,55	9,34	0,38	9,46	9,34	0,24

TAIMC: triticale asociado a trébol encarnado; TMC: triticale en siembra pura. [1]Utilización: porcentaje de biomasa ingerida respecto a la total producida (MS, kg ha^{-1}). MS: materia seca; MO: materia orgánica; PB: proteína bruta; FND: fibra neutro detergente; EE: extracto etéreo; MODS: digestibilidad estimada neutro detergente- celulasa de la materia orgánica; EM: energía metabolizable. [2]g/100 g MS; [3]MJ/kg MS. sd: desviación estándar; dentro de cada fila y parámetro valores seguidos por diferentes letras indican diferencias de acuerdo al test de Duncan ($P < 0,05$).

Mediciones experimentales

El forraje ofertado y el porcentaje de utilización (Tabla 1) fueron estimados mediante siegas diarias de cuatro cuadrados de 0,5 m x 0,5 m con segadora manual a pilas a 5 cm del suelo. Alrededor de 100 g de forraje verde de la oferta y otros tantos de rechazo fueron secados en estufa a 60 ºC durante 48 h para determinar el contenido de materia seca. Otra muestra, con un peso aproximado de 1000 g, fue igualmente secada, molida a 1 mm y conservada en contenedores de plástico herméticos de 250 ml de capacidad hasta su posterior análisis. La composición químico-bromatológica de TAINC (triticale y trébol) y TMC (triticale puro) dentro de cada período experimental viene señalada en la Tabla 1.

El consumo de nutrientes de los forrajes TAINC y TMC fue calculado según la expresión:

$$[(MS_{oferta} \times C_{oferta}) - (MS_{rechazada} \times C_{rechazada})] \div \text{Número de vacas}$$

siendo MS los kilos de materia seca en oferta y rechazados vaca y día, y C la concentración de principios nutritivos. La ingestión de los diferentes alimentos, el aporte de nutrientes y la concentración de los mismos dentro de cada dieta, viene indicada en la Tabla 2.

A partir de la producción individual diaria de leche y su porcentaje de grasa se calculó la producción de leche corregida para un con-

Tabla 2. Consumo y concentración nutritiva de las dietas experimentales
Table 2. Nutrient consumption and concentration of experimental diets

	Ingestión (kg MS día)			Concentración nutritiva (% MS)		
	TAINC	TMC	sd	TAINC	TMC	sd
Materia seca total, kg d^{-1}	21,3	21,7	0,58	–	–	–
Triticale, kg MS d^{-1}	6,86	7,16	0,35	31,1	33,0	2,0
Trébol encarnado, kg MS d^{-1}	0,28	–	0,04	1,3	–	0,21
Ensilado maíz, kg MS d^{-1}	7,2	7,2	0,62	33,6	33,3	2,22
Concentrado, kg MS d^{-1}	7,3	7,3	–	34,2	33,6	2,22
FND, kg d^{-1}	9,4	9,6	0,95	44,0	44,2	4,5
MO, kg d^{-1}	19,9	20,2	0,55	93,1	93,4	0,56
PB, kg d^{-1}	3,73	3,54	0,15	17,4	16,3	0,78
MODS, kg d^{-1}	15,4	15,5	0,43	72,3	71,7	0,96
EM, MJ kg^{-1} MS	234	236	6,3	10,9	10,8	0,14
EE, kg d^{-1}	0,83	0,81	0,01	3,88	3,73	0,08

TAINC: triticale asociado a *Trifolium incarnatum*; TMC: triticale en siembra pura; sd: desviación estándar. FND: fibra neutro detergente; MO: materia orgánica; PB: proteína bruta; MODS: materia orgánica digestible sobre materia seca; EM: energía metabolizable; EE: extracto etéreo.

tenido de un 4% grasa (Gaines, 1928) y la de sólidos (Tyrrell y Reid, 1965). Una alícuota al final de cada ordeño de mañana y tarde fue depositada en contenedores estériles de 50 cc, conteniendo 2-3 gotas de azidiol y conservándose en nevera hasta su posterior análisis físico-químico. De la misma forma se tomaron 125 cc de leche, sin adición de conservante y se mantuvo en congelador a -20 ºC hasta su posterior análisis de ácidos grasos.

Durante todo el experimento y siempre antes del ordeño, se comprobó *in situ* el estado sanitario de las ubres mediante el test de California.

Análisis de los alimentos

El contenido en principios nutritivos de los alimentos fueron analizados en el Laboratorio de Nutrición Animal del CIFP "La Granja", determinándose la MS a 60 ºC durante 24 horas y las cenizas a 550 ºC durante 8 horas según la Official Methods of Analysis of AOAC International (A.O.A.C, 1990); la PB como N-Kjeldahl x 6,25 mediante Kjeltec™ 2300 de TECATOR; la FND del triticale se determinó según Goering y Van Soest (1970) y para el ensilado de maíz y el concentrado según Van Soest *et al.* (1991), utilizándose en ambos casos el extractor Dosifiber de SELECTA. El EE se determinó según la A.O.A.C (1990) con el extractor Soxhlet y la digestibilidad *in vivo* de la materia fue estimada a partir de la digestibilidad neutro detergente celulasa (Riveros y Argamentería, 1987). La energía metabolizable de los forrajes en MJ kg^{-1} MS (EM) se estimó a partir de la digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica calculada, expresada en porcenta-

je de materia orgánica digestible sobre materia seca (MODS), como EM = 0,16 x MODS (MAFF, 1984).

Análisis de la leche

Los análisis de proteína, grasa, lactosa, sólidos no grasos y urea fueron realizados en el Laboratorio Interprofesional Lechero de Cantabria. La preparación de los ésteres metílicos de los ácidos grasos de la materia grasa se realizó de acuerdo con la Norma ISO 15884/FIL 182:2002 y la composición en ácidos grasos se determinó mediante cromatografía de gases según la Norma ISO 15885/FIL 184:2002 en el Laboratorio Agroalimentario de Santander (Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino). Los esteres metílicos de los AG se separaron y cuantificaron con un cromatógrafo de gases Autosystem XL (Perkin Elmer), equipado con una columna capilar de silica fundida (Chrompack CP-SIL 88) de 50 metros de longitud, 0,25 mm de diámetro interno y 0,20 mm de espesor de la fase estacionaria. El volumen de inyección fue de 1 μL a una relación 1:42,5, con helio a un flujo de 1,15 ml por minuto como gas portador. La temperatura del inyector era de 275 ºC; el programa de rampa de la temperatura del horno se iniciaba a 50º C durante 2 minutos, después se elevaba a razón de 10 °C por minuto hasta 110 °C durante 5 minutos, y posteriormente subía a razón de 5 °C por minuto hasta los 190 °C durante 12 minutos.

Cálculos

Las relaciones C14:1/C14:0, C16:1/C16:0 y C18:1/C18:0 se obtuvieron para valorar la actividad de la enzima Δ^9 desaturasa (Fievez *et al.*, 2003). Los índices de aterogenicidad (IA) y trombogenicidad (IT) de la leche fueron estimados de acuerdo a Ulbricht y Southgate (1991).

Análisis estadístico

Los resultados de la producción de biomasa y la composición química de los forrajes fueron analizados con el Modelo Lineal Mixto (SPSS 15.0, SPSS, 2006) con el modelo: $Y = \mu + F_i + P_j + \varepsilon_{ijk;}$ siendo μ la media del conjunto, F_i el efecto fijo al tipo de pasto, P_j el efecto debido al período y ε_{ijk} el error residual. La unidad experimental corresponde a la oferta de biomasa diaria. La producción y composición química de la leche se analizaron con el modelo $Y = \mu + F_i + P_j + V_k + \varepsilon_{ijk;}$ siendo, μ la media del conjunto; F_i el efecto fijo del forraje, (TAINC y TMC); $P_{j,}$ el Periodo (1 y 2) y $V_{k,}$ la Vaca (1…12), son considerados como efectos aleatorios y ε_{ijk} el error residual.

Resultados y discusión

Producción, composición química de los forrajes verdes y consumo de nutrientes

La producción de forraje en oferta así como el porcentaje de utilización viene indicado en la Tabla 1. La biomasa fue mayor en el triticale asociado a trébol encarnado (TAINC), sin diferencias entre períodos; mientras, en siembra pura (TMC), lo fue en el segundo ($P<0,05$). El porcentaje de utilización en ambos tratamientos se redujo al aumentar la biomasa en oferta (Tabla 1).

El contenido de proteína bruta de TAINC fue superior en el primer aprovechamiento y, diferente respecto a TMC (Tabla 1). La fibra neutro detergente fue similar en el primer período en ambos forrajes, y menor, ($P<0,05$) en TAINC durante el segundo período respecto al mismo en TMC. Los resultados aquí obtenidos para el TMC fueron similares a los señalados por Salcedo *et al*. (2014), atribuido al similar manejo agronómico (suelo, abonado, dosis de siembra, fecha de siembra, etc.) y condiciones climáticas.

La ingestión de materia seca total, la de forrajes, la de nutrientes y la concentración nutritiva de las diferentes dietas figuran en la Tabla 2. El triticale representó en la dieta una proporción similar (Tabla 2). En todos los casos, la ración fue completada con ensilado de maíz y concentrado en las proporciones de 33,3 ± 1,4% y 33,6 ± 2,8% respectivamente.

En conjunto, los forrajes verdes TMC y TAINC contribuyeron al total de nutrientes con el 40,6 ± 9,9% la FND; 31,5 ± 1,8% la MO; 47,8 ± 2,2% la PB; 27,3 ± 1,5% la MOD; 28,7 ± 1,6% la EM y el 20,3 ± 1,0% el EE.

Producción y calidad físico-química de la leche

La producción individual de leche y su composición química no fue diferente entre tratamientos, pero sí numéricamente superior con 1,4 kg d^{-1} en TAINC (Tabla 3). La relación grasa/proteína de la leche en ambos tratamientos (Tabla 3) fue inferior a 1,05, valor señalado por Hanuš *et al*. (2004) para dietas con bajo contenido de fibra efectiva y elevada proporción de almidón. Las concentraciones de urea en la leche fueron bajas en ambos tratamientos (Tabla 3) respecto a los 201-230 mg/L señalados por Salcedo y Villar (2016) como aceptables en las condiciones de Cantabria. Aquellos valores son indicativos de un mayor consumo de energía respecto a la proteína. No obstante, la relación gramos de proteína por MJ de energía metabolizable fue similar entre dietas y del orden de 15,3 g señalada por el National Research Council (NRC, 2001) para vacas de leche.

Perfil de ácidos grasos en leche

El período para la adaptación de la microbiota ruminal entre períodos fue únicamente de 7 días y este reducido período podría atenuar el impacto de la alimentación. No obstante, autores como Elgersma *et al.* (2004) señalan que el mayor cambio en la composición de los ácidos grasos de la leche ocurre en los primeros cuatro días de transición posteriores a una dieta con ensilado. En nuestro experimento las vacas venían de una alimentación en pastoreo de raigrás inglés y suplementadas con ensilado de maíz y concentrado en iguales proporciones a las de la experiencia.

En la Tabla 3 se presentan los datos de perfil de ácidos grasos. Únicamente se encontraron diferencias significativas ($P<0,05$) entre tratamientos en las proporciones de ácidos ruménico ($P<0,001$) y total de ácidos grasos poliinsaturados.

El valor medio de la proporción conjunta de los ácidos grasos hipercolesterolémicos (C12:0, C14:0 y C16:0) fue de 43,4 ± 5,1%, valor similar al observado por Salcedo y Villar (2014), en vacas lecheras pastando raigrás inglés con trébol blanco y suplementadas con ensilado de maíz y concentrados, en las mismas proporciones que las del presente trabajo (Salcedo y Villar, 2014) y del 45,0% en explotaciones lecheras de Galicia (Flores *et al.,* 2015). El C16:0 fue el ácido graso mayoritario de este grupo, representando el 64,9% en TAINC y el 65,6% en TMC, sin diferencias entre tratamientos y ligeramente inferior, en ambos casos, a la indicada por Flores *et al.* (2011) en vacas pastando trébol violeta o raigrás, suplementadas con similar aporte de ensilado de maíz (33% del total de la dieta) y menor porcentaje de concentrado. En cualquier caso, estos porcentajes se situaron próximos al 30% señalado por Shingfield *et al.* (2008) en dietas con forrajes frescos o dietas ricas en concentrados.

Después del palmítico (C16:0), el oleico (C18:1) fue el segundo ácido graso mayoritario en ambas dietas, sin diferencias entre ellas (Tabla 3). Las concentraciones de esteárico (C18:0) fueron similares entre tratamientos, imputable al similar consumo de forraje fresco y concentrado (Coppa *et al*., 2013).

Tabla 3. Producción de leche, composición química y perfil de ácidos grasos de la leche
Table 3. Milk production, chemical composition and fatty acid profile of milk

	Experimental			
	TAINC	TMC	esm	P
Producción y composición química de la leche				
Leche, kg d^{-1}	27,6	26,2	1,4	ns
FCM, kg d^{-1}	24,1	23,3	0,86	ns
FCMs, kg d^{-1}	25,1	24,1	0,84	ns
Grasa bruta, %	3,25	3,37	0,14	ns
Proteína bruta, %	3,54	3,47	0,11	ns
Grasa/Proteína	0,91	0,97	0,02	ns
Lactosa, %	4,86	4,87	0,03	ns
ESM, %	9,22	9,17	0,09	ns
Urea, mg L^{-1}	109	116	7,7	ns
kg leche FCM/kg MS^{-1}	1,12	1,06	0,04	ns
Ácidos grasos (g $100g^{-1}$ AG)				
C4:0	3,44	3,63	0,07	ns
C6:0	2,46	2,59	0,04	ns
C8:0	1,60	1,68	0,03	ns
C10:0	3,59	3,63	0,08	ns
C12:0	4,16	4,25	0,11	ns
C14:0	11,78	12,10	0,16	ns
C14:1	1,44	1,48	0,06	ns
C15:0	1,61	1,42	0,06	ns
C16:0	29,57	31,23	0,35	ns
C16:1	1,87	1,86	0,08	ns
C17:0	0,76	0,76	0,02	ns
C18:0	7,85	8,14	0,34	ns
C18:1[1]	25,12	23,07	0,48	ns
C18:2 c9, t11[2]	1,29	0,87	0,07	***
C18:2 c9, c12, Ω6	2,78	2,59	0,05	ns
C18:3 (n-3) Ω3[3]	0,63	0,64	0,02	ns
C12:0+C14:0+C16:0	45,5	47,6	0,48	ns
Δ^9 Índice desaturasa C14:0	0,12	0,12	0,005	ns
Δ^9 Índice desaturasa C16:0	0,063	0,059	0,002	ns
Δ^9 Índice desaturasa C18:0	3,50	4,04	0,48	ns
AGCC	15,26	15,79	0,27	ns
AGCM	47,04	48,88	0,52	ns

Tabla 3. Producción de leche, composición química y perfil de ácidos grasos de la leche (continuación)
Table 3. Milk production, chemical composition and fatty acid profile of milk (continuation)

	Experimental			
	TAINC	TMC	esm	P
AGCL	37,69	35,32	0,58	ns
Saturados	66,84	69,47	0,57	ns
Poliinsaturados	4,71	4,10	0,123	*
Monoinsaturados	28,44	26,42	0,49	ns
AG saturados/insaturados	2,05	2,31	0,05	ns
omega-6/omega-3	4,43	4,20	0,09	ns
Índice Aterogeneicidad	1,42	1,60	0,04	ns
Índice Trombogeneicidad	1,18	1,34	0,03	ns

TAIMC: triticale asociado a trébol encarnado; TMC: triticale en siembra pura. FCM: leche corregida 4% graso; FCMs: leche corregida por sólidos; ESM: extracto seco magro; AGCC: Ácidos grasos cadena corta; AGCM: Ácidos grasos cadena media; AGCL: Ácidos grasos cadena larga; Δ^9: Índice desaturasa: C14:1/C14:0; C16:1/C16:0 y C18:1/C18:0; [1]sólo se incluye el isómero Cis-9 (C18:1); [2]ácido ruménico; [3]sólo se incluye el isómero Cis-9, 12, 15 (C18:3); esm: error estándar de la media; ns: No significativo (p>0,05); * p<0,05; *** p<0,001.

Saturados, monoinsaturados y poliinsaturados

Las concentraciones de ácidos saturados y monoinsaturados en la leche no fueron diferentes entre tratamientos (Tabla 3) y sí la de poliinsaturados (P<0,05), imputable al mayor contenido de ruménico (P<0,001). El inferior contenido de saturados en el presente trabajo respecto al señalado por Flores *et al*. (2015) en dietas con similar contenido de ensilado de maíz, tenga su origen en la ingesta de forraje verde. Según Coppa *et al*. (2013), el porcentaje de forraje verde presente en la dieta incrementa las concentraciones de los poliinsaturados y monoinsaturados en la leche, mientras el ensilado de maíz y el concentrado los reduce e incrementa la de los saturados, imputable al consumo de almidón (Kala y Samková, 2010). Pese al mayor contenido de poliinsaturados en TAINC, la relación saturados/insaturados no mejoró significativamente (Tabla 3), aunque sí fue numéricamente menor en un 11%, debido posiblemente al bajo porcentaje de trébol en el forraje.

Ruménico, Omega-3 y Omega-6

El ácido ruménico (C18:2 *cis*-9 *trans*-11) fue un 32% superior en TAINC (P<0,001), imputable a metabolitos secundarios del trébol (De Wit y De Vries, 2008). Estos metabolitos secundarios pueden tener actividad antimicrobiana y, por lo tanto, puedan modificar potencialmente la biohidrogenación ruminal inhibiendo o promoviendo diferentes poblaciones microbianas (Lourenço *et al*., 2007). Por el contrario, los contenidos de omega-6 (C18:2 *cis*-9 c12), omega-3 (C18:3n-3) y la relación omega-6/omega-3 no fueron estadísticamente diferentes entre tratamientos (Tabla 3). Esta relación fue superior a la obtenida por Salcedo y Villar (2014) en la leche de vacas pastando de praderas de raigrás

inglés y trébol blanco, atribuido en parte al inferior aporte de ensilado de maíz y concentrado a la del presente trabajo. Por su parte, Flores *et al*. (2015) obtuvieron mayores concentraciones de omega-6 en la leche de vacas suplementadas con el 30% de ensilado de maíz, siendo aquel un buen indicador en este tipo de dietas (Slots *et al*., 2009).

Conclusiones

El cultivo de triticale asociado a trébol encarnado aumentó la producción de materia seca por hectárea, pero no influyó en la ingestión de forraje por los animales, ni afectó a la producción ni a la composición química de la leche, en lo que respecta a los componentes mayoritarios. El pastoreo combinado de triticale y trébol modificó el perfil de ácidos grasos de la leche, incrementando la proporción de ácido ruménico y del total de ácidos grasos poliinsaturados.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Agroalimentaria la financiación del proyecto RTA 2012-00065-C05-03 que dio origen a este trabajo. También manifiestan su agradecimiento a Agrasys por proporcionar las semillas de DDRR; a Carmela de Andrés del Laboratorio Agroalimentario de Santander, por el análisis de ácidos grasos de la leche y, un reconocimiento especial al personal de la Unidad de Producción de Leche del CIFP por el cuidado de los animales.

Bibliografía

A.O.A.C. (1990). Official methods of analysis, 15th. Ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, U.S.A.

Ballesteros J, Cabrera A, Aardse A, Ramírez M, Atienza S, Martín A. (2007) Registration of TS1, TS10 and TS41, Three High Biomass Production Tetraploid Triticale Germplasm Lines, Journal of Plant Registrations 1: 71-72.

Bauman D, Corl B, Baumgard H, Griimari J (2001). Conjugated linoleic acid (CLA) and the dairy cow. En: Recent Advances in Animal Nutrition. (Ed. Garnstworthy PC, Wisenab J), pp. 221-250. Nottingham University Press, Nottingham, UK.

Cabrera A, Domínguez I, Rubiales D, Ballesteros J, Martín A (1996) DDRR - Tetraploid triticale from *Aegilops squarrosa* L. × *Secale* L. spp. En: Triticale: Today and tomorrow (Ed. H. Güedes-Pinto, N. Darvey, and V.P. Carnide) pp. 179-182. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands.

Coppa M, Ferlay A, Chassaing C, Agabriel C, Glasser F, Chilliard Y, Borreani G, Barcarolo R, Baars T, Kusche, D, Harstad OM, Verbi J, Golecký J, Martin B (2013). Prediction of bulk milk fatty acid composition based on farming practices collected through on-farm surveys. Journal of Dairy Science 96: 4197-4211.

De Wit J, De Vries A (2008). Feed composition and strategies to improve poly-unsaturated fatty acid levels in organic cow milk. Poster at: Cultivating the Future Based on Science: 2nd Conference of the International Society of Organic Agriculture Research ISOFAR, June 18-20, Modena, Italy.

Elgersma A, Ellen G, van der Horst H, Boer H, Dekker PR, Tamminga S (2004). Quick changes in milk fat composition from cows after transition from fresh grass to a silage diet. Animal Feed Science and Technology, 117: 13-27.

Fievez V, Vlaeminck B, Dhanoa MS, Dewhurst RJ (2003). Use of principal component analysis to investigate the origin of heptadecenoic and conjugated linoleic acids in milk. Journal of Dairy Science 86: 4047-4053.

Flores G, Fernández-Lorenzo B, González-Arráez A, Valladares J, Dagnac T, Latorre A, Agruña MJ, Pereira S, Díaz N, Giménez R, Rodríguez-Diz X (2011). Efecto del pastoreo de verano de trébol violeta sobre el contenido en omega-3 de la leche de vacuno. Pastos 41 (1): 79-99.

Flores G, Fernández-Lorenzo B, Dagnac T, Resch C, Pereira-Crespo S, Lorenzana R, González L, Agruña MJ, Barreal M, Veiga M, Botana A (2015). Relación entre dieta y calidad de la leche en un panel de explotaciones lecheras gallegas. AFRIGA 118: 130-146.

Gaines WL (1928). The energy basis of measuring milk yield in dairy cows. Illinois Agricultural Experimental Station Annual Report, p. 308.

Goering HK, Van Soest PJ (1970). Forage Fiber Analyses (Apparatus, reagents, procedures and some applications). Agricultural Handbook 379. Ed. Agricultural Research Services, United States Department of Agriculture. Washington D.C.

Hanuš O, Vylet lová M, Genčurová V, Bjelka M, Kopecký J, Jedelská R (2004). The importance of the raw milk laboratory testing for the dairy farmers. (In Czech) Mliekarstvo 35: 31-38.

Kala P, Samková E (2010). The effects of feeding various forages on fatty acid composition of bovine milk fat: A review. Czech Journal Animal Science 55(12): 521-537.

Khan NA, Yu P, Ali M, Cone JW, Hendriks WH (2015). Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. Journal of the Science of Food and Agricultural 95(2): 238-252.

Kraft J, Collomb M, Möckel P, Sieber R, Jahreis G (2003). Differences in CLA isomer distribution of cow's milk lipids. Lipids 38: 657-664.

Lourenço M, Van Ranst G, De Smet S, Raes K, Fievez V (2007). Effect of grazing pastures with different botanical composition by lambs on rumen fatty acid metabolism and fatty acid pattern of *longissimus* muscle and subcutaneous fat. Animal 1, 537-545.

MAFF 1984. Energy Allowances and Feeding Systems for Ruminants, Reference Book 443. (Ed. Mccarthy J.R., Klusmeyer T., Vic). Her Hajesty's Stationary Office. London. United Kingdom.

NRC (2001). National Research Council. Nutritent Requirements of Dairy Cattle. Seventh revised edition. (Ed. National Academy Press) Wsahington, D.C., United States of America. 408 pp.

Riveros E, Argamenteria A (1987). Métodos enzimáticos de predicción de la digestibilidad in vivo de la materia orgánica de forrajes. 1. Forrajes verdes. Avances en producción animal, 12: 49-58.

Salcedo G, Martínez C, Barceló P, Lazzeri P, Martín A (2014). Potencial productivo de los triticales de nueva generación. En: Pastos y PAC 2014-2020 (Ed. Juan Busqué, Gregorio Salcedo, Emma Serrano, Manuel Mora y Benito Fernández), pp. 263-270. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Potes, Cantabria, España.

Salcedo G y Villar A (2014). Efectos de la fertilización nitrogenada del pasto sobre el perfil de ácidos grasos en la leche de vacas suplementadas con ensilado de maíz. En: Pastos y PAC 2014-2020 (Ed. Juan Busqué, Gregorio Salcedo, Emma Serrano, Manuel Mora y Benito Fernández) pp. 461-468. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Potes, Cantabria, España.

Salcedo G y Villar A (2016). Interpretación del contenido de urea leche. Claves para su minimización en las explotaciones lecheras de Cantabria. Serie Monografías Técnicas. Edita, Gobierno de Cantabria. Consejería de Medio Rural Pesca y Alimentación. 59 pp.

Shingfield, KJ, Chilliard Y, Toivonen V, Kairenius E, Givens D.I (2008). Trans fatty acids and bioactive lipids in ruminant milk. En: Bioactive Components of Milk, (Ed. Zsuzsanna Bosze). Advances in Experimental Medicine and Biology 606: 3-65.

Slots T, Butler G, Leifert C, Kristensen T, Skibsted LH, Nielsen JH (2009). Potentials to differentiate milk composition by different feeding strategies. Journal of Dairy Science 92: 2057-2066.

SPSS (2006). SPSS for Windows, version 15.0 Ed, SPSS Inc., Chicago (USA).

Tyrrell HF, Reid JT (1965). Prediction of the energy value of cow's milk. Journal of Dairy Science 48: 1215-1223.

Ulbricht TLV, Southgate DAT (1991). Coronary heart disease: seven dietary factors. The Lancet 338: 985-992.

Van Ranst G, Fievez V, Vandewalle M, De Riek J, Van Bockstaele E (2009). Influence of herbage species, cultivar and cutting date on fatty acid composition of herbage and lipid metabolism during ensiling. Grass and Forage Science 64: 196-207.

Van Soest, PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science 74: 3583-3597.

Zadoks JC, Chang TT, Konzak CF (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Research 14: 415-421.

(Aceptado para publicación el 24 de noviembre de 2017)

Efecto de la maduración en la conservación de la carne de potro

M. Ruiz[1], M.J. Beriain[1], K. Insausti[1], J.M. Lorenzo[2], M.J. Cantalejo[1] y M.V. Sarriés[1,*]

[1] IS-FOOD. Research Institute for Innovation & Sustainable Development in Food Chain. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Pública de Navarra, Campus de Arrosadía, 31006 Pamplona, España

[2] Centro Tecnológico de la Carne de Galicia, Rúa Galicia Nº 4, Parque Tecnológico de Galicia, San Cibrao das Viñas, 32900 Ourense, España

Resumen

Para el desarrollo del presente estudio, se investigó el efecto de la maduración del músculo *Longissimus dorsi* (LD), por un lado como pieza entera y por otro lado tras el fileteado, sobre los parámetros de calidad de la carne de potro. Se emplearon músculos madurados 24 horas en la canal procedentes de ocho potros quincenos de raza Burguete. Cada lomo se dividió en dos partes iguales. Una parte no fue madurada, y la segunda fue madurada 7 días. Posteriormente, ambas partes fueron fileteadas y los filetes fueron conservados durante 9 días en bandejas cubiertas con film permeable al oxígeno en un expositor. No hubo interacción entre la maduración en el lomo y el tiempo de conservación posterior del filete. Los valores de textura fueron bajos desde el comienzo siendo considerada "tierna". Debido a la maduración, el enrojecimiento (a*) fue intenso y el contenido de metamioglobina fue bajo, pero la oxidación de los lípidos y la degradación del olor aumentaron. Cuando la maduración se llevó a cabo en filete, el tiempo de conservación y la atmósfera rica en oxígeno hicieron que la carne de potro se deteriorara rápidamente. La oxidación de los lípidos y la mioglobina y la degradación del color aumentaron día a día. Además, cuanto más tiempo estuvo expuesta la carne al oxígeno, peores fueron las valoraciones de color y olor sensorial de la carne de potro. El tiempo de conservación de la carne de potro fue inferior a 3 días, siendo el color característico el factor limitante.

Palabras clave: Potro, maduración, textura, degradación de color, oxidación, análisis sensorial.

Abstract
Ageing effect on foal meat preservation

Ageing effect in loin and steaks was investigated to study quality parameters on foal meat. Eight *Longissimus dorsi* muscles (LD) aged 24 hours inside the carcass from 15-month-old foals were used. One equal part of the loin was not aged, the second part was aged 7 days and both of them were filleted in steaks, aged for 9 days in trays and preserved in an expositor chamber. There was no interaction between loin ageing time and steak conservation time. Texture values were low at the beginning, the foal meat being described as "tender". Redness (a*) was intense and metmyoglobin content was low, but lipid oxidation and odor degradation increased. When ageing was carried out on steaks, oxygen exposure time and the free oxygen atmosphere made foal meat deteriorate rapidly. Lipid and myoglobin oxidation and color degradation increased day by day. In addition, the longer the meat was exposed to free oxygen, the worse were the scores for sensory color and odor of foal meat. The preservation time of foal meat was less than 3 days, the characteristic color being the limiting factor.

Keywords: Foal, ageing, texture, color degradation, TBAR'S, sensory analysis.

* Autor para correspondencia: vsarries@unavarra.es

https://doi.org/10.12706/itea.2018.004

Introducción

El color y la terneza son dos de las características más importantes de la carne en el momento de compra y de consumo (Koohmaraie, 1996; Rentfrow *et al*., 2004). La maduración es un proceso muy importante, cuyo principal objetivo es el ablandamiento de la carne. Pero, en este proceso no sólo ocurren cambios en la textura, sino que también tienen lugar alteraciones en el color, aroma y en la apariencia. Debido a la importancia de este proceso, muchos estudios han tratado de definirlo en diferentes especies; principalmente en vacuno y especialmente en diferentes razas de la misma, con el fin de conocer su punto óptimo de maduración (Campo *et al*., 2000). Sin embargo, este tipo de estudios no se ha extendido a razas equinas. La carne de potro destaca especialmente por su terneza a las 24 horas *post mortem*. Según la clasificación descrita por Belew *et al*. (2003) de acuerdo a la fuerza de corte (WBSF, Warner Bratzler Shear Force), la carne de potro, únicamente madurada 24 horas en la canal podría considerarse como "tierna" (3,2 < WBSF < 3,9 kg) o incluso "muy tierna" (WBSF < 3,2 kg) según los valores descritos por varios autores (Sarriés y Beriain, 2006; Franco *et al*., 2011a; Lorenzo *et al*., 2013). La falta de valores de referencia para este proceso ha dado lugar al desarrollo de diferentes estudios. Sarriés y Beriain (2006) estudiaron el músculo LD proveniente de potros de raza Burguete, madurado 24 horas dentro de la canal y 4 y 8 días fuera de la misma. Lanza *et al*. (2009) desarrollaron su estudio en el músculo LD de potros de raza Sanfratellano y Haflinger con una maduración de 4 y 6 días dentro de la canal. Otros autores como Gómez y Lorenzo (2012), Lorenzo y Gómez (2012) y Lorenzo *et al*., (2013) llevaron a cabo su estudio de maduración con el músculo LD proveniente de potros de raza Gallego de Monte y de potros cruzados Hispano-Bretón x Gallego de Monte, madurado 24 horas dentro de la canal y tras un posterior fileteado. Sin embargo, no hay suficientes estudios sobre el sistema más apropiado de maduración y sobre el manejo de la carne durante este periodo. Además, la falta de normas y directrices a seguir durante este proceso, hace que no sea posible ofrecer al consumidor un producto bien definido.

Por tanto, el objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la maduración sobre los parámetros de calidad de la carne de potro y saber si existen diferencias entre la maduración de toda la pieza de lomo fuera de la canal y la maduración después de filetear el lomo.

Material y métodos

Material animal y diseño experimental

Para llevar a cabo este estudio, se emplearon 8 potros de raza Burguete de 15 a 16 meses de edad. El manejo animal fue similar al indicado en previos estudios en los cuales se empleó esta misma raza (Sarriés y Beriain, 2005). Los animales fueron sacrificados en el matadero oficial "La Protectora" S.A. de Pamplona (Navarra) (Directiva del Consejo de la Unión Europea 95/221EC). El peso de las canales fue de 281 ± 14,87 kg. La media canal izquierda de cada animal fue conservada en refrigeración durante 24 horas a 0ºC, con una humedad relativa del 98% y con una corriente de aire de 13.600 m^3/h. Tras 24 horas, el músculo LD fue extraído de la media canal izquierda y llevado en refrigeración a la Universidad Pública de Navarra.

El músculo LD fue dividido en dos partes iguales, entre la 6ª y la 7ª costilla. La zona craneal fue destinada a estudiar la carne 24 horas *post mortem* (M0) y la zona lumbar fue madurada 7 días envuelta en una doble película de PVC permeable al oxígeno y conservada en refrigeración durante 7 días (M7) a 4 ± 1ºC de temperatura, oscuridad total y

90-95% de humedad relativa. Transcurridos ambos tiempos de maduración (M0, M7), las muestras fueron fileteadas obteniendo 4 filetes de 1,5-2 cm de espesor de cada mitad. Dicho filetes fueron conservados durante 0, 3, 6 y 9 días (tiempo de conservación: TC) en bandejas de polietileno de 0,75 litros (0750-639015) cubiertas con una película de PVC permeable al oxígeno (transmisión de oxígeno: 1762 cm^3/254 cm^2/24 h/atm). Estas bandejas se almacenaron a 2 ± 1ºC, simulando las condiciones de venta al por menor en los supermercados en una cámara de refrigeración iluminada por una luz fluorescente blanca durante 10 h / día.

Composición química

La composición química de la carne de potro se analizó 24 horas después del sacrificio. El contenido de humedad (%), proteína (%), grasa intramuscular (%) y ceniza (%) se determinó siguiendo las Normas Internacionales ISO R-1442: 1978, ISO R-937: 1978, ISO R-1443: 1978 e ISO R-936-1998, respectivamente. Se cuantificó el contenido de hierro total (mg/ 100 g de carne fresca) (Norma UNE-EN-14082: 2003), de hierro hemínico (mg / 100 g de carne fresca) y de mioglobina (mg/ g de músculo) (Boccard *et al*., 1981). Además, se analizó el contenido de colágeno total (g/ 100 g de carne) (CT) y soluble (% CT) (CS) de acuerdo con Bonnet y Kopp (1986).

Textura instrumental

Los parámetros de textura se determinaron tanto en el músculo LD no maduro (M0) como madurado 7 días (M7). El análisis de compresión se desarrolló en carne cruda utilizando un dispositivo de compresión modificado que evita el alargamiento transversal de la muestra (Lepetit y Culioli, 1994). Las variables consideradas fueron la compresión al 20% (kg / cm^2) (C20) y compresión al 80% (kg / cm^2) (C80). La compresión al 20% es una medida de la fuerza de las miofibrillas y la compresión al 80% está relacionada con el contenido de colágeno y el número de reticulaciones entre las moléculas de colágeno (Lepetit y Culioli, 1994). El análisis de fuerza al corte se realizó cocinando la carne envasada al vacío en un baño de agua a 75 ± 1ºC hasta una temperatura interna de 70 ± 1ºC durante 45 minutos. Esta temperatura fue medida con una sonda Digitron 3246 (Hereford, RU). La fuerza de cizallamiento máxima se evaluó utilizando un dispositivo de fuerza de cizalla Warner-Bratzler (Kg) hasta que las muestras se cortaron completamente. En ambos casos, se analizaron un mínimo de ocho muestras de 1 cm^2 (sección transversal cuadrada), con las fibras musculares paralelas al eje longitudinal de la muestra. Se utilizó un texturómetro TA-XT2i Stable Micro Systems conectado a un ordenador con IBM Foxen, microprocesador AutenticAMD-K6 (tm) y procesador 3D. Para el control del dispositivo y el procesamiento de los datos, se utilizó el programa informático "Texture Expert" versión 1.22 a Windows (Stable Micro Systems, Surrey, UK).

Oxidación lipídica

La oxidación lipídica se determinó en los filetes del músculo LD no madurado (M0) y madurado 7 días (M7) en los días 0 y 9 de tiempo de conservación (TC). El valor del ácido tiobarbitúrico (TBA) se calculó según lo descrito por Tarladgis *et al*. (1960). Los resultados se expresaron como mg de malonaldehído / kg de carne.

Color instrumental

El color de la carne se analizó en los filetes de M0 y M7 en los días 0, 3, 6 y 9 de TC. Los valores de color de CIE (1976) Luminosidad (L*), índice de rojo (a*) e índice de amarillo

(b*) fueron medidos con un espectrofotómetro Minolta CM2002, iluminante D65 y un 10 Observador estándar. Se realizaron 5 medidas en cinco zonas diferentes de cada filete, cambiando la orientación del instrumento cada vez, y se trabajó con la media obtenida de estas 5 repeticiones. Posteriormente, la cromaticidad (C*) y los valores de tonalidad (h*) fueron calculados a partir de las siguientes ecuaciones: $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{0.5}$ y $h^* = \arctan(b^*/a^*)$.

Por otro lado, se determinó la estabilidad del color en cada momento de TC (0d, 3d, 6d y 9d) y se basó en la cuantificación de la metamioglobina sobre la superficie de la carne (MMb%) (American Meat Science Association (AMSA), 2012). Los valores de reflectancia empleados fueron los correspondientes a los puntos isobésticos 525nm y 572nm, característicos de la curva de metamioglobina. A partir de estas reflectancias se obtuvieron los valores K/S de las curvas de referencia según la ecuación:

$$k/S = \frac{(1-R)^2}{2R}$$

El porcentaje de MMb se calculó mediante la fórmula:

$$\%MMb = \frac{K/S_{572}/K/S_{525\ 0\%MMb} - K/S_{572}/K/S_{525\ 0\%MMb\ de\ la\ muestra}}{K/S_{572}/K/S_{525\ 0\%MMb} - K/S_{572}/K/S_{525\ 100\%MMb}}$$

Análisis sensorial

Estos análisis se realizaron en todos los filetes (M0, M7) y en los días 0, 3, 6 y 9 de TC. Los atributos estudiados fueron el olor y el color característico de la carne de potro fresca. Se empleó la metodología utilizada por Gómez *et al*. (2014) en vacuno, pero adaptada para carne de potro (Ruiz *et al*., 2016). Se llevaron a cabo cinco sesiones de entrenamiento específico de carne de potro descrito por los mismos autores. Los panelistas fueron entrenados con muestras reales y cuya descriptiva aparece en la tabla 1. Un panel sensorial de 15 miembros evaluó ambos atributos. Se utilizó una escala lineal no estructurada de 150 mm para medir la evolución del olor y el color característico. Se indicó: en el extremo izquierdo (valor mínimo, 0 mm) "olor característico", "color característico" y en el extremo derecho (valor máximo 150 mm) "olor no característico", "color no característico", respectivamente. El punto medio (75 mm) marcó el límite entre "característico" y "no característico" ($0 < 75 \leq 150$ mm). Las sesiones se programaron en función de la maduración del músculo LD en pieza entera (M0, M7) y en filetes (0d, 3d, 6d y 9d). El olor fue el primer atributo evaluado con luz roja (100 lux) seguido del color, utilizando, en este caso, luz blanca (450 lux). Las muestras fueron identificadas por un número de tres dígitos en un orden aleatorio. La cata se realizó en la sala de análisis sensorial de la Universidad Pública de Navarra acreditada según la norma UNE EN ISO / IEC 17025 (Acreditación 300 / LE 584, 2001).

Análisis estadístico

Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el paquete informático SPSS 22.0. Se realizaron análisis descriptivos estadísticos para caracterizar la carne de potro en su origen y se calcularon coeficientes de variación para explicar la heterogeneidad de este tipo de carne.

$$Y_{ijk} = \mu + \varepsilon_{ijk}$$

siendo: Y_{ijk}: La observación del parámetro analizado; μ: Media mínima cuadrada de la población; ε_{ijk}: Error vinculado a cada observación.

Además, para las variables en las que se estudió el efecto de la maduración del músculo LD en pieza entera y del tiempo de conservación en filetes, se realizó un análisis de varianza (ANOVA):

$$Y_{ijk} = \mu + P_i + F_j + L_i x\ F_j + \varepsilon_{ij}$$

Tabla 1. Descripción de la evolución del olor y el color visual relacionado con los diferentes puntos de la escala de valoración empleada y desarrollada de acuerdo a los resultados del entrenamiento de catadores sobre carne de potro
Table 1. Description of odour and visual colour evolution related to the scores on the scale developed according to the panellists training on foal meat

Atributo		Descripción visual		Valoración (mm)
Color	Característico	Rojo no intenso y brillo moderado (carne fresca)	Rojo	0
			Rojo no intenso	
		Decoloración gradual y pérdida de brillo	Menos rojo	$0 < x \leq 37$
		Ligera tendencia a marrón y pérdida total de brillo	Ligeramente marrón	$37 < x \leq 75$
	Anómalo	Primeras apariciones de zonas ligeramente verdosas	Ligeramente verdoso	$75 < x \leq 112$
		Aumento importante de las zonas marrones y verdes sobre la superficie	Verde y marrón oscuro	$112 < x \leq 150$
Olor	Característico	Ausencia de olor o suave olor a carne fresca		0
		Incremento gradual en la intensidad de olor pero manteniendo la frescura		$0 < x \leq 37$
	Anómalo	Toque picante apreciado con la nariz o la garganta		
		Olor ligeramente ácido		$37 < x \leq 75$
		Incremento gradual del olor picante y ácido (no demasiado intenso)		$75 < x \leq 112$
		Percepción intensa de olor picante y ácido (similar a pan de molde)		$112 < x \leq 150$

Fuente: Ruiz *et al.* (2016). Description of the training methodology employed to describe foal meat attributes.

siendo: Y_{ijk}: La observación del parámetro analizado; μ: Media mínima cuadrada de la población; P_i: Efecto de la maduración en pieza entera. i = 1: 0 días; i = 2: 7 días; F_j: Efecto del tiempo de conservación en filete. j = 1: 0 días; j = 2: 3 días; j = 3: 6 días; j = 4: 9 días; PxF: Efecto de la interacción de los efectos principales; ε_{ij}: Error vinculado a cada observación. Las diferencias significativas (P > 0,05) para el tiempo de conservación fueron comprobadas con el Test de Tukey para un nivel de significación de P > 0,05.

Asimismo, se utilizaron correlaciones de Pearson para conocer la relación entre el conjunto de variables.

Resultados y discusión

Composición química

La composición química del músculo LD se muestra en la tabla 2. En general, los valores medios del contenido de humedad, cenizas y proteína se encuentran dentro del rango de valores descritos previamente por otros autores como Lorenzo *et al.* (2013) en potros de raza Gallego de Monte sacrificados con 15 meses de edad, Polidori *et al.* (2015) en potros Martina Franca sacrificados con 12 meses de edad, o Sarriés y Beriain (2005) en potros de raza Burguete de 16 meses de edad. Destaca el contenido de grasa intramuscular, el cual se aproximó al descrito por Sarriés y Beriain (2005) (3,17 %) y sin embargo, fue muy superior al obtenido por otros autores (Lorenzo *et al*., 2013; Polidori *et al*., 2015) (0,22 % en Gallego de Monte; 1,87 % en Martina Franca, respectivamente). Estas diferencias en grasa intramuscular podrían deberse a la raza (Lorenzo *et al*., 2014). Por otro lado, también es destacable el contenido de mioglobina (mg/g músculo). Dichos valores fueron muy superiores a los obtenidos por Tateo *et al*. (2008) (3,20) y Sarriés y Beriain (2005) (3,51). Según Lorenzo *et al*. (2014) un sistema de producción extensivo ayuda a incrementar el contenido de hierro de la carne de potro. Los animales a estudio permanecieron libres hasta el día previo al sacrificio. Además, su cría en alta montaña (800 msnm), ejercicio y pastoreo, exigen al organismo una oxigenación más alta y dificultosa y por lo tanto da lugar a una mayor cantidad de pigmentos en el músculo (Sañudo, 1993).

Tabla 2. Composición química del músculo Longissimus dorsi procedente de potros de raza Burguete
Table 2. Chemical composition of Longissimus dorsi muscle from Burguete foals

	Valores*
Humedad (%)	71,40 ± 0,81
Ceniza (%)	1,14 ± 0,03
Proteína (%)	23,46 ± 0,91
Grasa intramuscular (%)	5,13 ± 1,15
Hierro hemínico (mg /100 g carne)	1,92 ± 0,31
Mioglobina (mg/ g músculo)	5,67 ± 0,93
Hierro total (mg/ 100 g carne)	2,00 ± 0,19

*Valores indicados como media ± desviación estándar (n = 8).

Efecto de la maduración en la carne de potro

El efecto de la maduración en el músculo LD en pieza entera (P) y el tiempo de conservación en los filetes (F) no mostró ninguna interacción (PxF) (tabla 3). La maduración del músculo LD (P) sólo presentó diferencias significativas en el contenido de colágeno total (P ≤ 0,01). Por el contrario, el tiempo de conservación en los filetes (F) mostró un efecto más evidente en la mayo-

Tabla 3. Efecto del tiempo de maduración del músculo *Longissimus dorsi* madurado en pieza entera 0 y 7 días (M0 *vs*. M7) y tras el fileteado durante 0, 3, 6 y 9 días de tiempo de conservación sobre los parámetros físico-químicos y sensoriales, procedente de potros de raza Burguete

Table 3. Effect of ageing time over the Longissimus dorsi *muscle aged 0 and 7 days (M0* vs. *M7) in whole piece, and after a slicing process, aged 0, 3, 6 and 9 days of storage time on the physic-chemical and sensory parameters, from Burguete foals*

	Pieza entera (P)		Filetes (F)				Pieza entera	Filetes	P x F
	M0	M7	0 días	3 días	6 días	9 días			
Colágeno soluble (%CT[1])	9,46 ± 1,02	10,91 ± 3,05					NS		
Colágeno total (g/100 g carne)	0,58 ± 0,05	0,33 ± 0,02					***		
TBAR'S (mg malonaldehído /kg carne)	0,18 ± 0,01	0,56 ± 0,01	0,37 ± 0,06			1,76 ± 0,24	***	***	NS
MMb%	11,50 ± 4,24	4,55 ± 2,65	8,03 ± 2,66^{a}	67,79 ± 2,12^{bc}	70,09 ± 4,02^{c}	52,35 ± 6,78^{b}	NS	***	NS
L*	35,25 ± 1,04	34,58 ± 0,73	34,92 ± 0,60^{a}	35,57 ± 1,10^{a}	35,17 ± 0,67^{a}	31,53 ± 0,98^{b}	NS	**	NS
a*	10,24 ± 0,42	14,29 ± 0,49	12,27 ± 0,82^{a}	9,09 ± 0,73^{b}	8,14 ± 0,32^{b}	8,44 ± 0,43^{b}	***	***	NS
b*	6,34 ± 0,89	6,52 ± 0,53	6,43 ± 0,48	5,28 ± 0,77	5,56 ± 0,64	8,95 ± 2,04	NS	NS	NS
C*	12,13 ± 0,62	15,74 ± 0,61	13,94 ± 0,79^{a}	10,79 ± 0,80^{ab}	10,03 ± 0,87^{b}	12,89 ± 1,56^{ab}	**	*	NS
h*	31,26 ± 3,74	24,44 ± 1,49	27,85 ± 2,26	38,81 ± 8,54	33,76 ± 3,80	42,41 ± 6,08	NS	NS	NS
Olor característico[2]	37,3 ± 0,27	59,7 ± 0,41	48,5 ± 0,41^{a}	55,5 ± 0,47^{a}	77,0 ± 0,32^{b}	101,5 ± 0,52^{c}	***	***	NS
Color característico[2]	47,9 ± 0,57	44,8 ± 0,26	46,4 ± 0,30^{a}	77,5 ± 0,29^{b}	93,2 ± 0,21^{c}	115,3 ± 0,45^{d}	NS	***	NS

TBAR'S: Thiobarbituric acid reactive substances; MMb%: Metamioglobina; L*: Luminosidad; a*: índice de rojo; b*: índice de amarillo; C*: cromaticidad; h*: valores de tonalidad.

Valores mostrados como media ± desviación estándar (n = 8).

* = P<0,05, ** = P≤0,01, *** = P≤0,001, NS = no significativo.

$^{a, b, c}$: Valores medios dentro de la misma fila con diferentes letras son estadísticamente diferentes (P < 0,05).

[1]%CT: Porcentaje de colágeno total. [2]Escala sensorial: 0-150 mm, desaparición gradual del olor/color característico y aparición de aromas/colores de degradación.

ría de las variables asociadas con los procesos de oxidación y degradación. Este resultado deja ver que la evolución de los parámetros durante el tiempo de conservación seguiría una misma tendencia independientemente del tiempo de maduración del lomo.

Efecto de la maduración del músculo LD en pieza entera

El efecto de la maduración en pieza entera se muestra en la tabla 3. Por un lado, el contenido de colágeno total difiere ($P \leq 0,001$) entre el músculo no madurado (M0) y madurado 7 días (M7). Sin embargo, la maduración no influyó en el contenido de colágeno soluble ($P > 0,05$), ya que se obtuvieron resultados similares. Los resultados de colágeno total mostrados por Badiani *et al*. (1997) se encontraban entre 0,98% y 1,53% en carne madurada 10 y 14 días y procedente de potros sacrificados con 6 y 10 meses de edad; valores muy superiores a los obtenidos en este estudio. Por otro lado, los resultados de colágeno soluble en el LD no maduro (M0) fueron similares a los descritos por Sarriés y Beriain (2005) (10,23 ± 2,06). Es importante indicar que el colágeno es una estructura muy compleja, cuyo estado depende de sus características bioquímicas, polimerización y grado de reticulación, y la naturaleza, tipo y número de uniones (Lepetit y Culioli, 1994). Durante la maduración, se produjo una disminución significativa del contenido total de colágeno, que varió de 0,58 a 0,33 (tabla 3). Esto implicaría un cambio en la disposición de las fibras y en los enlaces que mantienen la estructura de colágeno. Roncalés (2001) indicó que en la carne de vacuno, la maduración no influye sobre el tejido conectivo; y Lepetit (2007) sostuvo que el colágeno en carne de vacuno se degrada después de un proceso de maduración volviéndose más soluble. Por el contrario, en nuestro estudio, la degradación del colágeno en carne de potro durante la maduración podría ser debida a cambios en la fracción insoluble de colágeno. Esos cambios pueden ser causados por factores desconocidos que actúan de manera diferente a los de la carne de vacuno.

En cuanto a los valores de compresión, el músculo no madurado (M0) y madurado 7 días (M7) mostraron diferencias por efecto de la maduración en la compresión al 20% o al 80% con un nivel de significación de $P < 0,1$. La diferente tendencia encontrada entre M0 y M7 aparece representada en las figuras A.1. y A.2. La compresión al 20% está relacionada con la disposición y la fuerza de las miofibras musculares (actina y miosina) (Lepetit y Culioli, 1994). Sin embargo, en el presente estudio, las calpainas y las catepsinas podrían no haber mostrado actividad efectiva durante la maduración y no haber deteriorado las miofibrillas; o quizás, puesto que la carne se considera tierna, ya habrían actuado lo suficiente tras 24 h. Sin embargo, estudios desarrollados en la carne de vacuno (Koohmaraie, 1996) sostienen que la actina y la miosina no se degradan hasta los 14 ó 18 días de maduración, ya que estas proteínas son resistentes a la proteólisis causada por calpainas. Con respecto a la compresión al 80%, los valores obtenidos (2,15 ± 0,67, para M0; 2,86 ± 1,46, para M7) fueron inferiores a los descritos por Sarriés *et al*. (2006) en carne de potro madurada 4 días (3,52 ± 1,49). La compresión al 80% está relacionada con el contenido de colágeno y sus propiedades (Lepetit y Culioli, 1994). En este caso, como la fracción soluble no varía con la maduración, tal vez sea la fracción insoluble la implicada en los cambios de compresión obtenidos.

Hubo un efecto significativo de la maduración en los resultados obtenidos de WBSF con un nivel de $P < 0,1$, y destacan los bajos valores en el músculo LD madurado 7 días (Figura A.2). Estos resultados coinciden con los indicados por Sarriés y Beriain (2006) en

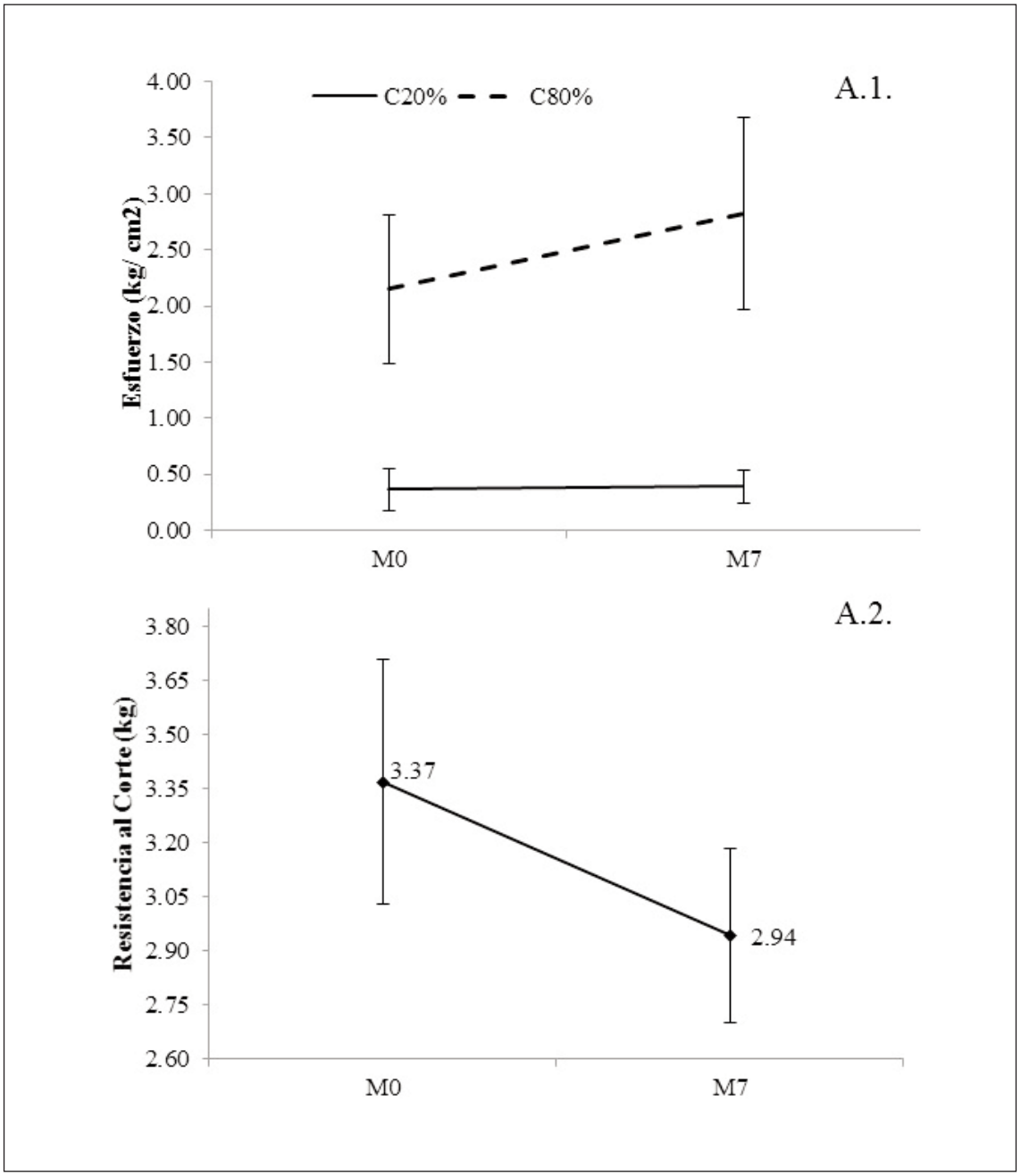


Figura A. Efecto de la maduración en la compresión (C) (A.1) y el la resistencia al corte (A.2) de muestras de carne de potro procedente del músculo *Longissimus dorsi* sin madurar (M0) y madurada 7 días en pieza entera (M7).

Figure A. Ageing effect at compression (C) (A.1) and shear force (A.2) of foal meat samples from the non-aged Longissimus dorsi *(M0) and aged 7 days (M7).*

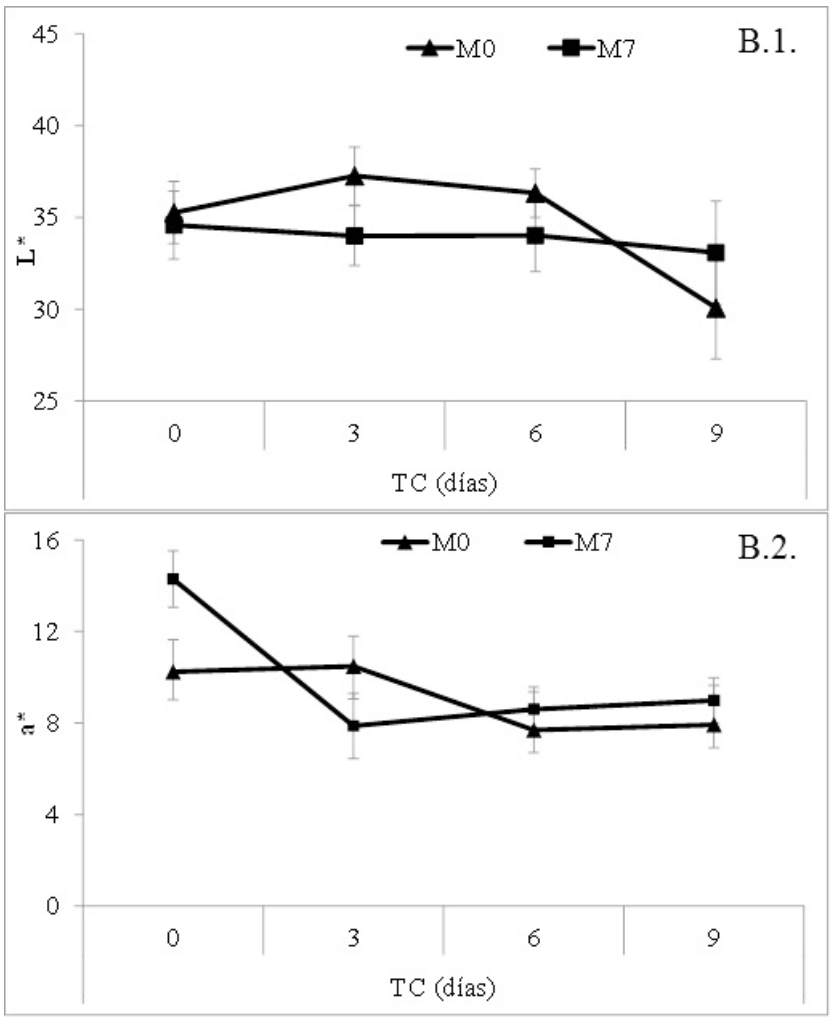


Figura B. Evolución de la luminosidad (L*) (B.1) e índice de rojo (a*) (B.2) en carne de potro fileteada y conservada durante 0, 3, 6 y 9 días, procedente de lomo *Longissimus dorsi* no madurado (M0) y madurado 7 días (M7).

Figure B. Brightness (L) and redness (a*) evolution in foal meat steaks during 0, 3, 6 and 9 days from the non-aged Longissimus dorsi (M0) and aged 7 days (M7).*

carne de potro madurada 4 (4,89 ± 0,88) y 8 días (3,59 ± 1,18), pero fue ligeramente inferior a los descritos por Tateo *et al*. (2008) (5,61) y Lorenzo *et al*. (2013) (3,49 ± 1,86). Bertola *et al*. (1994) sostienen que la terneza de la carne varía en el proceso de cocción, siendo el calor la razón de los cambios en la estructura del colágeno y de las proteínas miofibrilares. De acuerdo con la clasificación de la terneza y a las categorías establecidas por Belew *et al*. (2003), la carne podría considerarse entre "tierna" (3,2 kg < WBSF < 3,9 kg) (M0) y "muy tierna" (WBSF < 3,2 kg) (M7). Según los resultados de textu-

ra obtenidos, la carne de potro utilizada en este estudio ya fue tierna tras solamente 24 horas *post mortem*. Este hecho es de gran importancia a la hora de establecer tiempos de maduración para este tipo de carne.

Con respecto a la oxidación lipídica, la maduración mostró un efecto significativo ($P \leq 0,001$) (tabla 3). Los resultados indicaron un aumento evidente de la oxidación lipídica de 0 a 7 días de maduración. La carne de potro es rica en ácidos grasos poliinsaturados, que son altamente propensos a la oxidación (Tateo *et al*., 2008; Lorenzo y Gómez, 2012). Por lo tanto, el tiempo de maduración podría ser una causa directa de la oxidación de lípidos.

La oxidación de la mioglobina está representada por el contenido de MMb (MMb%) sobre la superficie de la carne (tabla 3). La maduración no mostró influencia sobre la misma ($P \geq 0,05$); aunque puede ser debido a la elevada variabilidad mostrada entre animales (mayor del 30%). Sin embargo, se puede apreciar una clara diferencia en el contenido entre ambos tiempos de maduración (11,50 ± 4,24 en M0 *vs.* 4,55 ± 2,65 en M7) (%). Este hecho podría explicar que un proceso de maduración mantiene la mioglobina en su estado oxigenado durante más tiempo (oximioglobina). Sarriés y Beriain (2006) afirmaron que con un proceso de maduración hay una reducción en la tasa de consumo de oxígeno en la carne; lo que provoca un aumento de la capa de oximioglobina, responsable del color rojo de la carne y su intensidad.

Los valores de las coordenadas de color aparecen en la tabla 3. Al contrario de la mayoría de los parámetros estudiados, hubo una variación muy baja entre muestras para L*, a* y C* (< 5%), pero alta en los parámetros b* y h* (20 - 30%). La maduración no mostró ningún efecto sobre L*, b* y h* ($P > 0,05$), pero sí sobre a* y C* ($P \leq 0,001$). El índice de rojo (a*) y la cromaticidad (C*) aumentaron con los días de maduración. Con respecto a la luminosidad (L*), algunos autores indican valores superiores (Gómez y Lorenzo, 2012; Lorenzo y Gómez, 2012), inferiores (Bingol y Ergun, 2011; Polidori *et al*., 2015) y similares (Sarriés y Beriain, 2006) a los indicados en la tabla 3. Según a* y C*, la variación entre ambos tiempos de maduración (M0 *vs.* M7) fue de 28,34% y 29,76%, respectivamente. Esta variación podría explicar el aumento y la intensidad del color rojo en la carne de potro como consecuencia del proceso de maduración. Este hecho ya ha sido explicado por Sarriés y Beriain (2006) siendo atribuido a la baja tasa de respiración mitocondrial como resultado del almacenamiento refrigerado. La reducción en el consumo de oxígeno hace que el espesor de la capa de oximioglobina aumente (que sea más profundo), y que el color rojo de la carne mejore; pero, en contrapartida, este color rojo se caracteriza por su baja estabilidad. Los valores de índice de rojo (a*) en la carne de potro descritos por otros autores (Lanza *et al*., 2009; Bingol y Ergun, 2011; Lorenzo y Gómez, 2012) fueron similares a los obtenidos en el presente estudio para el músculo LD madurado 7 días (M7). Sin embargo, los resultados obtenidos por Polidori *et al*. (2015) fueron similares a los del músculo no madurado (M0). Por el contrario, estos resultados fueron muy inferiores a los descritos por King *et al*. (2012) (a*: 32-15) o Kurvea *et al*. (2016) (a*: 28,5) en carne de vacuno.

Los valores de olor y color característico aparecen en la tabla 3. La maduración no mostró ningún efecto sobre el color ($P > 0,05$), pero sí sobre el olor ($P \leq 0,001$). Parece ser que la maduración fue importante en la evaluación de este segundo parámetro. Los panelistas describieron que la carne de potro procedente del músculo no madurado (M0) era "carne sin olor". Sin embargo, no describieron lo mismo en la carne madurada 7 días quedando reflejado en una valoración más elevada. En este caso, el olor continuaba siendo a carne fresca, pero lo

percibían de forma más intensa. Aunque no excedió el límite (75 mm), sí se produjo una visible degradación del olor característico. Esto puede estar relacionado con la oxidación lipídica sufrida durante la maduración, ya que mostraron una correlación positiva ($p \leq 0,001$; $r = 0,83$). A pesar de la falta de estudios sobre el proceso de maduración en la carne de potro y su influencia sobre la evaluación sensorial de la misma, Lorenzo y Gómez (2012) mostraron resultados similares en carne de potro conservada entre 7 y 10 días sin sufrir ningún proceso de maduración previo y describieron la carne como "moderadamente aceptable". A pesar de que la maduración sí mostró un efecto sobre el color medido de forma instrumental ($P \leq 0,001$) (tabla 3), el panel entrenado no apreció ninguna diferencia visual entre ambos tipos de carne para el "color característico" entre la carne procedente de M0 y M7, y describiendo su color como "ligeramente marrón y poco brillante".

Efecto del Tiempo de conservación (TC) en filetes

Los resultados obtenidos para los parámetros de calidad de la carne durante los días 0, 3, 6 y 9 de TC se muestran en la tabla 3. La conservación en filetes (TC) mostró un efecto significativo en la oxidación lipídica ($P \leq 0,001$). Esto implicó que los niveles de rancidez aumentaron con la presencia de oxígeno y el tiempo de exposición. Estos resultados coinciden con los descritos por otros autores (Gómez y Lorenzo, 2012; Zakrys *et al*., 2008). Si se extrapola a carne de potro, el valor máximo de oxidación no superó el umbral de rancidez descrito por Campo *et al*. (2006) en carne de vacuno (2,28 mg MDA/ kg carne fresca). Así mismo, Gómez y Lorenzo (2012) observaron que después de 10 días, la carne de potro no alcanzaba el límite mencionado.

El efecto de TC fue significativo ($P \leq 0,001$) sobre el contenido de metamioglobina. Este parámetro aumentó de forma considerable entre el día 0 y 3 de TC (88,02%). Esta variación podría ser la causa del desarrollo de tonos marrones o verdosos en la carne y, por tanto, de la disminución de la estabilidad del color (Sarriés y Beriain, 2006). Además, se describieron correlaciones negativas de MMb% con a* ($P \leq 0,01$; $r = - 0,72$) y positivas de MMb% con el color característico ($P \leq 0,01$; $r = 0,59$). Esto coincide con Zakrys *et al*. (2008) quienes asociaron la presencia de oxígeno con un aumento de oxidación de la oximioglobina y degradación del color.

De acuerdo con las coordenadas de color, el TC mostró un efecto significativo en la luminosidad ($P \leq 0,01$), índice de rojo ($P \leq 0,001$) y cromaticidad ($P \leq 0,05$), pero no en el índice de amarillo y tonalidad ($P \geq 0,05$) (tabla 3). La luminosidad (L*) se mantuvo constante durante los 6 primeros días (35,22) y en ese momento, este valor disminuyó (31,53) y la carne se volvió más oscura. Sin embargo, Zakrys *et al*. (2008) observaron el efecto contrario en muestras de vacuno debido al oxígeno libre. Es probable que este oscurecimiento se produjese debido al alto contenido de hierro hemínico que provoca una baja reflectancia de la luz (Seydim *et al*., 2006). Con respecto al índice de rojo (a*), su valor disminuyó día a día (12,27 el día 0; 9,09 el día 3; 8,14 el día 6; 8,44 el día 9). Otros autores (Bingol y Ergun, 2011; Gómez y Lorenzo, 2012; Leygonie *et al*., 2011; Lorenzo y Gómez, 2012) describieron valores similares con muestras de carne en diferentes condiciones de envasado. También se puede apreciar una relación inversa entre los valores de TBA y la estabilidad del color (valores a*) ($P \leq 0,01$; $r = 0,62$). Esta relación también se corroboró en otros estudios con el empleo de envases enriquecidos en oxígeno (Gómez y Lorenzo, 2012; Kim *et al*., 2010; Lorenzo y Gómez, 2012). Estos resul-

tados indican que el oxígeno libre provocó la disminución de la estabilidad del color y el aumento de la oxidación lipídica (Zakrys *et al*., 2008). Es más, Spanier (1992) afirmó que la cantidad de hierro, el cual actúa como catalizador (proveniente de la hemoglobina, la mioglobina y el citocromo) y la cantidad de hierro hemínico y no hemínico está relacionada con el proceso de oxidación lipídica. Esto podría explicarse por el alto contenido de mioglobina (5,84 mg / g de músculo) y hierro hemínico (1,97 mg / 100 g de carne) de la carne de potro, en este estudio.

Además, se encontraron diferencias con un nivel de significación de $P < 0,1$ entre M0 y M7 durante el TC. La evolución de ambos tipos de carne mostró una tendencia diferente en cuanto a la luminosidad (Figura B.1.) y el índice de rojo (Figura B.2.). Por un lado, los valores de L* en la carne procedente de M0, se mantuvieron constantes hasta el día 6 (36,28) y luego disminuyeron a 30,08 el día 9, tornando más oscuras. Por otra parte, el TC no afectó a la evolución de L* en la carne procedente de M7, manteniendo un valor constante de 33,92. Las muestras de músculo no madurado (M0) sufrieron una variación de 26,62% entre los días 3 y 6 (10,48 *vs.* 7,69). Por el contrario, la variación en las muestras del músculo madurado (M7) fue más evidente (45%) y ocurrió antes, entre los días 0 y 3 (10,48 *vs.* 7,69). Esto significa que el color de la carne madurada durante 7 días tuvo una estabilidad más baja que el color de las muestras que no se maduraron (M0). Esta disminución en el índice de rojo podría estar influenciada por la oxidación de ácidos grasos poliinsaturados propios de la carne de potro, y por el elevado incremento de metamioglobina sufrido durante los 3 primeros días. El índice de amarillo (b*) está relacionado con el color de con la grasa (Franco *et al*., 2011b), pero no contribuye significativamente a la apariencia de la carne (Leygonie *et al*., 2011). Los valores obtenidos fueron inferiores a los descritos en otros estudios (Sarriés y Beriain, 2006; Lanza *et al*., 2009; Gómez y Lorenzo, 2012; Lorenzo y Gómez, 2012) y ligeramente superiores a los citados por Franco *et al*. (2011a) en carne de potro. Los valores de cromaticidad (C*) fueron similares a los descritos en carne de potro por Franco *et al*. (2011b) y más bajos que los indicados por Lanza *et al*. (2009). Por otro lado, sólo los valores de tonalidad (h*) obtenidos en el día 0 de TC fueron similares a los observados en otros estudios (Franco *et al*., 2011b; Lanza *et al*., 2009), ya que tras este día (3, 6 y 9 días de TC) los valores fueron moderadamente superiores.

El tiempo de conservación (TC) presentó un efecto importante sobre el olor y el color característico de la carne de potro ($P \leq 0,001$) (tabla 3). Dicho efecto destacó claramente en la valoración del olor entre 3 y 6 días de TC (55 *vs.* 77 mm). El tercer día de conservación mantenía un olor intenso pero característico. El día 6, se superó el límite establecido (75 mm) percibiendo ligeras sensaciones a picor y acidez. Este punto marca la diferencia entre carne con olor característico y carne con olor que ha dejado de ser característico y se ha degradado. Los ácidos grasos poliinsaturados están muy presentes en la carne de potro y son muy susceptibles a la oxidación (Badiani *et al*., 1997; Sarriés y Beriain, 2006; Tateo *et al*., 2008), siendo este factor una de las causas principales de la degradación del olor y la consiguiente aparición de olores a moho y putrefacción apoyada por la actividad microbiana (Gómez y Lorenzo, 2012). De acuerdo al color característico, el límite fue superado tras 3 días de TC (77,5 mm); momento en el que comenzaron a aparecer las primeras tonalidades verdosas. Por lo tanto, la degradación del color fue muy precoz. Lorenzo *et al*. (2012) y Gómez y Lorenzo (2012) describieron un tiempo de conservación

para carne de potro más largo ya que mantuvieron su color característico hasta 7 días y fue el atributo determinante. Cabe destacar las correlaciones encontradas entre la valoración de color y el MMb%, y a* ($P \leq 0,001$; r = 0,58, r = -0,66, respectivamente) y L* ($P \leq 0,01$; r = -0,42). Esto se tradujo en la degradación del color característico como resultado de una alta oxidación y disminución del índice de rojo y de la luminosidad. En el presente estudio, el atributo sensorial que marcó el máximo tiempo de conservación de la carne de potro fue el color, ya que su degradación fue previa a la del olor e inferior a 3 días.

Conclusiones

En lo que a carne de potro se refiere, un proceso de maduración del músculo LD fuera de la canal puede no ser necesario, ya que a diferencia de otras especies como el vacuno los valores de terneza 24 horas *post mortem* son adecuados. Los valores de los parámetros de oxidación y color limitan la estabilidad de la carne de potro a menos de 3 días y está directamente afectada por el tiempo de maduración. Aunque son necesarios más estudios acerca de la maduración y conservación de la carne de potro, se podría conseguir un tiempo de conservación más largo de carne de potro fileteada, siempre que el oxígeno sea controlado mediante el empleo de técnicas de envasado al vacío o atmósfera controlada/modificada.

Agradecimientos

Los autores agradecen a ASCANA (Asociación Ganadera de Caballos de raza Burguete en Navarra) el apoyo y a Luis Goñi por los servicios prestados.

Referencias

AMSA (2012). Meat color measurement guidelines. Ed. American Meat Science Association. Illinois, EE.UU. 136 pp.

Badiani A, Nanni N, Gatta PP, Tolomelli B, Manfredini M (1997). Nutrient Profile of Horsemeat. Journal of Food Composition and Analysis 10: 254-269.

Belew JB, Brooks JC, McKenna DR, Savell JW (2003). Warner-Bratzler shear evaluations of 40 bovine muscles. Meat Science 64 (4): 507-12.

Bertola NC, Bevilacqua AE, Zaritzky NE (1994). Heat treatment effect on texture changes and thermal denaturation of proteins in beef muscle. Journal of Food Processing and Preservation 18 (1): 31-46.

Bingol EB, Ergun O (2011). Effects of modified atmosphere packaging (MAP) on the microbiological quality and shelf life of ostrich meat. Meat Science 88 (4): 774-785.

Boccard R, Buchter L, Casteels E, Cosentino E, Dransfield E, Hood DE, Joseph RL, MacDougall DB, Rhodes DN, Schön I, Tinbergen BJ, Touraille C (1981). Procedures for measuring meat quality characteristics in beef production experiments. Report of a working group in the commission of the European communities (CEC) beef production research program. Livestock Production Science 8 (5): 385-397.

Bonnet M, Kopp J (1986). Dosage du collagène dans les tissues conjonctifs de la vie et les produits carnés. Viandes Produits Carnés 7 (6): 263-266.

Campo MM, Santolaria P, Sañudo C, Lepetit J, Olleta JL, Panea B, Albertí P (2000). Assessment of breed type and ageing time effects on beef meat quality using two different texture devices. Meat Science 55 (4): 371-378.

Campo MM, Nute GR, Hughes SI, Enser M, Wood JD, Richardson RI (2006). Flavour perception of oxidation in beef. Meat Science 72 (2): 303-311.

Franco D, Fernández M, Rodríguez E, García L, Lorenzo JM (2011a). Calidad de la carne de potro Gallego de Monte en diferentes explotaciones. Archivos de Zootecnia 60: 389-392.

Franco D, Rodríguez E, Purriños L, Crecente S, Bermúdez R, Lorenzo JM (2011b). Meat quality of "Galician Mountain" foals breed. Effect of sex, slaughter age and livestock production system. Meat Science 88: 292-298.

Gómez I, Beriain MJ, Sarriés MV, Insausti K, Mendizábal JA (2014). Low-fat beef patties with augmented Omega-3 fatty acid and CLA levels and influence of grape seed extract. Journal of Food Science 79 (11): S2368-S2376.

Gómez M, Lorenzo JM (2012). Effect of packaging conditions on shelf life of fresh foal meat. Meat Science 91 (4): 513-520.

Kim YH, Huff-Lonergan E, Sebranek JG, Lonergan SM (2010). High-oxygen modified atmosphere packaging system induces lipid and myoglobin oxidation and protein polymerization. Meat Science 85 (4): 759-767.

King DA, Shackelford SD, Kalchayanand N, Wheeler TL (2012). Sampling and aging effects on beef *Longissimus* color stability measurements. Journal of Animal Science 90: 3596-3605.

Koohmaraie M (1996). Biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat. Meat Science 43: 193-201.

Kurve VP, Joseph P, Williams JB, Kim TJ, Boland H, Smith T, Schilling MW (2016). The effect of feeding native warm season grasses in the stocker phase on the carcass quality, meat quality, and sensory attributes of beef loin steaks from grain-finished steers. Meat Science 112: 31-38.

Lanza M, Landi C, Scerra M, Galofaro V, Pennisi P (2009). Meat quality and intramuscular fatty acid composition of Sanfratellano y Haflinger foals. Meat Science 81: 142-147.

Lepetit J, Culioli J (1994). Mechanical properties of meat. Meat Science 36 (1-2): 203-237.

Lepetit J (2007). A theoretical approach of the relationships between collagen content, collagen cross-links and meat tenderness. Meat Science 76 (1): 147-159.

Leygonie C, Britz TJ, Hoffman LC (2011), Oxidative stability of previously frozen ostrich Muscular isilio fibularis packaged under different modified atmospheric conditions. International Journal of Food Science and Technology 46: 1171-1178.

Lorenzo JM, Gómez M (2012). Shelf life of fresh foal meat under MAP, overwrap and vacuum packaging conditions. Meat Science 92 (4): 610-618.

Lorenzo JM, Pateiro M, Franco D (2013). Influence of muscle type on physicochemical and sensory properties of foal meat. Meat Science 94 (1): 77-83.

Lorenzo JM, Crecente S, Franco D, Sarriés MV, Gómez M (2014). The effect of livestock production system and concentrate level on carcass traits and meat quality of foals slaughtered at 18 months of age. Animal 8 (3): 494-503.

Polidori P, Pucciarelli S, Ariani A, Polzonetti V, Vincenzetti S (2015). A comparison of the carcass and meat quality of Martina Franca donkey foals aged 8 or 12 months. Meat Science 106: 6-10.

Rentfrow G, Linville ML, Stahl CA, Olson KC, Berg EP (2004). The effects of the antioxidant lipoic acid on beef *Longissimus* bloom time. Journal of Animal Science 82: 3034-3037.

Roncalés P (2001). Transformación del músculo en carne: rigor mortis y maduración. En: Enciclopedia de la Carne y de los Productos Cárnicos 1 (Ed. Martín y Macías) pp. 291-312. Cáceres, España.

Ruiz M, Insausti K, Beriain MJ, Lorenzo JM, Sarriés MV (2016). Description of the training methodology employed to describe foal meat attributes. Book of abstracts of the 7th European Conference on Sensory and Consumer Research Biennial Meeting of the Eurosense, 11-14 de Septiembre, Dijon, Francia, P154.

Sañudo C (1993). La calidad organoléptica de la carne (IV). Mundo Ganadero 6, 68-73.

Sarriés MV, Beriain MJ (2005). Carcass characteristics and meat quality of male and female foals. Meat Science 70: 141-152.

Sarriés MV, Beriain MJ (2006). Color and texture characteristics in meat of male and female foals. Meat Science 74: 738-745.

Sarriés MV, Murray BE, Troy D, Beriain MJ (2006). Intramuscular and subcutaneous lipid fatty acid profile composition in male and female foals. Meat Science 72 (3): 475-485.

Seydim AC, Acton JC, Hall MA, Dawson PL (2006). Effects of packaging atmospheres on shelf-life quality of ground ostrich meat. Meat Science 73 (3): 503-510.

Spanier AM (1992). Current approaches to the Study of meat flavor quality. En: Food Science y Human Nutrition (Ed. G. Charalambous) pp 695-709 Elsevier Science Publishers BV.

Tarladgis BG, Watts BM, Yonathan M (1960). A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. Journal of the American Oil Chemists' Society 37 (1): 44-48.

Tateo A, De Palo P, Ceci E, Centoducati P (2008). Physicochemical properties of meat of Italian Heavy Draft horses slaughtered at the age of eleven months. Journal of Animal Science 86: 1205-1214.

Zakrys PI, Hogan SA, O'Sullivan MG, Allen P, Kerry JP (2008). Effects of oxygen concentration on the sensory evaluation and quality indicators of beef muscle packed under modified atmosphere. Meat Science 79 (4): 648-655.

(Aceptado para publicación el 29 de noviembre de 2017)

Eficiencia del sector ganadero valenciano: Aproximación no paramétrica

C. Calafat-Marzal*, M.L. Martí-Selva y R. Puertas-Medina

Departamento de Economía y Ciencias Sociales. Universitat Politècnica de Valencia. Camino de Vera, s/n. 46002. Valencia. Spain

Resumen

El objetivo de este estudio es analizar la eficacia de las granjas ganaderas en la Comunidad Valenciana, en particular en el caso del porcino y las aves de engorde, que actualmente aportan el mayor peso económico al PIB agrícola de la Comunidad. Mediante la creación de una función de producción representativa de las asignaciones existentes en la granja y utilizando el Análisis Envolvente de Datos, se determinarán las granjas que alcanzan un nivel óptimo de producción en ausencia de ineficiencias. Los resultados obtenidos en este estudio confirman que los sectores porcino y avícola de la Comunidad Valenciana tienen un potencial significativo de mejora. El número de granjas situadas en el umbral de eficiencia es bajo para ambas especies, especialmente cerdos, donde solo el 5,11% de las granjas analizadas son completamente eficientes. Una comparación de los sectores avícola y porcino revela que los problemas ambientales que rodean a la industria porcina también podrían ser una de las causas de la deficiente gestión económica.

Palabras clave: Ganadería, Análisis Envolvente de Datos, gestión de granjas, sectores de ganadería intensiva.

Abstract
Efficiency in the Valencian pig and poultry sector: a non-parametric approximation

The aim of this study is to analyse the efficiency of livestock farms in the Valencian community, particularly for pig and poultry, which currently are the main contributors to the agricultural GDP of the Community. By creating a production function representative of the existing allocations on farm and using Data Envelopment Analysis, the farms that reach an optimal level of production in the absence of inefficiencies will be identified. The results obtained in this study confirm that the pig and poultry sectors of the Valencian Community have significant potential for improvement. The number of farms situated at the threshold of efficiency is low for both species, especially pigs, where only 5.11% of the analysed farms are completely efficient. A comparison of the poultry and pig sectors reveals that the environmental problems surrounding the pig industry could also be one of the causes of deficient economic management.

Keywords: Livestock farming, Data Envelopment Analysis, farm management, intensive livestock sectors.

* Autor para correspondencia: macamar3@esp.upv.es
https://doi.org/10.12706/itea.2018.005

Introducción

En las últimas décadas, el sector ganadero se ha visto inmerso en profundos cambios debido a modificaciones legislativas, referentes tanto a su potencial contaminante como a su contribución en la seguridad alimentaria de los productos obtenidos. En este sentido, se han diseñado políticas comunitarias, nacionales y regionales, que han modificado la gestión de las explotaciones. Las normativas nacionales y regionales (Ley 6/2003, de 4 de marzo, de la Generalitat, de Ganadería de la Comunidad Valenciana (BOE, 2003)) han concedido un periodo transitorio de 15 años, finalizando en 2018, para la adecuación de las explotaciones ganaderas.

La Comunidad Valenciana (CV) se ha considerado como una región muy dinámica en cuanto al desarrollo urbanístico e industrial, el crecimiento demográfico y las actividades agrarias. El sector ganadero valenciano se caracteriza por una elevada industrialización, con explotaciones independientes del factor tierra, llegando a una situación de total separación entre ganadería y agricultura. La adaptación a las nuevas normativas ha supuesto una pérdida de competitividad en el sector ganadero.

En este contexto, la Administración Autonómica pretende establecer una serie de actuaciones sobre la ganadería con objeto de mejorar su competitividad y la cada vez más acusada baja productividad, en particular en las áreas vulnerables y de mayor dependencia del sector agrario. Se reclama el desarrollo urgente de medidas operativas, tecnológicas y económicas que lo dinamicen y permitan mantener las rentas de los habitantes y, al mismo tiempo, garantizar un desarrollo sostenible, cumpliendo así con las nuevas normativas [ORDEN 7/2010, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (DOCV, 2010)].

El incremento competitivo de las explotaciones tan sólo será posible si se mejora la eficiencia en la gestión. En este sentido, se han realizado estudios sobre la eficiencia de granjas tanto desde el punto de vista económico como medioambiental, utilizando *inputs* y *outputs* relacionados con su función de producción o con la generación de externalidades negativas en el medioambiente (Piot-Lepetit y Vermersch, 1998; Lansink y Reinhard 2004; Asmild y Hougaard 2006; Yang *et al.,* 2008; Yang 2009). Todos ellos concluyen que los propietarios tienen un comportamiento secuencial en la toma de decisiones, siendo la mejora de la eficiencia económica su objetivo principal, considerando adicional los avances medioambientales. De ahí que se califique como primordial la estimación de la eficiencia económica para la formulación de políticas.

La preocupación por el análisis de la situación económica de la ganadería ha despertado el interés en muchos países y regiones. En este panorama, los estudios de eficiencia son cada vez más numerosos en las distintas especies y áreas de interés ganadero, como es el caso del vacuno de carne (Iraizoz y Atance, 2004; Castillo, 2006), leche (González *et al.*, 1996; Pardo *et al.*, 2001; Ribas *et al.*, 2006), aves (Chirinos y Urdaneta, 2007), así como en dehesas, comparando sistemas de producción intensivos con extensivos (Gaspar *et al.*, 2007). Sin embargo, el porcino ha avivado un interés especial debido a las externalidades negativas generadas por sus subproductos contaminantes, causantes del desarrollo de nuevas normativas medioambientales. A nivel nacional, Murua y Albisu (1993) estudiaron la eficiencia en las granjas de porcino aragonesas, obteniendo que las más eficientes eran las de régimen integrado y aquellas donde se producía una renovación del capital humano. Por su parte, Láinez *et al.* (2002) describían las relaciones comerciales de las explotaciones porcinas en la CV a partir de la información suministrada por 202 granjas. Igualmente, esta inquietud se ha visto reflejada en investigaciones similares realizadas en otras áreas geográficas fuera de España [Francia

(Piot-Lepetit y Vermersch, 1998), Hawái (Sharma *et al.* 1997 y 1999), Holanda (Lansink y Reinhard, 2004), Grecia (Galanopoulos *et al.*, 2006), Dinamarca (Asmild y Hougaard, 2006) y Taiwán (Yang *et al.*, 2008; Yang, 2009)].

Las perspectivas de futuro del sector porcino y avícola en la CV están limitadas por la situación de los mercados, tanto de productos finales como de materias primas (principalmente de cereales) y exigencias medioambientales. Además, existe poca vocación exportadora, son estructuralmente excedentarios, avocadas a abandonar la actividad todas aquellas explotaciones situadas en el límite de la eficiencia económica, es decir, en una posición marginal en términos económicos, incapaces de resolver su problemática ambiental (Láinez *et al.*, 2002).

Siguiendo esta línea de investigación, el objetivo de este estudio consiste en analizar la situación económica de la industria ganadera de la CV, concretamente de porcino y aves. A partir de la estimación de una función de producción frontera (metodología DEA) con las explotaciones que alcancen mayores productividades, se medirá el nivel de eficiencia relativa, es decir, en relación a las explotaciones "mejores". Los resultados permitirán detectar la existencia de patrones que faciliten la corrección de errores con la finalidad de mejorar la competitividad del sector, ayudando a la definición de políticas adecuadas para cada escenario, y a la mejora del crecimiento en capacidad y ahorro de recursos. La aportación novedosa de este estudio reside en estudiar, desde un ámbito económico, dos sectores ganaderos con amplia aportación al PIB de la CV, construyendo para ello *inputs* y *outputs* no identificables directamente en el Censo Agrario. Ha sido necesaria la transformación de determinadas variables procedentes de varias fuentes estadísticas [Instituto Nacional de Estadística (INE)-Censo agrario (INE, 2012) y RECAN-Red Contable Agraria Nacional del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (RECAN, 2009)], con objeto de obtener una base de datos compuesta por una diversidad de variables económicas representativas del colectivo. Además, la muestra agrupa la casi totalidad de las granjas existentes en la zona analizada. La hipótesis de partida fue que el comportamiento de las políticas sectoriales no ha tenido la misma incidencia en la situación económica de las dos especies analizadas.

Material y métodos

Caracterización de las explotaciones ganaderas en la Comunidad Valenciana

El sector ganadero de la CV tiene una clara orientación hacia aquellas actividades susceptibles de producción intensiva, coherente con la existencia de grandes centros urbanos de consumo, elevada densidad demográfica y escasez de pastos naturales. De ahí que la producción porcina y avícola alcance el 60% del total obtenido por la ganadería. A diferencia de la agricultura, este subsector está más profesionalizado, tiene una dimensión económica por explotación mayor y una estructura de empleo más familiar.

Actualmente en la CV existen un total de 3.072 explotaciones, distribuyéndose en 21 especies diferentes, destacando el ovino (21,03%), porcino de engorde (18,8%) y pollos de engorde (13,74%). Según la información que se puede extraer del último censo agrario publicado en 2009, el sector porcino está muy desproporcionado en cuanto a la cantidad de explotaciones que se dedican al engorde (516) frente a las de cría (93), lo que supone una mayor dependencia de otras zonas especializadas en la cría de cerdos de reducida edad (Tabla 1).

Las explotaciones de porcino se sitúan, generalmente, fuera de las comarcas del litoral, encontrándose más desarrolladas en zonas

Tabla 1. Las clases de dimensiones económicas (DE) de las explotaciones y sus límites según la Producción total estándar. Número de granjas de porcino y aves en cada DE
Table 1. Economic dimensión (ED) clases and their limits according the standard total production. Number of pig and poultry farms in each ED

Dimensión Económica Clase	Producción estándar total (PET) Límites en €	Porcino		Aves	
		No.	%	No.	%
1	menos de 2.000	0	0	2	0,47
2	de 2.000 a menos de 4.000	0	0	1	0,24
3	de 4.000 a menos de 8.000	1	0,19	1	0,24
4	de 8.000 a menos de 15.000	1	0,19	1	0,24
5	de 15.000 a menos de 25.000	1	0,19	0	0,00
6	de 25.000 a menos de 50.000	5	0,97	3	0,71
7	de 50.000 a menos de 100.000	30	5,81	11	2,61
8	de 100.000 a menos de 250.000	232	45,54	128	30,33
9	de 250.000 a menos de 500.000	179	34,88	171	40,52
10	de 500.000 a menos de 750.000	39	7,56	52	12,32
11	de 750.000 a menos de 1.000.000	11	2,13	31	7,35
12	de 1.000.000 a menos de 1.500.000	7	1,36	12	2,84
13	de 1.500.000 a menos de 3.000.000	4	0,78	6	1,42
14	de 3.000.000 o más	2	0,39	3	0,71
	Total	516	100	422	100

Las celdas sombreadas resaltan las dimensiones económicas más representativas, es decir, aquellas que cuentan con mayor número de explotaciones de cada especie.

Fuente: Cuentas contables de la RECAN (2009), y elaboración propia a partir del Censo (2009) (INE, 2012)

Se han eliminado 23 explotaciones de porcino por ser consideradas como *outliers*.

desfavorables económicamente, donde la ganadería desempeña un papel fundamental en el mantenimiento de la población rural. Ahora bien, aunque aportan incrementos significativos en las rentas familiares, también ocasionan una concentración de purines altamente contaminantes para suelos y aguas superficiales (Tamminga, 2003), y son una fuente emisora de amonio y gases efecto invernadero, tales como el metano y óxido nitroso (Beccaccia *et al.*, 2015). Se trata de una actividad caracterizada por estar altamente vertebrada, con una integración vertical y muy industrializada, estando vinculada a la economía familiar del medio rural.

Por el contrario, las granjas de aves originariamente podían encontrarse a lo largo de toda la Comunidad, llegando en ocasiones a

ser clave para asegurar la renta de la población y su establecimiento en determinadas áreas rurales. Sin embargo, en las últimas décadas, la presión del sector servicios y el desarrollo urbanístico en la zona costera, han desplazado las áreas avícolas a comarcas interiores, suponiendo un aumento de los costes de comercialización, y por tanto, afectando a su rentabilidad.

La mayoría de explotaciones de porcino de engorde ubicadas en tierras valencianas pertenecen a las Dimensiones Económicas (DE) 8, 9 y 10, es decir, tienen una Producción Estándar Total (PET) comprendida entre 100.000 y 750.000 euros (Tabla 1). También, las estadísticas indican que el 86% de las granjas de aves de engorde pertenecen a las clases 8, 9, 10 y 11. Ambas especies se caracterizan por una alta concentración en DE elevadas.

La información del Censo Agrario ha permitido caracterizar a nivel provincial las explotaciones de la CV (Tabla 2), atendiendo a su ubicación territorial, al número de explotaciones y a su capacidad productiva en términos de Unidad de Ganado Mayor (UGM).

Geográficamente existe una concentración de granjas de porcino y aves en las tierras de Castellón y Valencia (59,3% y 65,9% en Castellón y 39,1% y 29,4% en Valencia, respectivamente) frente a las encontradas en Alicante (Tabla 2). La revisión de los censos agrarios anteriores confirma que esta realidad ha permanecido constante en el tiempo, de ahí que este escenario no responde a ninguna circunstancia coyuntural. Además, la situación minoritaria de Alicante se repite cuando se analiza su capacidad productiva (UGM), en porcino tan solo representa el 2,1% y en aves el 3,1%.

Tabla 2. Distribución de las granjas por tipos y provincias
Table 2. Farms distribution by product orientation and provinces

	Porcino				Aves			
	Nº[1]	%	UGM[2]	%	Nº[1]	%	UGM[2]	%
Alicante	8	1,6	4.109,9	2,1	20	4,7	3.696,5	3,1
Castellon	306	59,3	117.144,1	60,4	278	65,9	74.974,9	63,2
Valencia	202	39,1	72.707,1	37,5	124	29,4	39.871,0	33,6
CV[3]	516	100	193.961,1	100	422	100	118.542,4	100

[1] Número de explotaciones, [2] Unidades de Ganado Mayor, [3] Comunidad Valenciana.
Fuente: Elaboración propia a partir del Censo (2009).

Por otra parte, las granjas de las dimensiones económicas más importantes se pueden caracterizar por su ubicación, situación jurídica y capacitación agrícola (Tabla 3).

En las DE analizadas, Castellón aglutina más de la mitad de las granjas de porcino y aves de engorde, seguido de Valencia y siendo muy residual en Alicante. Al igual que ocurría en el total de la muestra, se trata de explotaciones gestionadas por una persona física, normalmente el propietario, con gran experiencia agraria y, en el caso del porcino, con menores estudios universitarios. Las granjas avícolas se caracterizan por la mayor demanda de personal cualificado, en donde

Tabla 3. Distribución de explotaciones de porcino y aves de cada DE más representativa
Table 3. Distribution of pig and poultry farms within the most representative economic dimensions (ED)

		Porcino (%)			Aves (%)			
		ED8	ED9	ED10	ED8	ED9	ED10	ED11
Provincia	Alicante	0,9	1,7	2,63	2,63	5,16	0	0
	Castellon	59,9	59,2	75,44	75,44	63,23	70,59	60,00
	Valencia	39,2	39,1	21,93	21,93	31,61	29,41	40,00
Condición jurídica	Persona física	92,7	81,0	93,86	93,86	78,06	84,31	66,67
	Sociedad Mercantil	1,7	9,5	0,88	0,88	5,80	5,88	16,67
	Sociedad cooperativa	0,4	2,8	0	0	1,29	1,96	0
	Otras condiciones jurídicas	5,2	6,7	5,26	5,26	14,84	7,84	16,67
Formación agrícola	Experiencia agraria	80,2	71,5	73,68	73,68	63,87	72,55	53,33
	Cursos agrarios	3,9	2,8	1,75	1,75	5,16	5,88	0
	Estudios profesionales agrarios	0	0	0,82	0,82	0,65	0	0
	Estudios universitarios agrarios	15,9	25,7	23,63	23,63	30,32	21,52	46,67

Fuente: Elaboración propia.

se comparte la forma jurídica de persona física con otras formas de organización. Ello se debe a que estas explotaciones están muy tecnificadas y requieren controles de las explotaciones más específicos.

Análisis Envolvente de Datos

El Análisis Envolvente de Datos (DEA) es una técnica no paramétrica que permite medir la eficiencia relativa de unidades homogéneas. Este método es uno de los más utilizados en presencia de múltiples *inputs* y *outputs* para determinar cuáles son las mejores observaciones a través de la comparación de cada una con todas las combinaciones lineales posibles de las variables del resto de la muestra, pudiendo definir posteriormente con ellas una frontera de producción empírica. Así, la eficiencia de cada unidad analizada se mide como la distancia a la frontera.

Siguiendo al trabajo pionero de Farrell (1957), el modelo DEA fue desarrollado por Charnes *et al.* (1978) con el objetivo de encontrar el conjunto óptimo de pesos que maximice la eficiencia relativa (h_0) de la empresa evaluada, definida ésta como el cociente entre la suma ponderada de *outputs* e *inputs*, sujeto a la restricción de que ninguna otra empresa puede tener una puntuación de eficiencia mayor que la unidad usando los mismos pesos. En concreto, el problema de programación lineal original basado en la orientación *input* y con rendimientos constantes de escala es el siguiente:

$$\begin{aligned} &\text{Max}_{u,v} h_0 = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r * y_{r0}}{\sum_{i=1}^{m} v_i * x_{i0}} \\ &\text{s.a.} = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r * y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i * x_{ij}} \leq 1 \\ &u_r \, , \, v_i \geq 0 \end{aligned} \qquad [1]$$

donde:

x_{ij}: cantidades de *input* i (i = 1, 2, ….., m) consumidos por la j-ésima explotación ganadera.

x_{i0}: cantidades de *input* i consumidos por la explotación evaluada.

y_{rj}: cantidades de *output* r (r = 1, 2, …, s) producidos por la j-ésima explotación ganadera.

y_{r0}: cantidades de *output* r producidos por la explotación ganadera evaluada.

u_r: ponderación de los *outputs*.

v_i: ponderación de los *inputs*.

Sin embargo, en el presente artículo se ha resuelto el problema dual correspondiente al modelo linealizado porque de esta forma el número de variables es mayor que el de las restricciones. Esto supone como limitación que no se conocen directamente las ponderaciones de los *inputs* y *outputs* considerados.

En la aplicación de la técnica DEA la elección en la orientación depende de la habilidad de cada observación para controlar la cantidad de *outputs* o *inputs*. Dado que en España no existen topes de producción ganadera se ha empleado el modelo *output*, indicando cuánto podría obtenerse de *output* con el mismo nivel de *inputs* en ausencia de ineficiencias[1].

La medida de eficiencia está comprendida entre los valores 0 y 1, siendo su interpretación la siguiente:

- Si $h_0 = 1$, la explotación es eficiente con relación a las otras y, por tanto, estará situada en la frontera de producción.
- Si $h_0<1$, otra explotación es más eficiente que la analizada, siendo identificada como aquella que deberá mejorar su gestión para conseguir un mejor funcionamiento.

Al igual que ocurre en otros trabajos, en el ámbito de la ganadería el concepto de eficiencia que se pretende cuantificar no es estrictamente el de eficiencia técnica (Castillo, 2006; Ribas *et al.*, 2006; Chirinos y Urdaneta, 2007), debido a que el gasto corriente es un *input* expresado en términos monetarios. Por tanto, será un tipo de eficiencia híbrida, cercano al concepto de eficiencia técnica pero sin llegar a ser asignativa ya que no se incluye el precio relativo de los *inputs*, cuya dificultad de obtención es considerable en este ámbito.

La aplicación de la metodología DEA precisa de la definición de los *inputs* y *outputs* que constituirán el modelo. Además, ha sido necesario el tratamiento de las explotaciones agrarias como una "industria" capaz de transformar unos recursos en producción final (*output*).

Se ha tomado como único *output* la Producción Estándar Total (PET) entendida como el valor monetario bruto (euros) del porcino y de las aves a precio de salida de la explotación. Mientras que las variables que definen los *inputs* cubren todos los aspectos inherentes a la explotación porcina y avícola. Concretamente son las siguientes:

- Superficie Agraria Útil (SAU): Superficie en Ha. de tierras para pastos permanentes y tierras labradas.
- Unidad de Trabajo-Año totales (UTAT): Horas de trabajo en las explotaciones expresadas en número de jornadas. Una UTA equivale al trabajo que realiza una persona a tiempo completo a lo largo de un año, es decir, 1.826 horas/año.

1. Otros trabajos también han utilizado este enfoque (Arzubi y Berbel, 2001; Castillo, 2006; Chirinos y Urdaneta, 2007). El programa utilizado para calcular los valores de eficiencia ha sido DEAP versión 2.1 (Coelli, 1996).

- Unidad de Ganado Mayor (UGM): Equivale a una cabeza de ganado de referencia. Se calcula multiplicando el número de cabezas de ganado por un factor de ponderación, dependiendo de la raza y tipo de animal. Lo más común es que la especie de referencia sea el bovino adulto. En este trabajo se han seguido las recomendaciones de EUROSTAT, considerando que para el porcino de engorde el factor de ponderación es 0,3 y 0,03 para las aves de engorde.
- Costes Específicos de las Explotaciones Ganaderas: Costes de alimentación y otros costes específicos de ganadería (Gastos veterinarios y reproducción, los incurridos en la preparación para el mercado, almacenamiento, así como comercialización de productos ganaderos).
- Costes Generales de Explotación: Gastos ligados con la actividad productiva, diferentes de los específicos, definidos por:
  - Costes corrientes: Costes de adquisición de equipos pequeños.
  - Costes de mantenimiento y reparaciones: Teniendo en cuenta que las reparaciones de mayor cuantía que aumentan el valor de los edificios y maquinaria, están consideradas como inversiones.
  - Costes en energía: Consumo de carburantes y lubricantes para motores, así como electricidad y carburantes para calefacción.
  - Otros costes directos: Consumo de agua, seguros (excepto los de edificios y accidentes de trabajo) y otros gastos generales de explotación (contabilidad, teléfono, etc.).
- Amortización: Depreciación de los activos fijos durante el ejercicio contable. Se determina a partir del valor de reposición al final del ejercicio de las plantaciones de cultivos permanentes, edificios de la explotación, mejoras de la tierra, maquinaria y equipos.
- Costes de factores externos: Incluye los salarios y cargas sociales, arrendamientos e intereses pagados.

La base de datos ha sido construida a partir de los microdatos facilitados por el INE-Censo Agrario de 2009 (INE, 2012) y la RECAN-Red Contable Agraria Nacional de 2009 (RECAN, 2009). El Censo es elaborado periódicamente por el Instituto Nacional de Estadística (INE) mediante un proceso de encuestas sobre métodos de producción en las explotaciones agrícolas. Dada la complejidad de su elaboración, se publica siempre con cierto retraso, de ahí que la última información disponible sea la correspondiente a 2009.

Por su parte, la RECAN procede del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA), la cual cada año, mediante un sistema de muestreo, realiza encuestas con el objetivo de recoger datos contables de las granjas y hacer un seguimiento de los resultados de explotación de las actividades agrarias. Evidentemente, no es posible abarcar todas las granjas, por ello dedican gran esfuerzo en asegurarse que la muestra analizada sea representativa del universo global, teniendo en cuenta la región, el tamaño y el tipo de explotación. Se trata de una herramienta eficaz para valorar el impacto de las medidas adoptadas en el marco de los tratados de la Política Agraria Común, ya que contiene variables que pueden ser consideradas representativas de las gestión de las explotaciones (Dono *et al*., 2013). Se han utilizado los principios contables de la European Commission (2012) – *Farm Accountancy Data Network* (FADN), con el fin de ser comparables con el resto de países de la Unión Europea, y proporcionar información armonizada para toda Europa.

Las variables PET, SAU, UGM y UTAT se han obtenido a partir de los microdatos del Censo Agrario para cada explotación, el resto de *inputs* proceden de la RECAN del MAGRAMA.

Previa consulta específica, el MAGRAMA elaboró una base de datos anonimizada con los valores de las encuestas realizadas por la RECAN de las granjas de porcino y aves de engorde de la CV, después de comprobar que el número de encuestas era representativa del total de explotaciones existente en la CV. En esta base de datos se agruparon los resultados según la DE en cada una de las especies ganaderas solicitadas. Las variables que incluían esta base de datos eran datos en unidades físicas (UGM, unidades de trabajo, etc.) y monetarias (costes). Con esta información se determinaron los costes por UGM mediante la siguiente expresión:

$$Coste\,UGM_{ij} = \frac{coste_{ij}}{UGM_j} \qquad [2]$$

donde: $coste_{ij}$ representa los *inputs* relativos al gasto i de la DE_j; y UGM_j la Unidad de Ganado Mayor de la DE_j.

Por otra parte, la información que proporciona el Censo Agrario (PET) permite clasificar las explotaciones ganaderas según la DE establecidas por la RECAN (Tabla 1), facilitándose de este modo la extrapolación de los resultados de la ecuación 2 al conocer el *output* de cada explotación. Finalmente, realizada la asignación por tamaño económico, y con objeto de obtener cada una de las variables por explotación, los *Coste* UGM_{ij} han sido nuevamente multiplicados por su UGM correspondiente. Obteniendo la base de datos definitiva que contiene para todas las explotaciones todos los *inputs* considerados. Finalmente se eliminaron los datos *outliers*[2], obteniendo una base de datos con 434 explotaciones de porcino y 350 de aves.

Con objeto de acotar con más precisión el patrón que define las explotaciones eficientes será necesario analizar las variables ligadas a ella, es decir, los *inputs* de las granjas más eficientes, facilitando la concreción de su perfil. Para ello se utilizará el test no paramétrico de Kruskal-Wallis para categorizar los *inputs* en dos rangos (con niveles de eficiencia mayor o menor al 70%), y facilitar la valoración de las posibles diferencias existentes en las variables de ambos grupos.

Resultados

Los principales estadísticos de las variables que componen el modelo utilizado en el análisis empírico permiten identificar cual es el tamaño medio de la muestra utilizada así como su dispersión y sus valores extremos definiendo las características del colectivo a estudiar (Tabla 4).

Se aprecia una gran dispersión, de manera que engloba tanto pequeñas granjas con producción limitada, como explotaciones cuyo *output* casi alcanza el millón de euros en el caso de las aves y los 750 mil euros en el porcino, de ahí la elevada desviación típica de todas las variables. Esta es una de las características fundamentales de las explotaciones de la CV. Las explotaciones de porcino obtienen una producción media superior a 250 mil euros, en promedio disponen de 2,03 Ha. de SAU, emplean 1,04 UTAT y su cabaña ronda las 273 UGM. Mientras que las aves obtienen una producción media superior a 385 mil euros, mayoritariamente disponen de 11 Ha. de SAU, contratan 1,35 UTAT y su cabaña ronda las 240 UGM. Por tanto, es posible concluir que las explotaciones avícolas, son más intensivas ya que, con menos UGM, requieren más trabajo, elevados costes de producción y obtienen una mayor producción.

2. Se identifican como aquellos datos que no pertenecen al intervalo formado por la media +/- tres veces la desviación típica en cada una de las variables.

Tabla 4. Principales estadísticos de los outputs e inputs en porcino y aves
Table 4. Main statistics for outputs and inputs in pig and poultry

	Variables	Media	Máximo	Mínimo	Deviación Típica
		PORCINO			
Output	PET (€)	252.632,47	745.155.63	102.922,35	141.927,91
Inputs	SAU (Ha)	2,03	91,18	0,01	12,81
	UTAT	1,04	3,55	0,01	0,54
	UGM	273,22	1.035,00	13,50	209,39
	Coste Específicos (€)	138.964,35	487.654,64	6.539,54	108.718,76
	Costes Corrientes (€)	11,57	1.816,95	0,01	614,42
	Costes Mantenimiento (€)	3.890,37	9.105,16	225,06	2.057,36
	Energía (€)	2.496,29	7.407,26	123,39	1.791,76
	Otros, Costes Generales (€)	2.574,48	6.663,10	145,21	1.444,61
	Amortización (€)	5.491,12	12.348,68	330,19	2.756,37
	Costes Externos (€)	498,79	4.840,80	9,72	1.570,08
		AVES			
Output	PET (€)	385.669,35	991.200,00	101.359,83	222.050,44
Inputs	SAU (Ha)	11,06	335,63	0,001	30,00
	UTAT	1,35	8,00	0,04	0,81
	UGM	239,65	945,00	56,00	161,55
	Coste Específicos (€)	199.713,11	728.775,73	67.005,27	102.973,11
	Costes Corrientes (€)	203,48	870,42	0,06	196,42
	Costes Mantenimiento (€)	16.372,31	78.387,19	1.178,32	11.893,72
	Energía (€)	8.436,47	25.056,87	2.545,69	4.366,66
	Otros, Costes Generales (€)	3.599,78	8.442,84	1.455,37	1.343,69
	Amortización (€)	6.988,73	18.275,79	2.785,33	2.851,56
	Costes Externos (€)	2.328,44	6.697,66	448,54	1.437,65

PET: Producción estándar Total; SAU: Superficie Agraria Útil; UTAT: Unidad de Trabajo-Año Totales; UGM: Unidad de Ganado Mayor.

Fuente: Elaboración propia.

La aplicación del modelo DEA ha permitido obtener los resultados de eficiencia de cada explotación, los cuales representan un indicador de la gestión realizada en un momento determinado. El nivel de eficiencia de una granja es relativo, puesto que viene condicionado por las otras unidades de la muestra con quien se compara. Todas las observaciones representan, dentro de su categoría, un colectivo homogéneo en cuanto a su proceso productivo. En este caso se trata de medir la eficiencia de las granjas de porcino y aves sobre una muestra de 434 y 350 explotaciones, respectivamente (Tabla 5).

Tabla 5. Resultados de eficiencia en porcino y aves en cada provincia y en las dimensiones económicas (DE) con mayor concentración de granjas
Table 5. Efficiency results for pig and poultry, across provinces, and within the most representative economic dimensions (ED)

	Nº granjas	Nº granjas eficientes	Eficiencia media	Eficiencia máxima	Eficiencia mínima
PORCINO					
AL	2	0	0,68	0,73	0,63
CS	253	14	0,68	1,00	0,40
VL	179	26	0,70	1,00	0,39
DE8	226	24	0,74	1,00	0,42
DE9	170	6	0,59	1,00	0,39
DE10	38	10	0,90	1,00	0,90
AVES					
AL	11	0	0,90	0,99	0,82
CS	238	40	0,88	1,00	0,53
VL	101	34	0,92	1,00	0,58
DE8	114	17	0,93	1,00	0,74
DE9	155	10	0,84	1,00	0,53
DE10	51	20	0,95	1,00	0,68
DE11	30	9	0,95	1,00	0,8

AL: Alicante; CS: Castellon; VL: Valencia.
Fuente: Elaboración propia.

En la CV el número de granjas situadas en la frontera es preocupantemente bajo en ambas especies, siendo más acusado en el porcino: tan sólo un 9,2% de las granjas analizadas son completamente eficientes. De ahí que las empresas ganaderas deberían mejorar la gestión de sus *inputs* con objeto de incrementar su producción. El caso extremo se

encuentra en Alicante donde ninguna explotación es eficiente, aunque en las aves sus niveles máximos llegan a estar próximos a uno.

Respecto a los valores medios se aprecian diferencias significativas entre las dos especies analizadas. Mientras que el sector de las aves está, por término medio, bastante próximo a la frontera (0,9), el porcino todavía tiene un amplio recorrido de mejora (0,68), es decir, las aves con el mismo volumen de *inputs* podrían incrementar su producción un 10%, sin embargo en el caso de los cerdos se podría aumentar 32%. En términos absolutos, son eficientes 40 granjas de porcino y 74 de aves, además estas últimas están más próximas a la frontera y su eficiencia mínima es muy superior al porcino (0,53 frente a 0,39).

Si se comparan los resultados de eficiencia distinguiendo las clases de DE que recogen el mayor número de granjas de porcino y aves, se pueden identificar las diferencias entre los grupos (Tabla 5). Estos resultados muestran que tanto en el porcino como en las aves son las granjas de tamaño medio (DE9) las que tienen que esforzarse más en gestionar mejor sus *inputs*, tal y como lo hacen las de mayor dimensión (DE10 y, en aves, DE11).

Por otra parte, las características intrínsecas de las explotaciones eficientes, según su condición jurídica y la formación del personal también permiten identificar el patrón de comportamiento de las mismas (Tabla 6).

La mayoría de las granjas eficientes siguen el mismo patrón que el total de la muestra, con la

Tabla 6. Caracterización jurídica y cualificación de los trabajadores de las granjas (%)
Table 6. Legal status and farmers' qualification (%)

	Eficientes		No eficientes	
Condición jurídica	Porcino	Aves	Porcino	Aves
Persona física	82,50	78,38	87,82	84,42
Sociedad Mercantil	7,50	5,41	4,82	5,07
Sociedad cooperativa	0	1,35	1,52	0,72
Otras condiciones jurídicas	10,00	14,86	5,84	9,78
Formación del personal	Porcino	Aves	Porcino	Aves
Experiencia agraria	72,50	70,27	76,90	66,67
Cursos agrarios	10,00	2,7	3,30	3,99
Estudios profesionales agrarios	0	1,35	0	0,36
Estudios universitarios agrarios	17,5	25,68	19,80	28,99

Fuente: Elaboración propia.

diferencia que aumenta el porcentaje de granjas constituidas como una sociedad mercantil y, sobretodo, como otras formas jurídicas. Además, muchas de éstas han sido constituidas a través de una persona física, sin cualificación, pero aumenta el número de granjas en las que el jefe de explotación realiza cursos agrarios específicos, y por tanto, aunque se han basado en su experiencia para dirigir la producción, realizan cursos de formación para

mejorar su gestión. En el sector avícola, la condición jurídica del ganadero es mayoritariamente persona física, sin embargo existe un volumen mayor de sociedades mercantiles y otras condiciones jurídicas (comunidad de bienes, sociedad civil, etc.). Su alto nivel de experiencia se une a un mayor porcentaje de personal con formación agraria.

La utilización del test no paramétrico de Kruskal-Wallis (Tabla 7) muestra las diferencias existentes en las variables de ambos grupos

Tabla 7. Resultado del Test Kruskal-Wallis sobre las granjas de porcino y aves
Table 7. Kruskal-Wallis test results applied to pig and poultry farms

	Todas	Efic.<70%	Efic.>70%	Estadístico	p-value
		PORCINO			
Nº granjas	434	225	209		
SAU	9,6	9,8	9,3	4,195	0,041
UTAT	1,2	1,2	1,2	0,059	0,808
UGM	347,9	347,9	348,0	1,087	0,297
Costes Específicos	179.377,2	186.922,4	171.254,5	1,493	0,221
Costes Corrientes	520,9	729,1	296,8	9,864	0,001
Costes Mantenimiento	4.656,8	4.837,0	4.462,8	0,926	0,335
Energía	3.167,3	3.621,0	2.678,8	17,185	0,000
Otros Costes Generales	3.105,4	3.159,1	3.047,6	0,124	0,724
Amortizaciones	6.518,3	6.591,3	6.439,8	0,630	0,427
Costes Externos	1.367,9	1.993,4	694,5	12,703	0,000
		AVES			
Nº granjas	350	21	329		
SAU	11,1	22,9	10,3	0,007	0,932
UTAT	1,4	1,3	1,4	0,060	0,807
UGM	239,7	330,3	233,9	17,447	0,000
Costes Específicos	199.713,1	304.324,3	193.035,8	31,883	0,000
Costes Corrientes	203,5	430,4	189,0	35,046	0,000
Costes Mantenimiento	16.372,3	23.400,9	15.923,7	25,302	0,000
Energía	8.436,5	12.401,2	8.183,4	25,280	0,000
Otros Costes Generales	3.599,8	6.407,9	3.420,5	48,340	0,000
Amortizaciones	6.988,7	7.286,7	6.969,7	1,463	0,227
Costes Externos	2.328,4	5.021,0	2.156,6	46,623	0,000

SAU: Superficie Agraria Útil; UTAT: Unidad de Trabajo-Año Totales; UGM: Unidad de Ganado Mayor.
Fuente: Elaboración propia.

(granjas eficientes y no eficientes), donde la primera columna recoge la media de cada uno de los *inputs* sobre la muestra total, de forma que dicho valor servirá de referencia al promedio de aquellas granjas con niveles de eficiencia inferiores al 70% (columna 2) y a las que presentan niveles superiores (columna 3).

El estadístico chi-cuadrado del test de Kruskal-Wallis en las explotaciones de porcino ha resultado significativo para los costes corrientes, de energía y los externos, siendo estas variables las que permiten diferenciar la muestra según sus niveles de eficiencia. Las más eficientes se caracterizan por ser explotaciones que incurren en menores costes específicos, corrientes, de mantenimiento, energía y otros costes generales (Tabla 7). Por tanto, se trata de explotaciones productivas que saben gestionar bien sus recursos porque gastan menos y consiguen más producción.

En el sector avícola el estadístico chi-cuadrado de SAU, UTAT y Amortización no es significativo, estas variables no permiten diferenciar la muestra según sus niveles de eficiencia. Por tanto, la gestión de las explotaciones avícolas es muy diferente a las del porcino, en esta especie las más eficientes son aquellas que tienen un tamaño físico (UGM) próximo a la media, utilizan menos inputs, pero más trabajo (UTAT). Por tanto, las menos eficientes incurren en mayores costes, concretamente un 57%, 56% y 30% más elevados en factores externos, corrientes y otros costes, respectivamente. Además, las más eficientes tienen una SAU cercana a la media pudiendo afirmar que han conseguido aprovechar las economías de escala para obtener producciones óptimas.

A partir de los resultados obtenidos se puede afirmar que los sectores porcino y avícola de la CV tienen un importante potencial de mejora, siendo necesario identificar las características de las explotaciones eficientes con objeto de realizar una implantación general de las mismas. El porcino ocupa un puesto preponderante en la ganadería de la Comunidad, pero necesita adaptarse a los cambios acontecidos para optimizar su productividad y, de este modo, mejorar sus niveles de competitividad.

Discusión

En la literatura se encuentran estudios con objetivos similares al planteado en zonas geográficas muy diversas, siendo más frecuentes en la última década debido a la problemática ambiental despertada por estas granjas. Sin embargo, la gran mayoría de ellos han centrado la discusión en una comparativa entre eficiencia económica y la resultante del cumplimiento de las actuales normativas medioambientales (Piot-Lepetit y Vermersch, 1998; Lansink y Reinhard, 2004; Asmild y Hougaard, 2006; Yang *et al.*, 2008; Yang, 2009). Todos ellos concluyen que, previo a optimizar el potencial medioambiental, es necesario mejorar la eficiencia económica, debido a la implicación directa del propietario de la explotación.

Los avances medioambientales conllevan un beneficio público que afecta a la sociedad en su conjunto y difícilmente se traduce en mejoras en los resultados de explotación. Todas las modificaciones en la normativa medioambiental impuestas por las continuas políticas públicas están condicionando la productividad de las granjas. De ahí que la orientación de la investigación propuesta se centre en analizar la eficiencia económica, introduciendo un mayor detalle en los *inputs* con objeto de poder establecer el patrón de eficiencia en esta área.

En esta investigación, a diferencia de otras, las observaciones de la muestra engloban casi el total de explotaciones de las DE registradas en el Censo Agrario [en comparación con las 107 explotaciones del estudio realizado en Francia por Piot-Lepetit y Vermersch

(1998), las 290 danesas en Asmild y Hougaard (2006), las 100 griegas en Galanopoulos *et al.* (2006), las 31 chinas en Yang *et al.* (2008) y Yang (2009) o las 69 en la dehesa de Extremadura (España) en el estudio de Gaspar *et al.* (2009)]. De este modo, se ha evitado obtener resultados sesgados, condicionados por comportamientos específicos localizados en áreas geográficas concretas y poco extensibles a otras zonas ganaderas.

Los resultados revelan que en la CV el porcino tiene un amplio recorrido de mejora en sus niveles de eficiencia, algo similar a lo obtenido en otros territorios, como Grecia o Taiwán. Concretamente, en el caso de Grecia, Galanopoulos *et al.* (2006) deducen que estas granjas podrían reducir sus *inputs* un 17% obteniendo el mismo nivel de *output*, y en Taiwán, Yang *et al.* (2008) concluyen que, en promedio, es posible aumentar el *output* un 52,8%, manteniendo los mismos niveles de *inputs*. Sin embargo, no son comparables a las conclusiones de la investigación realizada en las dehesas de Extremadura (España) al tratarse de sistemas de producción extensivos y no intensivos como en la CV.

En estos estudios se enfatizan las diferencias de tamaño existentes. Normalmente en el porcino las granjas grandes son más eficientes, mostrando la necesidad de beneficiarse de los rendimientos crecientes a escala y abandonar las producciones reducidas que impiden aprovecharse de estas ventajas. Proponen a las Administraciones incentivos para aumentar la dimensión de las explotaciones, con objeto de facilitarles la adaptación a los cambios normativos del sector (reducciones purines, emisiones, etc.). Una eficiencia más elevada implica, en última instancia, mayores beneficios, cuestión clave para despertar la motivación de los propietarios por la adopción de nuevas técnicas.

El carácter minifundista del sector ganadero de la CV se refleja en el elevado número de explotaciones, y en el caso del porcino, de ineficientes, como revela el estudio realizado. Al igual que en Grecia y Taiwán, resulta imprescindible incrementar el tamaño de las granjas de porcino con objeto de poder mejorar su rendimiento y facilitar el cumplimiento de la normativa ambiental. Por tanto, la solución pasa por reducir el número de explotaciones, y en ocasiones trasladarlas a zonas del interior donde hay menores conflictos por el uso del suelo. Ahora bien, debe tenerse presente que todo ello precisa de una compensación monetaria traducida en mayores costes, difícilmente asumibles por el propietario dada la situación actual.

Conclusiones

Las nuevas exigencias medioambientales han provocado una adaptación inmediata en el sector ganadero, afectando a sus estructuras productivas. La comparación del sector porcino y de aves desvela que en la CV la problemática medioambiental del porcino podría ser uno de los causantes de su deficiente gestión económica, teniendo en cuenta que ya han incorporado en los costes corrientes la carga económica de la adecuación de las balsas de purines para reducir los riesgos de contaminación de aguas subterráneas.

Se ha demostrado que el incremento de tamaño mejoraría sus resultados, sin embargo debe valorarse otros aspectos que hasta ahora se tienen descuidados. El perfil jurídico-administrativo de las granjas eficientes es muy frágil, se trata de personas físicas con experiencia en el sector pero sin nivel académico, incapaces de trasladar a la explotación las ventajas ofrecidas por las sinergias propias de las agrupaciones de ganaderos, características de las sociedades cooperativas. Además, se hace cada vez más necesario la formación de la mano de obra que permita la utilización de técnicas avanzadas, acordes con las necesidades de mayor productividad, mejorando así la ido-

neidad del sector. Se requiere mano de obra motivada que apueste por una mejora en su formación para introducir avances en las explotaciones que se traduzcan en aumentos en la producción, tal y como se ha comenzado a realizar en el sector avícola.

Igualmente, sabiendo que las explotaciones de porcino se encuentran en zonas de interior bastante desfavorecidas económicamente, una mejora de su eficiencia podría atraer a población joven, facilitando un cambio generacional que ayude a ir profesionalizando el sector. Por el contrario, las explotaciones de aves están ubicadas en zonas más cercanas al litoral, donde los conflictos por el uso del suelo son mayores, y la población tiene bastante facilidad para cambiar de sector económico, lo que en parte explica sus mayores niveles de eficiencia.

Las granjas minifundistas características de la CV soportan un importante volumen de costes que difícilmente pueden trasladarse al precio de venta del producto sin perder competitividad. Las políticas agrarias dirigidas a este sector deberían potenciar el uso eficiente de los recursos disponibles, que en algún caso pasa por la agrupación de producciones en cooperativas, con el fin de aumentar el tamaño de las mismas. Además, una política de personal en cuanto a la organización del trabajo daría lugar a una mayor implicación del personal en los resultados productivos y económicos de la explotación.

Agradecimientos

Los autores reconocen la ayuda de MAGRAMA en la provisión de información de microdatos de la Red Nacional de Contabilidad Agraria (RECAN).

Bibliografía

Arzubi A, Berbel J (2001). Un análisis no paramétrico de eficiencia en explotaciones lecheras de Argentina. Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros 193: 119-142.

Asmild M., Hougaard JL (2006). Economic versus environmental improvement potentials of Danish pig farms. Agricultural Economics, 35: 171-181.

Beccaccia A, Ferrer P, Ibáñez MA, Estellés F, Rodríguez C, Moset V, de Blas C, Calvet S, García-Rebollar P (2015). Relationships among slurry characteristics and gaseous emissions at different types of commercial Spanish pig farms. Spanish Journal of Agricultural ResearchSpan, 13(1), e06-002: 1-15.

BOE (2003) Ley 6/2003, de 4 de marzo, de Ganadería de la Comunidad Valenciana. Boletín Oficial del Estado, núm. 81, de 4 de abril de 2003, pp. 13083-13116

Castillo M (2006). Eficiencia técnica de la producción de vacuno de carne en la dehesa. Revista Española de estudios agrosociales y pesqueros, 212: 139-154.

Charnes A, Cooper WW, Rhodes E (1978). Measuring the efficiency of decision making units. European Journal of Operational Research, 2: 429-444.

Chirinos A, Urdaneta M (2007). Medición de la eficiencia en el sector avícola mediante índices de Malmquist. Agroalimentaria, 25: 95-107.

Coelli T (1996). A guide to deap Version 2.1: A data envelopment analysis (Computer) program, Cepa Working Paper 96/08. Centre for Efficiency and Productivity Analysis, University of New England, Australia, 49 p.

DOCV (2010) ORDEN 7/2010, de 10 de febrero, de la Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación, por la que se aprueba el Código Valenciano de Buenas Prácticas Agrarias. Diario Oficial de la Comunidad Valenciana, num. 6212 de 23 de febrero de 2010, pp. 7239-7250.

Dono G, Giraldo L, Nazzaro E (2013). Contribution of the calving interval to dairy farm profitability: results of a cluster analysis of FADN data for a major milk production area in southern Italy. Spanish Journal of Agricultural, 11(4): 857-868.

European Commission (2012). The Farm Accountancy Data Network. Definition of variables used in FADN standard results. Disponible en: http://fadn.pl/wp-content/uploads/2013/06/RICC-882-EN-rev9.1-Definitions-of-Variables-final.pdf (consultado: 20 de abril de 2017).

Farrell MJ (1957). The measurement of productive efficiency. Journal of the Royal Statistical Society, 120(A): 253-281.

Galanopoulos K, Aggelopoulos S, Kamenidou I, Mattas K (2006). Assessing the effects of managerial and production practices on the efficiency of commercial pig farming. Agricultural Systems, 88(2): 125-141.

Gaspar P, Escribano M, Mesías FJ, Pulido F, Martínez-Carrasco F (2007). La eficiencia en explotaciones ganaderas de dehesa: una aproximación DEA al papel de la sostenibilidad y de las subvenciones comunitarias. Revista española de estudios agrosociales y pesqueros, (215-216): 185-209.

Gaspar P, Mesías FJ, Escribano M, Pulido F (2009). Assessing the technical efficiency of extensive livestock farming systems in Extremadura, Spain. Livestock Science, 121(1): 7-14.

González E, Álvarez A, Arias C (1996). Análisis no paramétrico de eficiencia en explotaciones lecheras. Investigación Agraria: Economía, 11(1): 173-190.

INE (2012) INEbase. Censo agrario 2009. Instituto Nacional de Estadística, Madrid.

Iráizoz B, Atance I (2004). Análisis de la eficiencia técnica en explotaciones ganaderas de vacuno de carne en España. Revista española de estudios agrosociales y pesqueros, 204: 67-94.

Láinez M, Balash S, Nuez T, Gargallo LM, Torres A (2002). Relaciones comerciales de las explotaciones porcinas de la Comunidad Valenciana. Investigación Agraria: Producción y Sanidad Animal, 17(1-2): 59-79.

Lansink AO, Reinhard S (2004). Investigating technical efficiency and potential technological change in Dutch pig farming. Agricultural Systems, 79(3): 353-367.

Murua JR, Albisu LM (1993). Eficiencia técnica en la producción porcina en Aragón. Investigación Agraria: Economía, 8(2): 239-251.

Pardo EM, Fernández M, Pardo ML (2001). Eficiencia de las explotaciones lecheras cordobesas: análisis técnico-económico y propuestas para mejorar la rentabilidad. Ed. Analistas Económicos de Andalucía, Málaga. 144 pp. Fundación Unicaja.

Piot-Lepetit I, Vermersch D (1998). Pricing organic nitrogen under the weak disposability assumption: an application to the French pig sector. Journal of Agricultural Economics, 49(1): 85-99.

RECAN (2009) Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Red Contable Agraria Nacional, 2009.

Ribas A, López C, Flores G (2006). Análisis no paramétrico de la eficiencia técnica de las explotaciones lecheras en Galicia: el papel de la concentración parcelaria. Revista española de estudios agrosociales y pesqueros, 209: 111-134.

Sharma KR, Leung PS, Zaleski HM (1997). Productive efficiency of swine industry in Hawaii: stochastic frontier vs. data envelopment analysis. Journal of Productivity Analysis, 8(4): 447-459.

Sharma K R, Leung P, Zaleski H M (1999). Technical, allocative and economic efficiencies in swine production in Hawaii: a comparison of parametric and nonparametric approaches. Agricultural Economics, 20(1): 23-35.

Tamminga S (2003). Pollution due to nutrient losses and its control in European animal production. Livestock Production Science, 84(2): 101-111.

Yang CC, Hsiao CK, Yu MM (2008). Technical efficiency and impact of environmental regulations in farrow-to finish swine production in Taiwan. Agricultural Economics, 39(1): 51-61.

Yang CC (2009). Productive efficiency, environmental efficiency and their determinants in farrow-to-finish pig farming in Taiwan. Livestock Science, 126(1): 195-205.

(Aceptado para publicación el 18 de septiembre de 2017)

Los efectos de la unidad mínima de cultivo en las tierras agrícolas de baja rentabilidad: el caso del olivar

M. Perujo-Villanueva[1] y S. Colombo[2,*]

[1] IFAPA, Centro Venta del Llano, Mengíbar, Jaén, Spain
[2] IFAPA, Centro Camino de Purchil, Agroecosost Group, Dep. of Agricultural Economics, Granada, Spain

Resumen

El concepto de la Unidad Mínima de Cultivo (UMC) fue instituido para evitar la excesiva fragmentación de la tierra y asegurar la calidad de vida de las familias rurales. La UMC ha sido estudiada por multitud de autores desde un ámbito jurídico siendo muy escasos, si no ausentes, los estudios que han investigado los factores socioeconómicos y productivos que son necesarios para la correcta definición y aplicación de la misma. En este estudio, se analiza y critica el concepto de UMC, en particular el determinado en la Comunidad Autónoma de Andalucía, para proponer una redefinición del mismo en aras de conseguir su objetivo: lograr que las explotaciones tengan una dimensión suficiente para garantizar un rendimiento satisfactorio. Los resultados ponen de manifiesto que, en el caso de un cultivo emblemático como el olivar tradicional andaluz, la definición actual no cumple con su objetivo ya que instaura una UMC muy inferior a la necesaria para obtener un rendimiento satisfactorio. Por tanto, es necesario, por un lado, adaptar los límites de la UMC a los rendimientos de los diferentes cultivos frenando así la excesiva fragmentación de la tierra y por el otro, establecer mecanismos públicos o privados que garanticen una propiedad con una superficie mínima que permita gestionar sus recursos de forma adecuada y rentable. Entre ellos, la consolidación de la tierra, junto a medidas fiscales como la exención de tributos por la compraventa de terrenos colindantes o la cooperación entre agricultores pueden constituir alternativas a considerar.

Palabras clave: Minifundismo, rentabilidad, SIG, Olivar.

Abstract
The effects of Minimun Crop Unit in the low profitability agricultural lands: the case of olive grove

The concept of Minimum Crop Unit (MCU) was created to avoid the excess of land fragmentation and to ensure the quality of life for rural families. Previous research analyzed the MCU in a juridical point of view, being almost inexistent studies about the socioeconomic and productive factors for the correct definition and application of the MCU. In this study, the concept of MUC of the autonomous community of Andalusia is analyzed and discussed to propose a redefinition of it, in order to achieve its aim: farms must have a sufficient size that guarantees a satisfactory income. Results show that, in the case of a symbolic farming system such as traditional olives farms, the current definition of MCU in the Andalusian region doesn t fulfill its aim, because it establishes a MUC much smaller than the necessary to obtain satisfactory income. Therefore, on the one hand, it is necessary to adapt the MCU limits to the different crops, stopping the excess of land fragmentation, and on the other to establish public or private mechanisms to guarantee a property system that allows managing farms in an adequate and profitable way. Amongst them, fee exemption in the land transmission where neighboring plot are transmitted, land consolidation projects or the cooperation of farmers are suitable alternatives to consider.

Keywords: Small farming, profitability, GIS, olive orchard.

* Autor para correspondencia: Sergio.colombo@juntadeandalucia.es
https://doi.org/10.12706/itea.2018.006

Introducción

La fragmentación de la tierra es un proceso que afecta a numerosos países del mundo, a pesar de que ha estado asociada normalmente a Europa y los países mediterráneos (Falah, 1992; Karouzis, 1971). A consecuencia de ello, se ha implantado un mosaico territorial vinculado a una explotación de carácter familiar con escasa aptitud competitiva (Mata Olmo, 1987), dando lugar a un gran número de explotaciones de dimensiones reducidas y un escaso número de explotaciones de grandes dimensiones (Naranjo Ramírez, 2003).

En España, ante la sucesiva fragmentación de las parcelas agrarias y el consecuente impacto negativo en los ratios de eficiencia de las mismas (Akkaya Aslan *et al.*, 2007; Chukwukere Austin *et al.*, 2012), la administración pública ha intervenido en la reordenación del espacio agrario principalmente a través de dos procedimientos: de un lado de forma activa, mediante la obligación a los propietarios de participar en procesos de concentración de la tierra y ordenación rural (Maceda Rubio, 2014) o bien de forma pasiva, mediante la limitación de determinados actos al propietario, como es la prohibición de enajenar si las fincas resultantes son inferiores a una determinada área.

El segundo procedimiento contempla el análisis del régimen de la Unidad Mínima de Cultivo (UMC) que ha sido estudiado por multitud de autores desde una esfera legal, es decir, del tráfico jurídico de la propiedad rústica (Millán Salas, 2016; Cosialls Ubach, 2008), siendo muy escasos los estudios que se centran en una perspectiva socioeconómica del instituto jurídico. La UMC se define en la actualidad como la superficie suficiente que debe tener una finca rústica para que las labores fundamentales de su cultivo, utilizando los medios normales y técnicos de producción, puedan llevarse a cabo con un rendimiento satisfactorio, teniendo en cuenta las características socioeconómicas de la agricultura en la comarca o zona (BOE, 1995). Su finalidad es evitar la excesiva fragmentación de la tierra y asegurar la calidad de vida de las familias rurales (Macía Arce *et al.*, 2004). Su fundamento radica en la idea de que la diseminación parcelaria es inadmisible desde una perspectiva técnica y económica.

Por tanto, es la Ley 19/1995 de Modernización de Explotaciones Agrarias (LMEA) la que define el régimen de las UMC, habilitando a las diferentes comunidades autónomas (CCAA) para que resuelvan la dimensión de las mismas (BOJA, 1996). Actualmente el Anteproyecto de Ley de Agricultura y Ganadería para Andalucía (Junta de Andalucía, 2016) propone nuevamente la necesidad de definir reglamentariamente las unidades de producción mínimas que permitan asegurar la viabilidad de la explotación, en función de su ubicación y del tipo de actividad agraria desarrollada en ella y utilizando los medios normales y técnicos de producción (art. 21.2).

En la resolución autonómica que delimita la UMC para el caso de la Comunidad Autónoma de Andalucía, se reconoce que la configuración de las UMC es una tarea compleja que requiere tiempo para su estudio, tanto en el ámbito regional, provincial y comarcal como en la negociación con los sectores implicados. Sin embargo, se considera necesario establecer una delimitación provisional. La resolución andaluza define las UMC en función del régimen de cultivo (regadío o secano) y del municipio donde se asienta, sin considerar la variabilidad de rendimiento en función del cultivo y/o gestión del mismo. No obstante, existen grandes diferencias de magnitud entre los ingresos medios por explotación que perciben las diferentes tipologías de olivar (Sanz Cañada *et al.*, 2014; AEMO, 2012). Una hectárea de olivar superintensivo puede llegar a equivaler a 50 hectáreas de olivar marginal (Sánchez Martínez *et al.*, 2015).

Dos notas esenciales se extraen de dicha resolución: su carácter provisional, aunque pasados ya más de veinte años es pertinente preguntarse sobre la intención original de provisionalidad, y el mantenimiento de una UMC para todos los municipios de Andalucía en el régimen de regadío de 0,25 ha[1]. En el régimen de secano, según provincias, los valores oscilan entre 2,50 y 3,50 ha.

La dificultad que entraña la excesiva fragmentación de la tierra para una gestión eficiente se acrecienta en cultivos de baja rentabilidad como es el cultivo del olivar, en el que se están incorporando países sin ninguna tradición olivarera con densidades mayores de plantaciones y costes de producción muy bajos (Vilar y Cárdenas, 2016). La situación de bajos niveles de precios supone, a todas luces, una remuneración de los aceites a los productores que no cubre los costes de un gran número de explotaciones de la geografía oleícola española (García Brenes y Sanz Cañada, 2012). La finca rústica ha de tener una extensión suficiente para que el agricultor pueda estar ocupado durante todo el año y como consecuencia obtenga una renta equiparable a la que otro trabajador hubiera obtenido trabajando el mismo tiempo en un sector que no sea agrario (Millán Salas, 2001). No obstante, los olivares de bajos rendimientos han sido considerados como una fuente secundaria de renta y no como una fuente principal (García Brenes, 2005). Por tanto, la superficie debe ser al menos de la dimensión suficiente para obtener un rendimiento complementario a la actividad principal.

La estrecha relación entre el minifundismo y el olivar tradicional (Cejudo García y Maroto Martos, 1999) hace que la UMC adquiera especial relevancia para este cultivo, y que por tanto, sea el olivar el cultivo elegido para los análisis en este trabajo. La situación económica de las pequeñas explotaciones agrarias, específicamente en el olivar, se ha deteriorado a lo largo de los últimos años (Colombo y Camacho Castillo, 2014). Colombo *et al.* (2016a) realizan un análisis comparativo de tres parcelas agrarias con diferente superficie (1 ha, 5 ha y 10 ha) y demuestran como a menor superficie corresponden mayores costes de producción. Por todo ello, el objetivo de esta publicación es diseñar una metodología que permita definir una UMC acorde a la rentabilidad del cultivo.

Los autores no tienen conocimiento de que existan estudios que justifiquen una determinada UMC en función de la rentabilidad real de cada cultivo. Tampoco existen estudios que cuantifiquen ésta en función de la ligazón entre el agricultor y su economía (agricultura marginal, complementaria o profesional). Por ello, analizar el concepto desde el área de la economía agraria, y no exclusivamente de los efectos jurídicos de la misma, aportará el conocimiento suficiente para ajustar la rentabilidad del cultivo a los requerimientos mínimos de subsistencia de un propietario y el hogar medio. El nuevo marco normativo que establece el Anteproyecto de Ley de Agricultura y Ganadería de Andalucía se presenta como una oportunidad única para proponer una nueva UMC atendiendo a las cualidades de cada cultivo.

Material y métodos

Caso de estudio

El olivar es uno de los principales cultivos de Andalucía, tanto por su superficie (1,5 millones de ha) como por su incidencia en la producción de la rama agraria, 21,7% (BOJA,

1. A excepción de la Provincia de Granada donde en el régimen de regadío extensivo es de 0,50 ha.

2015). Este estudio se centra en el olivar tradicional mecanizable (OTM)[2] de la provincia de Jaén por ser el sistema de cultivo predominante y encontrarse en una situación de incertidumbre. Esta provincia representa el cultivo del olivar en su máxima expresión, el 83% de la superficie agraria útil (Perujo-Villanueva *et al.*, 2015). Además, el mismo adolece de un excesivo minifundismo que se traduce en parcelas de pequeña dimensión que a su vez son gestionadas de forma familiar. En cuanto a la evolución histórica del sistema de propiedad, las dos principales notas en la provincia de Jaén que afectan a la definición de la UMC son, por un lado, la sucesiva fragmentación de la tierra y, por otro, el crecimiento vertiginoso del regadío. En el año 1980 existía una importante pequeña propiedad siendo las explotaciones menores de 20 ha un 85,2% del total, junto a una reducida gran propiedad mayor de 100 ha que representaba un 7,0% (Quirós Romero, 1984). Ya en 2009, la pequeña propiedad significaba en las explotaciones de menos de 20 ha un 91,5% mientras que la gran propiedad mayor de 100 ha solo un 0,3% (INE, 2009). En 1984, los regadíos sumaron en toda la provincia 66.249 ha (Quirós Romero, 1984), valor que se incrementó rápidamente en los años 90 hasta alcanzar actualmente las 260.000 ha, que suponen un 35,4% de la superficie total olivarera en la provincia (Sánchez Martínez *et al.*, 2015).

Unidad Mínima de Cultivo

La definición de la UMC en olivar requiere, desde el punto de vista metodológico, diferenciar dos procedimientos: de un lado es necesario caracterizar el olivar para disponer de una radiografía de las parcelas agrarias en el área de estudio en función del régimen de cultivo, además de establecer una clasificación del tipo de olivar atendiendo a su productividad y manejo; de otro, estimar la rentabilidad media del cultivo del olivar tradicional para la obtención de la superficie mínima que asegure un rendimiento satisfactorio.

Caracterización del olivar de la provincia de Jaén

La metodología seguida, basada en el uso de herramientas de Sistema de Información Geográfica (SIG), se ha nutrido de la base de datos espacial del SIGPAC y las declaraciones de cultivo correspondientes a 2013 (SIGPAC 2013). A partir de ellas, se ha generado el mapa de recintos de olivar de la provincia de Jaén, como base cartográfica, sobre el que se ha realizado un análisis de caracterización y selección del olivar objeto del estudio, seguido de análisis espaciales a nivel de parcelas agrarias para su tipificación.

Los recintos de olivar se han caracterizado atendiendo a las tres variables normalmente consideradas para definir las características estructurales y agronómicas del olivar: 1) la densidad de plantación (número de olivos por ha); 2) el régimen de cultivo, ya sea de secano o de regadío; y 3) la pendiente media. La información relativa a la densidad de plantación se ha extraído de la base de datos del SIGPAC de la edición de 2009, última en la que consta dicho atributo. En los recintos de los que no se disponía de la misma, se ha atribuido el valor a través de interpolación por el vecino más próximo. La discriminación entre olivar de secano y de regadío se ha rea-

2. Por olivar tradicional se entiende el olivar de carácter extensivo o semi-extensivo, con dos o tres pies por árbol, marco de plantación amplio y rendimientos productivos medios-bajos. Además su pendiente permite el uso de tractor para determinados trabajos.

lizado por compilación de la capa creada por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir para el año 2008 y el SIGPAC 2013. En cuanto a la pendiente media, se ha utilizado el valor contenido en el SIGPAC 2013. Ello nos permitirá definir los diferentes tipos de olivar en función de su productividad.

A partir del mapa de recintos, que es la información que facilita SIGPAC, se ha generado el mapa de parcelas agrarias (recintos de olivar adyacentes y pertenecientes a un mismo propietario) que es el objeto de estudio de la LMEA. Con la información creada se ha podido analizar la superficie que presentaba cada parcela y si eran potencialmente segregables (por tener una superficie al menos del doble de la UMC requerida).

Cálculo del rendimiento satisfactorio para el olivar tradicional mecanizable (OTM)

Para cuantificar el concepto "rendimiento satisfactorio" de una parcela de olivar tradicional se requiere en primer lugar conocer los costes de producción, a continuación los ingresos por la venta de aceite y en último lugar, el umbral de rendimiento que debe imputarse a una parcela para que sea satisfactorio.

La estimación de los costes de producción se ha llevado a cabo empleando un software específico (GESTOLI V.1). En este software el analista inserta todos los parámetros de producción (maquinarias, sistema de manejo, insumos, etc.), para obtener el coste de producción de un kg de aceite. La principal innovación introducida se centra en que la estimación de los costes se realiza en función del tamaño de la parcela. Además, se han introducido en el cálculo de los costes los "tiempos muertos" en la producción necesarios para la preparación, carga, descarga y desplazamiento del tractor y de los aperos. Por último, se considera el coste de oportunidad de la tierra y se permite calcular el impacto del autoempleo en los costes de producción. La estimación de costes obtenida por este software se ha calibrado empleando 60 encuestas a olivicultores de la provincia de Jaén. También, se ha corroborado que la estimación no difiere de los valores medios publicados en la literatura (CES, 2011; AEMO, 2012)[3] para los casos concretos descritos en estos estudios. Para incorporar en el cálculo de los costes el concepto que utiliza la LMEA "*utilizando los medios normales y técnicos de producción*", asumimos que los agricultores disponen de la tecnología y maquinaria comúnmente empleada[4] en cada sistema de manejo y que operan bajo el sistema de mínimo laboreo caracterizado por las siguientes operaciones anuales: un abonado de suelo, tres tratamientos fitosanitarios, dos pases de cultivador y uno de rastra, eliminación de rebrotes (desvareto), un pase de herbicida en otoño y recolección manual. Además, una poda bianual. Este sistema ha sido utilizado para cal-

3. Por razones de espacio no es posible una descripción completa del diseño y funcionamiento del software GESTOLI V.1. El lector interesado puede encontrar más información en Colombo *et al*. (en prensa) y Colombo *et al.* (2017).

4. Debido a la reducida dimensión de las parcelas en la provincia de Jaén, se asume que el titular de la explotación no tiene un tractor y los aperos que necesitan la tracción del mismo. Por otro lado, dispone de un todoterreno, un remolque, una cuba para tratamientos fitosanitarios y herbicidas, una motosierra, un vibrador de rama, una sopladora y varios aperos (hachas, fardos etc.) necesarios en las operaciones de cultivo. El titular de la explotación se encarga de todas las tareas, requiere de la ayuda de una persona en los tratamientos fitosanitarios y fertilización y en la recogida trabajan tres familiares. Se externaliza el picado de ramón (35 €/ha), el manejo del suelo con rastra (15 €/ha) y cultivador (18 €/ha). El cálculo del coste de oportunidad se ha llevado a cabo asumiendo una tasa de interés de un 1% al precio de la tierra según reflejado en las encuestas sobre los precios de las tierras en Andalucía de la Consejería de Agricultura Pesca y Desarrollo Rural de 2014.

cular el coste de una ha de olivar tradicional, tanto en régimen de secano como de regadío con una producción de 3.500 kg y 6.000 kg respectivamente y un 21% de rendimiento grasos en ambos casos. Se ha asumido un modelo de explotación basado en la mano de obra familiar donde la mayor parte del trabajo agrario es realizado directamente por el titular y su familia, contratando solo de manera excepcional (y por lo general, de modo estacional) trabajo asalariado (Moyano Estrada, 2014). Es decir, se computa el coste de mano de obra como renta de la parcela. Los ingresos han sido calculados asumiendo un precio de venta del aceite de 2,29 €/kg.[5], y una subvención media por ha de 550 € en el régimen de secano y 650 € en regadío. Los ingresos por ha se cifran en 2.233 €/ha y 3.535 €/ha para el caso del olivar de secano y regadío respectivamente.

En cuanto al umbral de rendimiento que debe imputarse a una parcela se ha considerado que el rendimiento mínimo es satisfactorio, es decir asegura la calidad de vida de las familias rurales, si permite ingresar al menos el salario mínimo interprofesional (SMI) al titular de la parcela. También para establecer un supuesto paralelo de comparación se ha utilizado el Umbral de Riesgo de Pobreza (URP), que siguiendo los criterios de Eurostat, se fija en el 60% de la mediana de los ingresos por unidad de consumo de las personas. El sueldo mínimo interprofesional (SMI) para el año 2017 es de 9.906 € y el Umbral Riesgo de Pobreza (URP) se sitúa en 8.011 €. Finalmente se exponen los datos atendiendo a los hogares compuestos por dos adultos y dos menores de catorce años, cuyo URP se sitúa en 16.823 €.

Además, se ha tenido en cuenta la idiosincrasia del propio cultivo del olivar y el perfil del olivicultor planteando cuatro escenarios posibles en función de la vinculación económica de éste y el propio fundo agrario (importancia de los ingresos del olivar en su renta anual). Así, para el olivicultor tipo A se asume que no dispone de otros ingresos y vive exclusivamente del olivar (100% de la renta); para el caso B, se describe una situación en el que aunque el agricultor tiene otra fuente de ingresos, ésta es secundaria respecto a la que percibe por el olivar (75% olivar, 25% otras fuentes) y para los últimos dos tipos de olivicultores, los supuestos C y D, se asume que se posee otra profesión principal y los ingresos procedentes del olivar son de igual cuantía y/o secundarios (50% y 25%[6]). Un esquema de la metodología seguida se muestra en la figura 1.

El número de ha necesarias para que cada parcela de olivar tradicional sea rentable (UMC) se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$RSF = (RSha \times Nha) - (Bap \times \alpha)$$

$$Sujetoa: RSF > 0; \quad Nha > \frac{(bap \times \alpha)}{RSha}$$

donde:

RSF es el Rendimiento Satisfactorio Final; RSha el Rendimiento Satisfactorio neto por ha; Nha es el Número de hectáreas necesarias para que el RSF sea mayor que 0 (UMC); Bap es el Beneficio anual personal, que define el umbral de ingresos anuales que debe percibir una persona para no estar en una situación de vulnerabilidad; α es una constante que tiene en cuenta el peso que tiene el olivar en la renta anual del olivicultor.

5. Según datos de Poolred, el precio medio de venta del aceite, ponderado por la cantidades producidas y los respectivos precios en el periodo 2000-2015, es de 2,29 €/kg.

6. Según el Plan Director del Olivar en Andalucía, el 41% de los titulares llevan a cabo otras actividades. Para el 88% esta otra actividad es la principal.

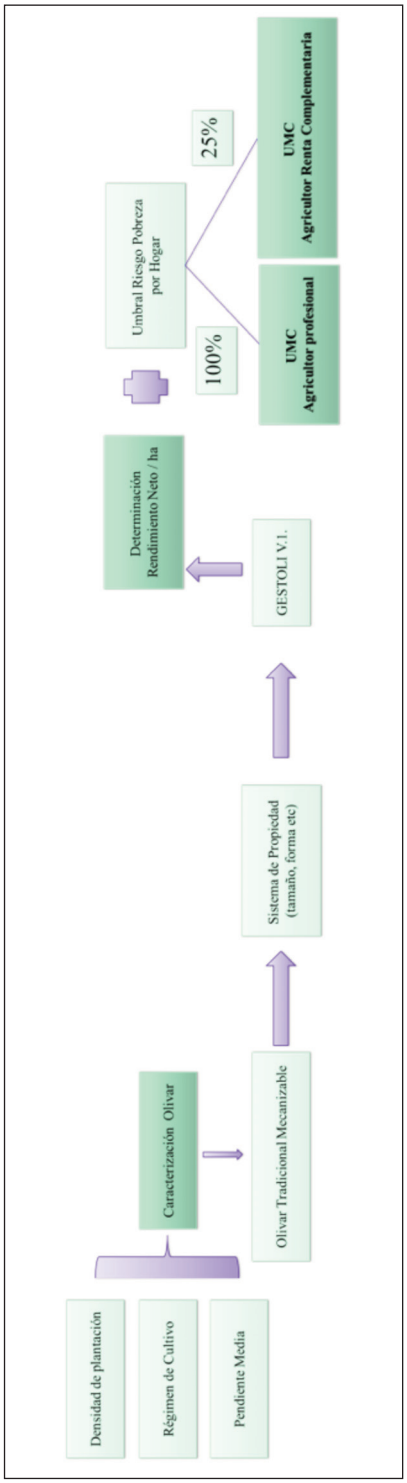


Figura 1. Descripción de la metodología empleada.
Fuente: Elaboración propia (2017).
Figure 1. Description of the methodology.

Según LMEA, el objeto de la UMC es la parcela agraria. No obstante, la propia norma en su artículo 2 define la explotación agraria como una unidad técnico-económica. Por ello es necesario considerar los siguientes análisis con respecto a tres escenarios diferentes: en primer lugar, se estudian las explotaciones que están constituidas por una única parcela (coincide el término explotación con el de parcela agraria y por tanto con el objeto de la ley); en segundo lugar, se analizan los datos para las explotaciones constituidas por más de una parcela, situación real de numerosas explotaciones, y por último, se asume el caso hipotético de que todas las parcelas de cada propietario se aunaran en una unidad (escenario óptimo atendiendo a la superficie de cada propietario), es decir, un escenario que aboga por definir la UMC de la explotaciones en lugar de las parcelas, hecho que disminuirá la UMC requerida para el rendimiento satisfactorio al configurarse un escenario con mejores condiciones para la gestión. Este hecho ha sido sugerido por varios autores en la literatura, que consideran el tamaño de la explotación como prioritario (Cosialls Ubach y Muñiz Espada, 2015; Téllez de Peralta, 2000).

Resultados

Análisis cartográfico del tipo de olivar en función de su rendimiento

El análisis del mapa de recintos del SIGPAC revela que hay 488.028 recintos de olivar que representan una superficie de 569.903 ha. Con respecto al régimen de cultivo, los recintos en regadío alcanzan el 30,4% de la muestra (173.140) y una superficie del 45,7% (260.312 ha). La superficie media de este tipo de recinto es de 1,5 ha. Los recintos de secano tienen una superficie media inferior (0,9 ha) y suponen el 69,6% de la muestra cubriendo una superficie de 309.591 ha.

El tamaño medio de parcela es de 1,7 ha, con una elevada proporción de parcelas agrarias de dimensiones reducidas: el 62,9% de las parcelas presentan una superficie inferior a 1 ha (17,8% del suelo olivarero), y el 94,6% inferior a 5 ha.

En la tabla 1 se representa la superficie susceptible de segregación en la provincia de Jaén, es decir aquellas parcelas potencialmente divisibles al disponer de una superficie de, al menos, el doble de la UMC. Se distingue entre el regadío y el secano para dirimir los dos regímenes establecidos por la normativa actual. Además, los datos se muestran segregados por comarcas, dado que los tamaños de las parcelas en la zona de estudio difieren en función de las zonas, especialmente en el caso del regadío.

Los resultados son muy diferentes entre las parcelas olivareras en régimen de secano y en régimen de regadío. En secano el umbral de divisibilidad establecido en la UMC hace

Tabla 1. Parcelas y superficie segregables por comarcas en la provincia de Jaén
Table 1. Parcels and area that are divisible in the districts of Jaen province

Comarca	Regadío		Secano	
	Parcelas segregables	%	Parcelas segregables	%
Sierra de Segura	8.157	61,0	332	1,9
El Condado	11.993	70,4	402	2,8
Sierra Morena	6.302	80,7	268	7,3
La Loma	36.811	56,1	159	3,2
Campiña del Norte	17.100	76,7	1437	6,6
Sierra de Cazorla	12.838	68,4	1809	5,2
Campiña del Sur	12.991	71,1	216	4,0
Mágina	14.944	53,1	247	6,5
Sierra Sur	8.334	55,9	563	1,7

Fuente: Elaboración propia (2017).

que el número de parcelas divisibles sea mínimo. Tan solo el 3,9% de las parcelas agrarias son divisibles (5.433). En cambio, en el olivar regado la superficie segregable es mucho mayor, concretamente el 62,8% en términos medios. Estos valores varían de forma significativa entre comarcas. En comarcas como Condado, Sierra Morena, Campiña del Norte y Campiña del Sur se concentran los mayores índices de segregación, con valores superiores al 70%.

Análisis del rendimiento satisfactorio para el olivar tradicional mecanizable

Explotaciones de una parcela

En la provincia de Jaén, las explotaciones de OTM conformadas por una parcela suponen el 36% (30.816) del total de las explotaciones. Entre ellas, 18.389 son olivar de secano con una superficie media de 1,6 ha. Asumiendo la actual delimitación de la UMC, las par-

celas divisibles para el secano representan el 2,9%. En cuanto al regadío, de las 12.427, con una media de 2,0 ha, 8.360 disponen de una superficie suficiente para su divisibilidad (27,1%).

El beneficio neto por ha se ha calculado para la parcela media tanto para el regadío como para el secano. Así, para una parcela media en régimen de secano (1,6 ha) es de 1.261 €/ha, mientras que para el regadío (2,0 ha) es de 1.629 €/ha. Estos valores son el producto de minorar a los ingresos, donde se incluye la subvención y el producto de la venta del aceite en origen, los gastos y otras partidas como la maquila, tratamiento de suelos, riego, etc.

Asumiendo los dos valores referidos anteriormente para dirimir el rendimiento satisfactorio (SMI y URP), para este conjunto de la muestra, la UMC debería establecerse tal y como muestra la siguiente tabla 2.

Los datos señalan cómo, en cualquiera de los contextos planteados, la vigente UMC establecida para Andalucía es muy inferior a la que se requiere para alcanzar el rendimiento satisfactorio de la parcela. Para el olivicultor A, agricultor a tiempo completo, según los datos expuestos en la tabla 2 se considera que para alcanzar el SMI en una explotación de secano se requiere de una superficie de 7,8 ha. Tan solo 456 propietarios (1,5%) disponen de tal dimensión. Si analizamos los datos en base al URP, se requieren al menos 6,3 ha para que la parcela olivarera alcance dicho umbral; tan solo 624 propietarios (2,0%) alcanzaría esa superficie suficiente. Si se computan los datos para el régimen de regadío, del conjunto de explotaciones analizado tan solo alcanzaría el SMI el 2,3% y el URP el 2,9%.

Si se consideran los ingresos URP por hogar en lugar de por individuo, se requieren 13,4 ha en secano para el sustento de una familia de cuatro miembros y 10,3 ha si el régimen es de regadío. Este análisis manifiesta que el olivar tradicional no puede ser considerado como actividad única para alcanzar un umbral mínimo de ingresos dada su fragmentación actual, a excepción de que existan ayudas sociales que permitan fijar a la población en los territorios.

Tabla 2. Unidad mínima de cultivo establecida para el olivar tradicional mecanizable de secano y regadío
Table 2. Minimum crop unit set for rain fed and irrigated traditional olive orchard

	Unidad Mínima de Cultivo conforme al Salario Mínimo interprofesional (ha)		Unidad Mínima de Cultivo conforme Umbral Riesgo de Pobreza (ha)	
	Secano	Regadío	Secano	Regadío
Olivicultor Tipo A	7,8	6,0	6,3	4,9
Olivicultor Tipo B	5,9	4,5	4,8	3,7
Olivicultor Tipo C	3,9	3,0	3,2	2,5
Olivicultor Tipo D	1,9	1,5	1,6	1,2

Fuente: Elaboración propia (2017).

Para el olivarero D, es decir, aquel que percibe una renta principal no procedente del olivar, se estiman unas superficies inferiores a las del caso anterior, gracias a la renta complementaria procedente de otra actividad. Para alcanzar el SMI se necesitan al menos 1,9 ha en secano y 1,5 ha en regadío, mientras que para alcanzar el URP se requieren 1,6 para el secano y 1,2 ha para el regadío. Actualmente tan solo alcanzarían la superficie suficiente el 10,5% de las explotaciones en régimen de secano, mientras que en régimen de regadío la cifra asciende a 11,1%. Por tanto, en torno al 90% de estas explotaciones no registran ingresos suficientes para alcanzar un rendimiento satisfactorio. Considerando la magnitud del ingreso por hogar para el caso del olivarero D, donde se considera rendimiento satisfactorio aquél que proporciona 4.205 € procedentes del olivar y 12.617 € por otra actividad principal, se requieren 3,3 ha en régimen de secano y 2,6 ha en régimen de regadío. Estos umbrales solo se cumplen para el 5,2% de las explotaciones en secano y el 6,3% en el regadío.

Si los beneficios son inexistentes para la mayoría de los agricultores a título principal, los datos no son más halagüeños para el propietario que dispone de otra renta. En estos casos, tan solo en torno al 6% de las explotaciones presenta la superficie suficiente para alcanzar el rendimiento satisfactorio.

Explotaciones constituidas por más de una parcela

En este apartado se analizan las explotaciones constituidas por más de una parcela, el 64% del total. En este caso, la superficie media considerada para el cálculo del rendimiento por ha es la suma de la superficie del conjunto de parcelas de cada explotación. Los resultados mostrados son conservadores, ya que no computan los costes de dispersión (Perujo-Villanueva y Colombo, 2017), ni de fragmentación (Colombo y Perujo-Villanueva, 2017a) que pueden encarecer los costes de producción en torno a un 15%.

De un total de 230.634 parcelas, 81.890 se encuentran en régimen de secano, con una superficie media de 1,5 ha, de las que, según legislación vigente, 3.717 (1,6%) son segregables por disponer al menos del doble de la UMC; en el caso del regadío, existen 148.744 parcelas con una superficie media de 1,9 ha. De ellas, el 41,1% (94.848) son susceptibles de segregación. Este análisis preliminar permite ofrecer una situación muy diferente entre el olivar en secano y en regadío ya que, debido a la baja superficie de la UMC para el regadío, este último puede seguir subdividiéndose y aumentando aún más el grave problema de la excesiva fragmentación de la tierra y la consiguiente baja o nula rentabilidad del fundo.

Para el caso del olivarero A, en el caso del secano solo en torno al 1% de las parcelas alcanza la rentabilidad establecida en función de UMC, mientras que para el caso del regadío ésta se sitúa en torno al 5%. Para el olivarero tipo D, en régimen de secano, según se emplee el SMI o el URP, el 1,9% o 7,5% de las parcelas alcanzarían la rentabilidad satisfactoria, mientras que para el regadío esta cifra la lograrían en torno al 16,0% (SMI) o 19,8% (URP) de las parcelas agrarias.

El valor ofrece, bajo la actual definición de la UMC, una perspectiva definitoria del cultivo: su carácter deficitario desde el punto de vista económico, incluso considerando sus ingresos como renta marginal del agricultor y su gestión a través de la mano de obra familiar.

UMC en función de la superficie de la explotación

En tercer lugar, se presentan los resultados bajo el supuesto de que la UMC fuese defi-

nida a nivel de explotación. En este caso, la muestra analizada está constituida por el total de propietarios de olivar tradicional de la provincia de Jaén, 84.788 propietarios, de los cuales 41.003 poseen la totalidad de sus parcelas en secano (48,4%), con una media de 3,6 ha, mientras que las explotaciones constituidas íntegramente por regadío suponen el 28,8%, con una superficie media de 4,1 ha. El resto de las explotaciones están constituidas por un régimen mixto y suponen el 22,9%.

La tabla 3 muestra la UMC a nivel de explotación agraria. Al computarse el conjunto de hectáreas de cada agricultor el beneficio neto por ha aumenta (mayor eficiencia en las labores), lo que repercute directamente en la superficie necesaria para alcanzar el rendimiento satisfactorio. Sin embargo, en el caso del secano, para el tipo olivicultor A, el rendimiento satisfactorio sigue sin alcanzar el 15% (en función del parámetro utilizado entre el 11,2% y 14,5%), lo que vuelve a demostrar el escaso nivel de rentabilidad del cultivo, que hace inviable su consideración como única actividad para el propietario. Si se considera como cultivo complementario, es decir el caso del olivicultor D, la superficie aumenta considerablemente, llegando a umbrales notables (46,4%-53,9%). Estas cifras manifiestan que incluso considerando la totalidad de las tierras de un propietario y que la renta proveniente del olivar suponga solo una cuarta parte del SMI o URP, gran parte de las explotaciones de la provincia no proporcionan una renta suficiente. El caso del regadío es muy parecido al del secano, y las reducidas diferencias no justifican el establecimiento de una superficie muy reducida como UMC en este sistema. Es por tanto necesario plantear nuevos escenarios que permitan aumentar la superficie de las explotaciones.

Tabla 3. Unidad Mínima de Cultivo según tamaño de explotaciones
Table 3. Minimum crop unit according to the farm size

	Unidad Mínima de Cultivo conforme al Salario Mínimo interprofesional (ha)		Unidad Mínima de Cultivo conforme Umbral Riesgo de Pobreza (ha)	
	Secano	Regadío	Secano	Regadío
Olivicultor Tipo A	6,8	6,0	5,5	4,8
Olivicultor Tipo B	5,1	4,5	4,2	3,6
Olivicultor Tipo C	3,4	3,0	2,8	2,4
Olivicultor Tipo D	1,7	1,5	1,4	1,2

Fuente: Elaboración propia (2017).

No obstante, la consideración de la totalidad de la superficie de la explotaciones arroja resultados mejores que los planteados en el primer supuesto, donde los porcentajes de rendimiento satisfactorio solo lo alcanzaban el 3,0% en el tipo A e inferiores al 11% para el tipo D; también son mejores que los resultados alcanzados en el segundo supuesto, aquellas explotaciones con más de una parcela donde los porcentajes más halagüeños no superan el 5% para el tipo A o el 20% para el tipo D.

La figura 2 representa la distribución del OTM en la provincia de Jaén. Con base en el URP por hogar se muestra la distribución del mismo que consigue alcanzar un rendimiento satisfactorio en régimen de regadío. En el mapa superior se representa en color verde la superficie de olivar que alcanza esta renta considerando que la totalidad de los ingresos del propietario se deben a este cultivo. En tonos rojos aparecen reflejados aquellos olivares que no alcanzan los ingresos necesarios estimados para el hogar, 16.823 €. En el mapa inferior, se presenta la distribución de olivar regado para el caso del olivicultor D, es decir, un propietario que percibe el 75% en base a una actividad principal y el 25% del olivar. En ambos casos el escenario se analiza bajo el supuesto de la consolidación de la totalidad de las tierras de cada propietario.

Los datos son concluyentes en ambas hipótesis: el olivar no alcanza la rentabilidad en la mayor parte de las explotaciones existentes. En el mapa superior se presenta un espacio donde tan solo el 7,6% de los propietarios obtienen rendimientos satisfactorios (53% de la superficie); mientras que en el mapa inferior, el porcentaje de propietarios con rendimientos satisfactorios asciende al 32,6% (82,7% de la superficie).

Discusión

La excesiva fragmentación de la tierra rústica, junto con la baja rentabilidad del cultivo del olivar, hace necesario replantear el futuro de las pequeñas explotaciones agrarias. Entre otros factores, la escasa dimensión económica de las explotaciones es uno de los elementos que reducen la rentabilidad y por ende favorece el abandono de las mismas, especialmente por los jóvenes agricultores (Langreo Navarro y García Azcárate, 2017). Así, la administración debe apostar por establecer mecanismos públicos o privados que garanticen una propiedad con una superficie mínima que permita gestionar sus recursos de forma adecuada y rentable.

A estos efectos, la UMC impide futuras divisiones de los fundos agrarios por debajo de una superficie mínima con el objetivo de mantener su viabilidad. No obstante, esta figura no soluciona el problema actual del excesivo minifundismo en el espacio agrario, entre otros motivos por no haberse fijado de forma correcta en cuanto a su objeto, la parcela agraria, y por determinar valores demasiado bajos que impiden alcanzar un rendimiento satisfactorio. Por tanto, se define como una figura de prevención, pero de escaso valor en territorios donde la fragmentación es ya una realidad como es el caso de muchos cultivos en el ámbito mediterráneo. En el supuesto del olivar, lamentablemente la UMC es una medida que llega tarde, especialmente para el régimen de secano, ya que actualmente casi la totalidad de las parcelas se encuentran por debajo de la superficie mínima establecida (98,1%). En cambio, en el olivar regado, las parcelas segregables ascienden al 62,8% de la muestra; ello se debe especialmente a la baja dimensión que se requiere en la actualidad, que por otro lado no garantiza en absoluto un rendimiento mínimo satisfactorio. Por ello es de vital importancia incrementar la UMC para este tipo de cultivo estableciendo una dimensión suficiente que frene la paulatina fragmentación y a la vez asegure un rendimiento satisfactorio.

Consciente del problema que supone el minifundismo en el medio rural y de que la actual UMC no ha sido definida en función de criterios reales, la administración está considerando modificarla. El Anteproyecto de Ley de Agricultura y Ganadería de Andalucía propone la necesidad de definir nuevamente la UMC de forma reglamentada, que permita asegurar la viabilidad de la

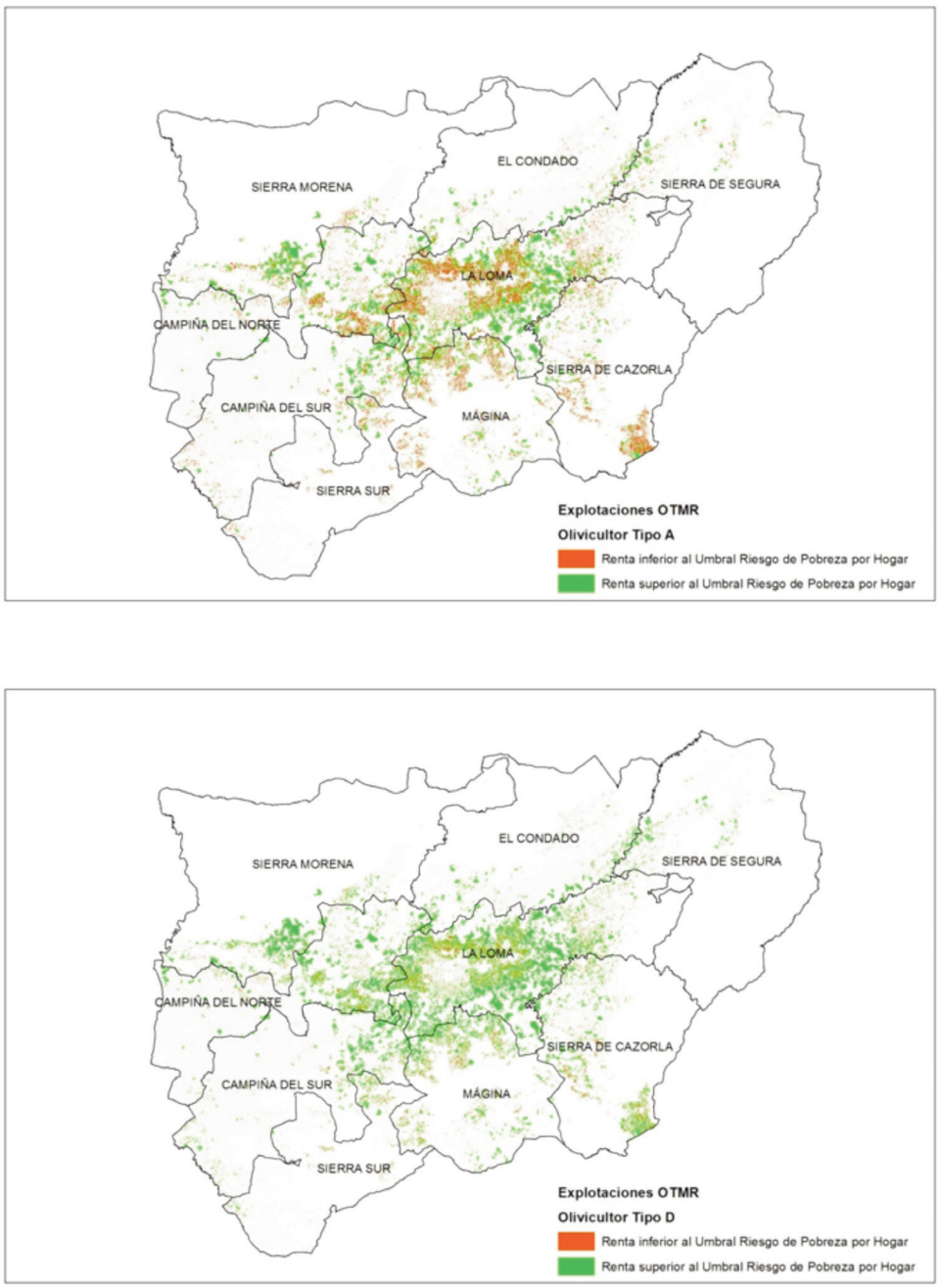


Figura 2. Distribución del Olivar Tradicional Mecanizable (OTM) en función de su rendimiento satisfactorio por hogar.

Fuente: Elaboración propia (2017).

Figure 2. Distribution of the mechanizable olive grove that achieves a satisfactory income.

explotación en función de su ubicación y del tipo de actividad agraria utilizando los medios normales y técnicos de producción. Además, señala que no fomentará iniciativas o proyectos que sobre la base de un fraccionamiento o disminución de la dimensión física de la tierra originen explotaciones con tamaños no competitivos.

En la revisión de la UMC, en primer lugar, se debería considerar la tipología de cultivo o grupos de cultivos en base a su rentabilidad. En segundo lugar, siguiendo leyes pioneras como la Ley 1/2014, de 19 de marzo, Agraria de Castilla y León, se debería abogar por establecer una Unidad Mínima de Explotación en lugar de parcela, dado que su fundamento radica en asegurar la calidad de vida de las familias rurales. Para ello es necesario establecer la unidad mínima computando el total de las parcelas agrarias de un propietario. Además, en el cálculo de la rentabilidad de la explotación se debe tener en cuenta aspectos estructurales de interés como la pendiente de las parcelas, el número de las mismas, su dispersión en el territorio y otros aspectos edafoclimáticos que intervienen en los costes o en la potencialidad productiva. Ello nos permitirá delimitar una Unidad Mínima de Explotación en igualdad de condiciones entre explotaciones. En este contexto, el proceso metodológico empleado para la definición de las regiones productivas en la última revisión de la PAC puede representar un punto de partida.

En el caso del olivar tradicional, el actual nivel de fragmentación de la propiedad rústica no logra alcanzar una UMC satisfactoria. Una posible razón de su existencia, en particular para el 59% de olivicultores que ejercen su actividad a tiempo completo, es la presencia de ayudas sociales que permiten mejorar la precaria situación del agricultor, especialmente del que no tiene otra actividad complementaria y no dispone de una dimensión suficiente. En todos los casos, el mantenimiento de ayudas vinculadas al mundo rural permite de forma indirecta proteger un espacio agrario cada vez más fragmentado y menos competitivo en un contexto global. Por ejemplo, considerando solo el subsidio agrario para una persona de entre 52 a 59 años la superficie necesaria para alcanzar el rendimiento satisfactorio serían 4,5 ha en secano y 3,5 ha en regadío, que suponen superficies más cercanas a la realidad observada en la zona de estudio, especialmente a nivel de explotación (5,3 ha).

Por otro lado, es necesario apostar por acciones que contribuyan al aumento del tamaño de las explotaciones y, a la vez, la reducción de la fragmentación. Incrementar la movilidad en el mercado de la tierra, tanto en propiedad como en arrendamiento, así como fomentar la compraventa de fincas colindantes mediante exenciones fiscales, puede contribuir a la mejora de la dimensión de las parcelas agrarias y por tanto a la calidad de vida en el medio rural.

Asimismo, la reducción de la fragmentación intra-explotación, es decir la disminución del número de parcelas no colindantes de un propietario, puede incrementar la rentabilidad de las explotaciones agrarias (Colombo y Perujo-Villanueva, 2017a). Esta reducción se podría conseguir a través de procesos de consolidación de las propiedades. No obstante, hay que decir que, en un intento anterior de concentración, tan solo participaron 1.609 propietarios (Maceda Rubio, 2014) por lo que sus efectos fueron insignificantes en la práctica. Las posibles razones pueden deberse al alto coste del proceso y a la dificultad de obtener consenso entre los propietarios o una actitud positiva. Otra posible alternativa para aprovechar las economías de escala que se originan mediante el aumento del tamaño de las explotaciones agrarias es la gestión en común de las explotaciones. Estas acciones pueden desarrollarse en función de las condiciones de partida (cer-

canía o no a explotaciones de grandes dimensiones y mecanizadas), a través de cultivos asistidos y/o compartidos (Colombo y Perujo-Villanueva, 2017b).

Conclusiones

El futuro del espacio agrario depende del mantenimiento de la población local, pero el excesivo minifundismo reduce la rentabilidad de las explotaciones haciéndolas poco atractivas para la inversión en su mejora y modernización. En este sentido, es necesario no solo frenar la atomización y fragmentación de la tierra, sino asumir mecanismos que permitan aumentar la superficie y abaratar los costes de producción. La concentración parcelaria no permite por sí sola revertir la situación actual, ya que la superficie media por propietario, incluso consideradas bajo una misma linde, no es suficiente para alcanzar un salario justo. De ahí que aumentar la superficie gestionada de forma unitaria, bien a través de la adquisición de tierras colindantes o la gestión en común del olivar entre varios propietarios, pueda ser una de las soluciones para la reducción de costes de las pequeñas explotaciones.

A pesar de que los resultados tienen que ser leídos con cautela ya que dependen de los parámetros empleados en la definición del rendimiento satisfactorio que establece la LMEA, en este trabajo se demuestra que las explotaciones de olivar tradicional no tienen una superficie que asegure la rentabilidad en la mayor parte de las explotaciones, incluso cuando se asume que el cultivo solo representa una renta complementaria. Es más, dichos resultados han sido obtenidos bajo un enfoque muy conservador en el establecimiento de los umbrales de rentabilidad satisfactorios, que solo permiten la subsistencia en el medio rural. Así, es gracias al soporte de la PAC, el subsidio agrario, la gestión mediante mano de obra familiar y la búsqueda de rentas complementarias que los olivicultores titulares de pequeñas explotaciones agrarias subsisten en el medio rural.

Por ello, la administración debe apostar decididamente por medidas específicas para el pequeño propietario que incentiven un incremento del tamaño de las explotaciones, especialmente cuando el agricultor ejerce la actividad agrícola a título principal. Medidas fiscales en las transmisiones patrimoniales de las parcelas diseñadas para pequeñas explotaciones representan una válida opción a elegir. Paralelamente, otras medidas que permitan incrementar la rentabilidad del cultivo y favorecer una renta satisfactoria en explotaciones de pequeñas dimensiones, como por ejemplo la intensificación del cultivo, la gestión en común o acciones que aumenten el valor añadido del producto vía calidad y diferenciación, deberían también ser promovidas.

Agradecimientos

Esta investigación forma parte del proyecto P11-AGR7515 financiado por la Consejería de Economía, Innovación, Ciencia y Empleo de la Junta de Andalucía y del Ministerio de Economía y Competitividad.

Bibliografía

AEMO (2012). Aproximación a los costes del cultivo del olivo. Cuaderno de conclusiones del seminario AEMO. Mayo 2012, Córdoba, España, p. 54.

Akkaya Aslan ST, Gundogdu KS, Arici I (2007). Some metric indices for the assessment of land consolidation projects. Pakistan Journal of Biological Sciences, 10: 1390-1397.

BOE (1995). Ley 19/1995, de 4 de julio, de modernización de las explotaciones agrarias. Boletín Oficial del Estado, núm. 159, de 5 de julio de 1995, pp. 20394-20404. Vigencia desde 25 de Julio de 1995. Esta revisión vigente desde 05 de Enero de 2012.

BOJA (1996). Resolución de 4 de noviembre de 1996, de la Dirección General de Desarrollo Rural y Actuaciones Estructurales, por la que se determinan provisionalmente las unidades mínimas de cultivo en el ámbito territorial de la Comunidad Autónoma de Andalucía, Boletín Oficial de la Junta de Andalucía número 136, de 26 de noviembre de 1996, pp. 15.791-15.793.

BOJA (2015). Decreto 103/2015, de 10 de marzo, por el que se aprueba el Plan Director del Olivar. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, núm. 54., de 19 de marzo 2015, pp. 8-154.

Cejudo García E y Maroto Martos JC (1999). Pasado, presente y futuro de la OCM del aceite de oliva. Cuadernos geográficos de la Universidad de Granada, 29: 85-117.

CES (2011). Análisis de la rentabilidad económica de las explotaciones de olivar de la provincia de Jaén. Ed. Consejo Económico Social de la Provincia de Jaén, España. 58 p.

Chukwukere Austin O, Chijindu Ulumna A, Sulaiman J, (2012). Exploring the link between land fragmentation and agricultural productivity. International Journal of Agriculture and Forestry, 2(1): 30-34.

Colombo S, Camacho Castillo J (2014). Caracterización del olivar de montaña Andaluz para la implementación de los Contratos Territoriales de Zona Rural. ITEA-Información Técnica Económica Agraria, 110(3): 282-299.

Colombo S, Perujo-Villanueva M y Ruz Carmona A (2016a). ¿Tienen futuro las pequeñas explotaciones olivareras tradicionales?. Olimerca, 19(4): 34-39.

Colombo S, Perujo-Villanueva M y Ruz Carmona A (en prensa). Is bigger better? Evidences from olive grove farms in Andalusia. Acta Horticulturae.

Colombo S, Perujo-Villanueva M (2017a). The inefficiency and production costs due to parcel fragmentation in olive orchards. New Medit. 16(2): 2-10.

Colombo S, Perujo-Villanueva M (2017b). Analysis of the spatial relationship between small olive farms to increase their competitiveness through cooperation. Land Use Policy. 63: 226-235.

Colombo, S, Perujo-Villanueva M y Ruz Carmona A (2017). Costes de producción de las explotaciones familiares de olivares tradicionales Jiennenses. Actas del XVIII simposium científico-técnico Expoliva. 10-13 mayo, Jaen (España). [CD-ROM] pista (ECO-10).

Cosialls Ubach AM (2008). La transmisión de la finca inferior a la Unidad Mínima de Cultivo. Revista Crítica de Derecho Inmobiliario, 707: 1074-1142.

Cosialls Ubach AM, Muñiz Espada E (2015). La Nueva ordenación de la agricultura en Castilla y León: La Ley 1/2014 de 19 de marzo. Revista jurídica de Castilla y León, 36: 1-33.

Falah G (1992). Land fragmentation and spatial control in the Nazareth metropolitan-area. The Professional Geographer. 44 (1): 30-44.

García Brenes MD (2005). La Rentabilidad Económica del Cultivo del Olivar en Andalucía: La rentas del capital y del trabajo Familiar. XII Simposium Científico-Técnico de Expoliva. 12-13 mayo, Jaen (España). [CD-ROM] pista (ECO-12).

García Brenes MD, Sanz Cañada J (2012). Las cadenas de valor en los sistemas agroalimentarios locales de aceite de oliva. Una estimación de las rentas de diferenciación en la Denominación de Origen Estepa. Cuadernos de estudios agroalimentarios, 4: 119-143.

INE (2009). Censo Agrario de 2009. Disponible en: http://www.ine.es/CA/Inicio.do

Junta de Andalucía (2016). Anteproyecto de Ley de Agricultura y Ganadería de Andalucía. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Sevilla. Disponible en: http://juntadeandalucia.es/servicios/normas-elaboracion/detalle/99243.html

Karouzis G (1971). Time wasted and distance travelled by the average Cypriot farmer in order to visit his scattered and fragmented agricultural holding. Geographical Chronicles: Bulletin of the Cyprus Geographical Association. 1(1): 39-58.

Langreo Navarro A, García Azcárate T (2017). Reflexiones en torno al problema de la incorporación de jóvenes a la agricultura. Agricultura: Revista agropecuaria, 1002: 68-71.

Maceda Rubio A (2014). De la concentración parcelaria a la ordenación rural. Ería: Revista cuatrimestral de geografía, 93: 5-25.

Macía Arce XC, Ferrás Sexto C, García Vázquez Y, Armas Quintá FJ (2004). El minifundio sostenible como un nuevo escenario para la economía gallega Revista galega de economía: Publicación Interdisciplinar da Facultade de Ciencias Económicas e Empresariais, 13(1-2): 73-96.

Mata Olmo R (1987). Pequeña y gran propiedad en la depresión del Guadalquivir: aportación al estudio de la génesis y desarrollo de una estructura de propiedad agraria desigual. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica, pp. 370-380, Vol. 2. Madrid.

Millán Salas F (2001). El derecho agrario entre la agenda 2000 y la ronda del milenio. Actas del VIII Congreso Nacional de Derecho Agrario, 16-17 de noviembre de 2000, Toledo, España, pp. 473-488.

Millán Salas F (2016). La partición de la herencia y la Unidad Mínima de Cultivo. Revista jurídica del notariado, 90-91: 81-126.

Moyano Estrada E (2014). Agricultura Familiar. Algunas reflexiones para un debate necesario. Economía Agraria y Recursos Naturales, 14 (1): 133-140.

Naranjo Ramírez J (2003). El Campo Andaluz (II). Propiedad, explotación y tenencia de la tierra. En: Geografía de Andalucía (Ed. Ariel), pp. 595-623. Universidad de Córdoba.

Perujo-Villanueva M, Ruz-Carmona A, Gallego-Álvarez FJ, Colombo S (2015). Caracterización del olivar jiennense: propuestas de estrategias de gestión para incrementar su sostenibilidad. Actas del X Congreso de la Asociación Española de Economía Agraria, 9-10 septiembre, Córdoba, España, pp. 463-466.

Perujo-Villanueva M, Colombo S (2017). Cost analysis of parcel fragmentation in agriculture: The case of traditional olive cultivation. Biosystems Engineering 164: 135-146.

Quirós Romero G (1984). Economía y desarrollo desigual de la provincia de Jaén. Cámara Oficial de Comercio e Industria. Jaén.

Sánchez Martínez JD, Rodríguez Cohard JC y Gallego Simón VJ (2015). La PAC 2015-2020 y su influencia en los territorios andaluces de especialización oleícola XXXI Encuentro ARETHUSE, Málaga, 18 y 19 de septiembre, Málaga, España. Disponible en: http://www.pe.uma.es/arethuse/

Sanz Cañada J, García Brenes MD y Barneo Alcántara M (2014). El aceite de oliva de montaña en Jaén: calidad y cadena de valor. Ed. Instituto de Estudios Gienenses, Jaén, España, 165 p.

Téllez de Peralta JD (2000). El invernadero almeriense: aspectos jurídicos y socioeconómicos de un milagro verde. Ed. Aula Nobel, Almería, España, 440 p.

Vilar J, Cárdenas JR (2016). El sector internacional de elaboración de aceite de oliva. Un estudio descriptivo de los 56 países productores. Ed. GEA-Centro Internacional de Excelencia para el Aceite de Oliva, Úbeda, Jaen, España, 176 p.

(Aceptado para publicación el 29 de septiembre de 2017)



itea
Información Técnica Económica Agraria

CONCESIÓN DEL PREMIO PRENSA AGRARIA 2017 DE AIDA

Presidente
Juan A. Marín

Secretaria
Clara Mª Marín Alcalá

Dª. Clara Mª Marín Alcalá, Directora de la revista ITEA, en calidad de Secretaria del Jurado para la concesión del Premio Prensa Agraria 2017 de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA).

Notifica que reunido el Jurado para la concesión del Premio Prensa Agraria 2017 el día 26 de enero de 2018, en las instalaciones del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), del que forman parte el Presidente de AIDA que preside el Jurado, la Directora de la revista ITEA, el Director Gerente del CITA del Gobierno de Aragón, el Director del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza, el Director de la Estación Experimental de Aula Dei y el Director del Instituto Pirenaico de Ecología, han decidido por unanimidad que el Premio Prensa Agraria 2017 ha recaído en **E. Gómez-Izquierdo, E. de Mercado, J. Gómez-Fernández, C. Tomás, E. Guillamón, A. Varela, M. Muzquiz, M.M. Pedrosa, P. López-Nuez y M.A. Latorre** por su artículo publicado en la revista ITEA titulado **"Sustitución de soja por guisante de invierno en dietas de cerdos pesados: impacto productivo del nivel de inhibidores de proteasas".**

Zaragoza 26 de enero de 2018

EL PRESIDENTE DE AIDA
Juan A. Marín

PREMIOS DE PRENSA AGRARIA 2018 DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO

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

Los premios se regirán de acuerdo a las siguientes

BASES

1. Podran concursar todos los artículos que versen sobre cualquier tema técnico-económico-agrario.
2. Los artículos que podrán acceder al premio serán todos aquellos que se publiquen en ITEA en el año 2018. Consecuentemente, los originales deberán ser enviados de acuerdo con las normas de ITEA y aprobados por su Comité de Redacción.
3. El jurado estará constituido por las siguientes personas:
   a) Presidente de AIDA, que presidirá el jurado.
   b) Director de la revista ITEA, que actuará de Secretario.
   c) Director Gerente del CITA (Gobierno de Aragón).
   d) Director del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza.
   e) Director de la Estación Experimental de Aula Dei.
   f) Director del Instituto Pirenaico de Ecología.
4. El premio será anual y tendrá una dotación económica.
5. Las deliberaciones del jurado serán secretas, y su fallo inapelable.
6. El fallo del jurado se dará a conocer en la revista ITEA, y la entrega del premio se realizará con motivo de la celebración de las Jornadas de Estudio de AIDA.

INSCRIPCIÓN EN AIDA

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

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

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

Apellidos:		Nombre:
NIF:		
Dirección Postal:		
Teléfono:	Fax:	e-mail:
Empresa:		
Área en que desarrolla su actividad profesional:		

En _____ , a ___ de _____ de 20__

Firma:

FORMA DE PAGO (CUOTA ANUAL: 42 EUROS)

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

DOMICILIACION BANCARIA

Sr. Director del Banco/Caja

Muy Sr. mío,

Ruego a Vd. se sirva adeudar en la siguiente cuenta corriente (IBAN: 24 caracteres)

que mantengo en esa oficina, el recibo anual que será presentado por la **Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA).**

Atentamente,

En _____ , a ___ de _____ de 20__ Firmado:	Sello de la Entidad:

NORMAS PARA LOS AUTORES (actualizado febrero de 2018)

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

1. Envío de manuscritos y evaluación

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

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

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

2. Tipos de manuscritos

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

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

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

– **Las revisiones bibliográficas** serán una evaluación crítica de una temática que exponga los resultados de otros trabajos, el estado actual de los conocimientos en esa temática y tratará de identificar nuevas conclusiones y áreas de investigación futuras. La extensión máxima será de 35 páginas. Los apartados de los que constarán son: Introducción, seguida de los apartados que consideren oportunos los autores, Conclusiones y Bibliografía; tablas y figuras si los autores lo consideran oportuno.

3. Preparación del manuscrito

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

Todos los manuscritos incluirán, en la primera página:

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

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

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

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

Ejemplo:

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

G. Pardo[1*], A. Marí[1], S. Fernández-Cavada[2], C. García-Floria[3], S. Hernández[4], C. Zaragoza[1] y A. Cirujeda[1]

*autor para correspondencia: gpardos@aragon.es

El manuscrito incluirá a continuación:

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

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

En inglés: Título del artículo, Resumen, Palabras clave

4. Apartados del manuscrito

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

- **Introducción**: deberá explicar la finalidad del artículo. El tema se expondrá de la manera más concisa posible, indicando al final los objetivos del trabajo.
- **Material y métodos**: deberá aportar la información necesaria que permita la réplica del trabajo, incluyendo el nombre del fabricante de productos o infraestructuras utilizadas. Los manuscritos deberán incluir una descripción clara y concisa del diseño experimental y de los análisis estadísticos realizados. Se indicará el número de individuos/muestras, valores medios y medidas de variabilidad iniciales.
- **Resultados**: los resultados se presentarán en Tablas y Figuras siempre que sea posible. No se repetirá en el texto la información recogida en las Figuras y Tablas. Se recomienda presentar el valor de significación para que el lector pueda disponer de información más detallada. Puede redactarse de forma conjunta con el apartado de discusión.
- **Discusión**: deberá interpretar los resultados obtenidos, teniendo en cuenta además otros trabajos publicados. Se recomienda utilizar un máximo de 4 referencias para apoyar una afirmación en la discusión, exceptuando en las revisiones.
- **Conclusiones**: a las que se han llegado, así como las posibles implicaciones prácticas que de ellas puedan derivarse (aproximadamente 200 palabras).
- **Agradecimientos**: deberá mencionarse el apoyo prestado por personas, asociaciones, instituciones y/o fuentes de financiación del trabajo realizado.
- **Referencias bibliográficas**: sólo se citarán aquellas referencias relacionadas con el trabajo o que contribuyan a la comprensión del texto. Como máximo se podrán utilizar 40 citas en los artículos de investigación, y 60 en las revisiones bibliográficas. En el manuscrito, se mantendrá el orden cronológico en caso de citar varios autores. Las **citas en el texto** deben hacerse siguiendo los siguientes ejemplos:

  *un autor (Padilla, 1974)

  *dos autores (Vallace y Raleigh, 1967)

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

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

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

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

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

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

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

Artículo

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

Capítulo de libro

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

Libro

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

Acta de congreso

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

Fuente electrónica

FAOSTAT (2011). Food and Agriculture Organization statistical database. Disponible en:
http://faostat.fao.org/default.aspx
(Consultado: 30 enero 2012).

Documento oficial

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

Leyes / Reglamentos

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

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

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

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

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

Ejemplo de tabla:

Tabla 3. Tarjetas de productos hipotéticos expuestos a los encuestados

Table 3. Hypothetical products cards shown to those surveyed

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

Fuente: Diaz *et al.* (2013)

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

5. Normas de estilo

- Se aplicará el Sistema Internacional de Unidades.
- Los decimales se indicarán en español con una coma (,) y en inglés con un punto (.).
- Las abreviaturas se definirán la primera vez que se citen en el texto.
- Las frases no podrán comenzar con una abreviatura o un número.
- Los nombres de hormonas o productos químicos comenzarán con minúsculas (sulfato de metilo, en vez de Sulfato de Metilo).
- Las fórmulas químicas se nombrarán según las normas IUPAC (p. ej. H_2SO_4 en vez de SO_4H_2) y los nombres comerciales comenzarán con mayúscula (p.ej. Foligón). En el caso de iones, debe indicarse el signo (p. ej. NO_3^-, SO_4^{2-})
- Los nombres científicos de organismos vivos (botánicos, microbiológicos o zoológicos) deberán incluir en su primera cita la denominación completa de género, especie y del autor. En siguientes apariciones se abreviará el género con la inicial del mismo y se mantendrá el nombre de la especie. Ejemplo: *Papaver rhoeas* L. y posteriormente, *P. rhoeas*.
- Los nombres latinos de géneros, especies y variedades se indicarán en cursiva y los nombres de cultivares entre comillas simples (p. ej. 'Sugar Baby').
- Las llamadas en nota a pie de página o cuadro deberán ser las menos posibles y, en todo caso, se indicarán mediante números correlativos entre paréntesis (p. ej. (1), (2), evitando el uso de asteriscos, letras o cualquier otro signo).
- Los niveles de significación estadística no necesitan explicación (* = P<0,05; ** = P<0,01; ***= P<0,001; NS = no significativo).

Volumen 114
Número 1
Marzo 2018

itea

información técnica económica agraria

www.aida-itea.org

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO

Calidad de Revistas Científicas Españolas
FECYT | FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA | 2014