itea

información técnica económica agraria

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO



Volumen 111
Número 3
Septiembre 2015

AIDA

www.aida-itea.org

itea

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

2015 - AÑO XLX Vol. 111 N.º 3 http://dx.doi.org/10.12706/itea	**DIRECCIÓN Y REDACCIÓN** Avda. Montañana, 930 50059 ZARAGOZA (ESPAÑA) Tel.: 34-976 716305 Fax.: 34-976 716335 E-mail: cmmarin@aragon.es	Depósito legal: Z-577-82 ISSN: 2386-3765 INO Reproducciones, S.A. Pol. Malpica, calle E, 32-39 (INBISA II, nave 35) 50016 Zaragoza

DIRECTOR: Clara Mª Marín, CITA de Aragón. España
SUBDIRECTOR: Pilar Andreu, EEAD Zaragoza. España
EDITORES CIENTÍFICOS: Alicia Cirujeda, CITA de Aragón. España
Azucena Gracia, CITA de Aragón. España
Ramón Isla, CITA de Aragón. España
Albina Sanz, CITA de Aragón. España
EDITOR TÉCNICO: Mireia Blanco, CITA de Aragón. España

COMITÉ DE REDACCIÓN: Alfonso Abecia, Universidad de Zaragoza. España
Javier Álvarez, Universitat de Lleida. España
Jorge Álvaro, EEAD Zaragoza. España
Carlos Calvete, CITA de Aragón. España
Fernando Escriu, CITA de Aragon. España
Cristina Mallor, CITA de Aragón. España
Juan A. Marín, EEAD Zaragoza. España
Javier Rodrigo, CITA de Aragón. España

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

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.

Suscripciones y Distribución: ITEA publica anualmente cuatro volúmenes. El precio de la suscripción para 2015 es de 42 €. Se acepta el intercambio con otras revistas. E-mail: jmoreno@aragon.es



Foto: A. Sanz, texto: R. Isla

Con el final del verano y comienzo de otoño en muchos bosques europeos y también en otras latitudes se puede encontrar esta seta comestible denominada "*Cantharellus cibarius*". Su nombre común en España es el de 'Rebozuelo' o 'Trompetilla amarilla', si bien presenta distintas denominaciones según las regiones. Así, es llamado 'Rossinyol' en Cataluña, 'Chantarela' en el País Vasco, o 'Picornell' en Mallorca. Dicha especie se encuentra en sotobosques de hayas, robles, encinas, pinos y coníferas en general. Debido a que es una especie fácil de reconocer es muy recolectada en muchos lugares donde es utilizada para acompañar diversos guisos, pudiendo conservarse bastante tiempo si se seca previamente. El turismo micológico es muy popular en algunas áreas y supone un atractivo turístico añadido en ciertas zonas rurales o de montaña.

Sumario

Producción Vegetal

Capacidad de producción de progenie homotálica y oosporas mediante aislamientos homotálicos de *Phytophthora infestans*.
Capacity production of homothallic progeny and oospores by homothallic isolates of Phytophthora infestans.
C.A. López-Orona, A.R. Martínez-Campos, C.G. Peñuelas-Rivas, G.A. López-Urquídez, D. Palmero y J.C. Tello-Marquina 201

Efecto de la incorporación de leonardita en el nivel de materia orgánica y micronutrientes en un suelo inceptisol dedicado a viña (*Vitis vinifera* L.).
Effect of leonardite application on soil organic matter and micronutrient levels in an inceptisol soil cultivated with vine (Vitis vinifera L.).
M.A. Olego, J. Cordero, M.J. Quiroga, M. Sánchez-García, J.C. Álvarez y E. Garzón-Jimeno 210

Modelización espacial del hábitat potencial de la trufa negra (*Tuber melanosporum* Vittad.) en la provincia de Huesca (España).
A geospatial model for black truffle potential habitat (Tuber melanosporum *Vittad.*) *in Huesca province* (*Spain*).
R. Serrano-Notivoli, A. Incausa-Ginés, M. Martín-Santafé, S. Sánchez-Durán y J.J. Barriuso-Vargas 227

Producción Animal

Estudio sobre la calidad de los registros genealógicos de la raza Assaf en España.
Study of quality of pedigree from Assaf breed in Spain.
M.A. Jiménez y J.J. Jurado 247

Consumo eléctrico diario en granjas de vacuno lechero.
Daily electricity consumption in dairy cattle farms.
D.J. Bartolomé, M.J. Tabernero de Paz, R. Posado, S. Olmedo, J.J. García y R. Bodas 259

Economía Agraria

Posibilidades de implantación de una plataforma virtual para la mejora de la comercialización de los cítricos en Andalucía. Necesidades de información de los productores y exportadores.
Possible implementation of a virtual platform to improve citrus marketing in Andalusia (southern Spain). Information needs of producers and exporters.
M.D. García-Brenes, P. Rallo, F.J. Arenas-Arenas, A. Morales-Sillero y M.P. Suárez 272

Capacidad de producción de progenie homotálica y oosporas mediante aislamientos homotálicos de *Phytophthora infestans*

C.A. López-Orona[1,*], A.R. Martínez-Campos[2], C.G. Peñuelas-Rivas[3], G.A. López-Urquídez[1], D. Palmero[4] y J.C. Tello-Marquina[5]

[1] Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Agronomía. Carretera Culiacán-Eldorado Km. 17.5. Culiacán de Rosales, Sinaloa. C.P. 80398. México
[2] Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales. Km. 14.5 Autopista Toluca-Atlacomulco. San Cayetano de Morelos. Toluca, Estado de México. C.P. 50295. México
[3] Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. C.P. 50090. México
[4] Universidad Politécnica de Madrid. EUIT Agrícola. Ciudad Universitaria s/n. C.P. 28040. Madrid, España
[5] Universidad de Almería (UAL), Dpto. Producción Vegetal, Cañada de San Urbano s/n. 04120 15 Almería, España

Resumen

El tizón tardío de la patata, causado por el patógeno *Phytophthora infestans*, es una enfermedad grave en muchas partes del mundo, entre ellas México. En el presente trabajo se obtuvo progenie monospórica a partir de zoosporas individuales obtenidas de los aislamientos homotálicos y cada uno de los aislamientos monospóricos fue enfrentado con los aislados de referencia J104 (A1) y J204 (A2) para determinar su tipo de apareamiento. Se observó que el 56% de la progenie monospórica (zoosporas) de los aislamientos homotálicos de *Phytophthora infestans* fue homotálica. No se encontró descendencia del tipo de apareamiento A1A2, cuya característica es producir oosporas al ser enfrentado con los tipos de apareamiento A1 y A2 pero no es capaz de producir oosporas por sí solo. Los seis aislamientos homotálicos produjeron una proporción 1:1 en los tipos de apareamiento A1 y A2. La capacidad que presentan los aislamientos homotálicos de *P. infestans* para producir progenie homotálica a través de zoosporas hace que aumente rápidamente el tamaño de la población homotálica en el cultivo, y permite propagarse a parcelas vecinas, y así aumentar la fuente de inóculo del tizón tardío. El número de oosporas en los cruzamientos entre los aislamientos homotálicos y los heterotálicos del tipo A1 fue 1,8 veces mayor que el número de oosporas producidas en los cruzamientos estrictamente heterotálicos (A1 × A2). Lo anterior indica que las poblaciones de *P. infestans* con homotálicos probablemente producen mayor cantidad de oosporas que una población donde sólo se encuentran cepas heterotálicas y aumentan la probabilidad de que ocurra la reproducción sexual en campo con lo cual se generan genotipos recombinantes que son mas patogénicos.

Palabras clave: Homotálico, oospora, progenie.

* Autor para correspondencia: orona_25@hotmail.com
http://dx.doi.org/10.12706/itea.2015.013

Abstract

Capacity production of homothallic progeny and oospores by homothallic isolates of *Phytophthora infestans*

Potato or late blight, caused by the patogen *Phytophthora infestans* is an important disease worldwide, and in Mexico too. In the present work monosporic progeny was obtained from single zoospores obtained from homothallic isolates and each of the single-spore isolates was met with reference isolates J104 (A1) and J204 (A2) to determine their mating type. We found that 56% of the progeny monosporic (zoospores) of homothallic isolates of *Phytophthora infestans* were homothallic. No progeny of A1A2 mating type was found whose characteristic is to produce oospores when faced with mating types A1 and A2, but is not able to produce oospores alone. Six homothallic isolates produced a 1:1 ratio in the mating types A1 and A2. The ability of the homothallic isolates of *P. infestans* to produce homothallic progeny through zoospores causes a quickly increase in the size of the population homothallic in the crop, allowing spreading to neighboring plots and thus increase the inoculum source of late blight. The number of oospores in crosses between homothallic isolates and heterothallic type A1 was 1.8 times greater than the number of oospores strictly produced in heterothallic crosses (A1 x A2). This indicates that populations of *P. infestans* probably produce a greater amount of homothallic oospores than a population where only heterothallic strains are found and increase the probability of sexual reproduction occurs in field and generate recombinant genotypes that are more pathogenic.

Key words: Homothallic, oospore, progeny.

Introducción

El mildiu o tizón tardío, enfermedad de la patata causada por el patógeno *Phytophthora infestans* (Fry y Goodwin, 1997), ocasiona pérdidas económicas aproximadas a 6700 millones de dólares anuales en todo el mundo (Haverkort *et al*., 2008). *Phytophthora infestans* se reproduce de manera asexual (mediante la producción de esporangios y zoosporas, y fragmentación de micelio) y sexual (mediante la producción de oosporas). Se ha observado que las cepas de *P. infestans* colectadas en el Valle de Toluca son genéticamente diversas (Grunwald *et al*., 2001), donde la reproducción sexual juega un papel importante vía la producción de oosporas, las cuales son capaces de sobrevivir en el suelo por años, resistiendo condiciones ambientales adversas y mejoran la aptitud del patógeno al generar genotipos recombinantes que pueden ser mas patogénicos (Gavino *et al*., 2000). En muchos agroecosistemas, las oosporas germinan al inicio de una temporada, lo cual representa el inóculo inicial para las epidemias en los cultivos (Grünwald y Flier, 2005). Existen dos sistemas de apareamiento en los omicetes, denominados homotálico y heterotálico. Los aislamientos homotálicos son capaces de llevar a cabo la reproducción sexual en un solo talo, mientras que los heterotálicos requieren la interacción de ambos tipos de apareamiento, denominados A1 y A2 (Judelson, 2009). Los aislamientos homotálicos son capaces de producir oosporas por sí solos, y tienen la capacidad de actuar como A1 y A2 en los enfrentamientos heterotálicos (Guo e*t al*., 2010; Han *et al*., 2013; Alarcón-Rodríguez *et al*., 2013.). La reproducción asexual a partir de zoosporas le permite a *P. infestans* una rápida propagación en el tejido de la planta, así como hacia nuevas plantas y parcelas vecinas (Fry 2008; Hu *et al*., 2012; Kalischuk *et al*., 2012).

El objetivo del presente trabajo fue determinar el porcentaje de progenie homotálica que pueden producir los aislados homotálicos a partir de zoosporas individuales, y su capacidad de producir oosporas por sí solos y al ser enfrentados con aislados heterotálicos.

Material y métodos

Origen de los aislamientos

Los aislamientos de *Phytophthora infestans* utilizados en este estudio (Tabla 1) fueron obtenidos de follaje infectado de cultivos comerciales de patata (*Solanum tuberosum*) del Municipio de Zinacantepec (México).

Tabla 1. Código y tipo de apareamiento de los aislamientos de *Phytophthora infestans* utilizados en el estudio
Table 1. Code and mating type of the Phytophthora infestans *isolates used in the study*

Aislamiento	Tipo de apareamiento
RT1	Homotálico
LPT3	Homotálico
RR1	Homotálico
LPT2	Homotálico
LP5	Homotálico
LP2	Homotálico
LPT6	A1
BV2	A1
LP4	A1
LP3	A1
RR2	A1
LPT4	A1
LP1	A1
BV1	A1
BVT2	A1
LPT1	A2
LPT5	A2
BVT3	A2
BVT1	A2
RT2	A2

Producción de progenie asexual

Se obtuvo progenie monospórica a partir de zoosporas individuales obtenidas de los aislamientos homotálicos siguiendo la metodología de Han *et al*., (2013). Los esporangios fueron desprendidos de la superficie del micelio por adición de 10 ml de agua estéril a cada placa Petri con el aislamiento homotálico de 10 días de edad de *P. infestans* crecido en medio de cultivo agar-jugo V8 con centeno (agar marca "BDBioxon", jugo V8 marca "Herdez"). Las zoosporas fueron obtenidas por exposición de la suspensión de esporangios a estrés térmico durante dos horas a 4ºC y posterior transferencia a temperatura ambiente durante 30 minutos. La suspensión de esporas se homogeneizó por agitación mecánica durante 30 segundos. Un ml de la concentración homogénea de zoosporas se depositó en cada placa Petri con medio de cultivo agar-jugo V8 con centeno. Las placas Petri fueron incubadas durante 30 horas a 17ºC para inducir la germinación de las zoosporas (incubadora marca "Novatech"), las cuales fueron transferidas individualmente a medio de cultivo agar-jugo V8 con centeno para su germinación.

Determinación de tipo de apareamiento de la progenie

Se determinó el tipo de apareamiento de la progenie monospórica siguiendo la metodología descrita por Erwin y Ribeiro (1996). Cada uno de los aislamientos monospóricos fue enfrentado con los aislados de referencia J104 (A1) y J204 (A2), que fueron proporcionados por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (México) para determinar su tipo de apareamiento. Los aislamientos que produjeron oosporas con ambos tipos de apareamiento (A1 y A2) fueron cultivados por sí solos para comprobar su capacidad de producir oosporas por si mismos. Los enfrentamientos se realizaron bajo temperatura de 15ºC y en oscuridad (incu-

badora marca "Novatech"), utilizando medio de cultivo agar-jugo V8 con centeno (agar marca "BDBioxon", jugo V8 marca "Herdez"). A partir del tercer día de contacto entre los aislamientos de referencia y la progenie, se realizaron observaciones diarias hasta que se encontraron órganos sexuales (oogonios y anteridios anfiginos) y oosporas. Los aislamientos que sólo produjeron estructuras sexuales y oosporas al ser enfrentados con el aislado de referencia J104 (A1) fueron determinados como tipo de apareamiento A2, y los que sólo produjeron estructuras sexuales y oosporas al ser enfrentados con el aislado de referencia J204 (A2) fueron determinados como tipo de apareamiento A1. Los aislamientos que produjeron oosporas con ambos tipos de apareamiento (A1 y A2) y por sí solos, fueron determinados como homotálicos (Guo *et al*., 2010; Han *et al*., 2013). Como ensayos control se realizó la prueba de cultivar solos los aislados heterotálicos y el enfrentamiento entre los aislados de referencia A1 y A2.

Enfrentamientos para la producción de oosporas

Los enfrentamientos se realizaron bajo la metodología descrita por Erwin y Ribeiro (1996). Discos de micelio (5 mm de diámetro) de los aislamientos de *Phytophthora infestans* (Tabla 1) fueron enfrentados por separado con discos de micelio (5 mm de diámetro) de los aislados de referencia J104 (A1) y J204 (A2) y de los aislamientos BV2 (A1) y LPT5 (A2) en placas Petri (9 cm de diámetro) con medio de cultivo agar-jugo V8 con centeno. Los seis aislamientos homotálicos fueron enfrentados con los aislados de referencia J104 y J204 del tipo de apareamiento A1 y A2 respectivamente, y con los aislados BV2 (A1) y LPT5 (A2). Los nueve aislamientos heterotálicos del tipo de apareamiento A1 fueron enfrentados con el aislado de referencia J204 del tipo de apareamiento A2 y con el aislado LPT5 (A2). Los cinco aislados heterotálicos del tipo de apareamiento A2 fueron enfrentados con el aislado de referencia J104 del tipo de apareamiento A1 y con el aislado BV2 (A1). Los ensayos para evaluar la producción de oosporas fueron realizados bajo las mismas condiciones que la prueba de determinación de tipo de apareamiento. Como controles se realizó la prueba de cultivar solos los aislados heterotálicos y el enfrentamiento entre los aislados de referencia J104 (A1) y J204 (A2).

Los aislamientos BV2 (A1) y LPT5 (A2) fueron seleccionados al azar para evaluar si existía diferencia en la cantidad de oosporas producidas en los enfrentamientos entre los aislamientos a estudiar y los aislados de referencia. Se hizo una sola repetición de los enfrentamientos ya que se observó que el número de oosporas producidas en los enfrentamientos entre los aislamientos estudiados del mismo tipo de apareamiento y los aislados de referencia no presentaron diferencias.

Cuantificación de oosporas

Con ayuda de un microscopio óptico se contó el número total de oosporas que se encontraban entre y sobre la superficie del micelio en cada placa Petri (9 cm de diámetro) veinte días después del enfrentamiento entre los aislamientos homotálicos y los aislados de referencia heterotálicos (Groves y Ristaino, 2000; Han *et. al*., 2013). De igual manera, se cuantificaron las oosporas producidas por los aislamientos homotálicos por sí solos.

Análisis estadístico

Se comprobó la normalidad de los datos del número de oosporas producidas obtenidos para cada uno de los ensayos y la homogeneidad de las varianzas con el paquete Excel, y posteriormente los datos se sometieron a análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey ($P < 0.05$), con el paquete estadístico SAS versión 9.0 (SAS Institute, 2002).

Resultados

Progenie de los aislados homotálicos

Los ensayos de valoración de la progenie monospórica de los seis aislados homotálicos demuestran que la mayor parte del total de su progenie fue homotálica (Tabla 2). El aislamiento LPT2 presentó el menor porcentaje de progenie homotálica, en contraste los porcentajes de progenie homotalica de los aislados RT1 y LP5 fueron los más altos con valores mayores a 62 % (Tabla 2).

El porcentaje de descendencia estéril para los seis aislados fue del 2% al 4,8%. No se encontró descendencia del tipo de apareamiento A1A2, cuya característica es producir oosporas al ser enfrentado con los tipos de apareamiento A1 y A2 pero no es capaz de producir oosporas por sí solo.

Los seis aislamientos homotálicos produjeron en promedio 9,5 aislamientos del tipo de apareamiento A1, y 9,2 del tipo de apareamiento A2, dando una proporción 1:1 en los tipos de apareamiento A1 y A2. El aislamiento LPT2 fue el que produjo el mayor número de progenie del tipo de apareamiento A1 con 12 aislamientos, en contraste el aislamiento LPT3 fue el que produjo menor progenie del tipo A1. El aislamiento RR1 fue el que mayor progenie del tipo de apareamiento A2 produjo, mientras que los aislamientos LP5 y LPT2 fueron los que presentaron los menores porcentajes de progenie del tipo A2 (Tabla 2).

Tabla 2. Numero de aislamientos totales y tipo de apareamiento de la progenie de los aislamientos homotálicos (%) a partir de zoosporas individuales
Table 2. Number of total isolates and mating type of the progeny of the homothallic isolates (%) from single zoospores

		Tipo de apareamiento de la progenie (%)			
Aislamiento homotálico	Aislamientos totales (n)	A1	A2	Estéril	Homotálico
RT1	52	19,0	17,0	2,0	62,0
RR1	46	22,0	26,0	4,0	48,0
LP5	51	19,6	15,7	2,0	62,7
LPT3	40	17,5	22,5	2,5	57,5
LPT2	42	28,6	19,0	4,8	47,6
LP2	44	18,2	20,5	2,3	59,1
Media	45,8	21	20	3	56

Producción de oosporas

El análisis de varianza indicó que no había diferencias en el número de oosporas producidas en los cruzamientos entre los aislamientos homotálicos y el aislado de referencia J104 (A1) y entre los aislamientos homotálicos y el aislamiento BV2 (A1). Sin embargo, sí se encontró diferencia significativa al compa-

rarse con los cruzamientos entre los aislamientos homotálicos y el aislado de referencia J204 (A2) y con el aislamiento BV2 (A2) (Tabla 3).

Los aislamientos homotálicos produjeron oosporas por sí solos, no encontrándose diferencia significativa con el número de oosporas producidas en los cruzamientos estrictamente heterotálicos. Al enfrentar los aislamientos heterotálicos del tipo A1 con el aislado de referencia J204 (A2) se obtuvo un promedio de oosporas por cruzamiento similar al número de oosporas obtenidas en los ensayos de cruzamiento con el aislamiento LPT5 (A2) (Tabla 3), no encontrándose diferencia significativa al compararse con los enfrentamientos entre los aislamientos heterotálicos del tipo A2 con el aislado de referencia J104 (A1) y con el aislamiento BV2 (A1) (Tabla 3).

Discusión

La mayor parte de la progenie monozoospórica de los aislamientos homotálicos de *P. infestans* fue homotálica. Cada aislamiento monozoospórico homotálico mostró la capacidad de actuar como A1 y A2 durante el apareamiento heterotálico y fue capaz de producir estructuras sexuales (oogonios y anteridios anfiginos) y oosporas por sí solo, un fenómeno no observado en los aislamientos estrictamente heterotálicos. La capacidad que presentan los aislamientos homotálicos de *P. infestans* para producir progenie homotálica a través de zoosporas le permite al patógeno aumentar rápidamente el tamaño de la población homotálica en el cultivo, y poder propagarse a parcelas vecinas, y así aumentar la fuente de inóculo de la enfermedad del tizón tardío.

En el presente estudio se encontró que el número de oosporas producidas en los cruzamientos entre los aislamientos homotálicos y los heterotálicos del tipo A1 fue mayor que las producidas en los cruzamientos entre los aislamientos homotálicos y los heterotálicos del tipo A2, así como también por el número de oosporas producidas por autofertilización de los aislamientos homotálicos (Tabla 3). La cantidad de oosporas producidas por los aislamientos homotálicos lo determina el tipo de apareamiento con el que se cruzan, ya que el análisis de varianza indicó que no hay diferencias significativas en la cantidad de oosporas producidas en los cruzamientos entre los aislamientos homotálicos y los heterotálicos del mismo tipo de apareamiento (Tabla 3). El número de oosporas en los cruzamientos entre los aislamientos homotálicos y los heterotálicos del tipo A1 fue 1,8 veces mayor que el número de oosporas producidas en los cruzamientos estrictamente heterotálicos (A1 x A2) (Tabla 3), y lo esperado era que produjeran igual número de oosporas, como sí lo fue el número de oosporas producidas por autofertilización de los aislamientos homotálicos. Lo anterior indica que las poblaciones de *P. infestans* con aislados homotálicos probablemente producen mayor cantidad de oosporas que una población donde sólo se encuentran aislados heterotálicos. Debido a las oosporas, la rotación del cultivo de patata es ahora parte importante del control integrado del tizón tardío en Europa (Cooke, 2011)

La presencia de cepas homotálicas de *P. infestans* no se limita al Valle de Toluca. Recientemente, Alarcón-Rodríguez *et al*. (2013) determinaron el tipo de apareamiento de una población de 88 aislamientos de *P. infestans* obtenidos de cultivo de patata en Chapingo, Estado de México (México), donde predominó la población homotálica con una frecuencia de 0,761, y las frecuencias de los tipos A1 y A2 fueron 0,125 y 0,114, respectivamente. Han *et al.* (2013) estudiaron una población de 85 aislamientos de *P. infestans* obtenidos de cultivo de patata en la Provincia de Gansu (China), donde encontraron 15

Tabla 3. Cantidad de oosporas producidas en los cruzamientos entre los aislamientos estudiados y aislados heterotálicos, y por autofertilización
Table 3. Number of oospores produced in crosses between studied isolates and heterothallic isolates, and self-fertilization

	Aislados heterotálicos				
	Tipo de apareamiento A1		Tipo de apareamiento A2		Autofertilización
	J104[1]	BV2[2]	J204[1]	LPT5[2]	
Aislamiento homotálico					
RT1	48	50	35	36	28
LPT3	49	48	36	37	28
RR1	49	47	37	34	28
LPT2	50	49	34	35	29
LP5	51	50	36	36	28
LP2	47	49	37	38	29
Media	49,00[a]	48,83[a]	35,83[b]	36,00[b]	28,33[c]
Apareamiento A1					
LPT6	–	–	27	28	–
BV2	–	–	28	28	–
LP4	–	–	30	27	–
LP3	–	–	28	27	–
RR2	–	–	25	26	–
LPT4	–	–	26	27	–
LP1	–	–	27	26	–
BV1	–	–	28	27	–
BVT2	–	–	29	29	–
Media			27,55[c]	27,22[c]	
Apareamiento A2					
LPT1	28	28	–	–	–
LPT5	28	27	–	–	–
BVT3	27	27	–	–	–
BVT1	29	28	–	–	–
RT2	27	28	–	–	–
Media	27,80[c]	27,60[c]			

[1]Aislados de referencia proporcionados por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

[2] Aislados obtenidos de follaje infectado de patata. Su tipo de compatibilidad fue determinado al enfrentarlos con los aislados de referencia J104 y J204.

Medias con diferente letra, diferencias $P < 0,05$ según Tukey.

aislamientos homotálicos y 70 del tipo A1. Fernández-Pavia *et al*. (2005) estudiaron una población de 27 aislamientos obtenidos de cultivo de patata en el Estado de Michoacán (México), donde encontraron 2 aislamientos homotálicos, y una proporción 1:1 en los tipos A1 y A2. Segura *et al*. (2007) estudiaron tres aislamientos de *P. infestans* obtenidos de cultivo de tomate en Almería y Granada (España), donde encontraron dos aislamientos homotálicos y uno del tipo A1A2.

El ciclo sexual mejora la aptitud del patógeno mediante la generación de genotipos recombinantes que pueden ser más patogénicos, virulentos y resistentes a los productos químicos (Gavino *et al.*, 2000), por lo cual la existencia en campo de aislamientos homotálicos de *P. infestans* dificulta el control de la enfermedad del tizón tardío al aumentar la probabilidad de que ocurra la reproducción sexual en campo al ser capaces de actuar como A1 y A2 en los apareamientos heterotálicos. Por otra parte los aislamientos homotálicos son capaces de producir oosporas por sí solos, aumentando así la fuente de inóculo de la enfermedad de tizón tardío dentro de la misma parcela y en parcelas vecinas puesto que los aislamientos homotálicos de *P. infestans* tienen la capacidad de producir progenie homotálica a través de zoosporas. Las poblaciones homotálicas son altamente virulentas y genéticamente variables, lo cual les permite adaptarse a diferentes condiciones ambientales (Alarcón-Rodríguez *et al.*, 2013). Por todo lo anterior, es probable que el tizón tardío de la patata continúe siendo un importante problema para la producción de este cultivo.

Agradecimientos

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

Bibliografía

Alarcón-Rodríguez NM, Lozoya-Saldaña H, Valadez-Moctezuma E, García-Mateos MR, Colinas-León MT (2013). Genetic diversity of potato late blight [*Phytophthora infestans* (Mont) de Bary] at Chapingo, México. Agrociencia 47: 593-607.

Cooke LR, Schepers HTAM, Hermansen A, Bain RA, Bradshaw NJ, Ritchie F, Shaw DS, Evenhuis A, Kessel GJT, Wander JGN, Andersson B, Hansen JG, Hannukkala A, Nærstad R, Nielsen BJ (2011). Epidemiology and integrated control of potato late blight in Europe. Potato Research 54: 183-222.

Erwin DC, Ribeiro OK (1996). *Phytophthora* diseases Worldwide. The American Phytopathological Society. St. Paul, EE. UU. 562 p.

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

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

Fry W (2008). Phytophthora infestans: the plant (and R gene) destroyer. Molecular Plant Pathology 9: 385-402.

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

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

Grünwald NJ, Flier WG (2005). The biology of *Phytophthora infestans* at its center of origin. Annual Review of Phytopathology 43:171-190.

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

Guo L, Zhu XQ, Hu CH, Ristaino JB (2010). Genetic structure of *Phytophthora infestans* populations in China indicates multiple migration events. Phytopathology 100: 997-1006.

Han M, Liu G, Li JP, Govers F, Zhu XQ, Shen CY, Guo LY (2013). *Phytophthora infestans* field isolates from Gansu province, China are genetically highly diverse and show a high frequency of self fertility. Journal of Eukaryotic Microbiology 60: 79-88.

Haverkort AJ, Boonekamp PM, Hutten R, Jacobsen E, Lotz LAP, Kessel GJT, Visser RGF, van der Vossen EAG (2008). Societal costs of late blight in potato and prospects of durable resistance through cisgenic modification. Potato Research 51:47-57.

Hu CH, Perez FG, Donahoo R, McLeod A, Myers K, Ivors K, Secor G, Roberts PD, Deahl KL, Fry WE, Ristaino JB (2012). Recent genotypes of *Phytophthora infestans* in eastern United States reveal clonal populations and reappearance of mefenoxam sensitivity. Plant Disease 96: 1323-1330.

Judelson HS (2009). Sexual reproduction in oomycetes: Biology, diversity and contributions to fitness. En: Oomycete genetics and genomics: diversity, interactions and research tools (Ed. Lamour K, Kamoun S), pp. 121-138. Wiley-Blackwell.

Kalischuk ML, Al-Mughrabi KI, Peters RD, Howard RJ, Platt HW, Kawchuk LM (2012). Genetic composition of *Phytophthora infestans* in Canada reveals migration and increased diversity. Plant Disease 96: 1729-1735.

SAS (Statistical Analysis System Institute). 2002. SAS/STAT User's Guide, Software version 9.0. SAS Institute Inc. Cary, N.C. 27513. USA.

Segura JM, de Cara M, Santos M, Tello J (2007). *Phytophthora infestans* mating types on tomato (*Solanum lycopersicum*) in southern Spain. Plant Disease 91:109.

(Aceptado para publicación el 5 de noviembre de 2014)

Efecto de la incorporación de leonardita en el nivel de materia orgánica y micronutrientes en un suelo inceptisol dedicado a viña (*Vitis vinifera* L.)

M.A. Olego[1,*], J. Cordero[2], M.J. Quiroga[2], M. Sánchez-García[2], J.C. Álvarez[1] y E. Garzón-Jimeno[2]

[1] RGA Bio-Investigación, SL. Laboratorio 29. Instituto de Recursos Naturales. Universidad de León. Avenida de Portugal, 41, CP 24071. León, España

[2] Instituto de Investigación de la Viña y el Vino (IIVV). Universidad de León. Avenida de Portugal, 41, CP 24071. León, España

Resumen

La materia orgánica del suelo desempeña un papel clave en las propiedades biológicas, químicas y físicas del suelo. De hecho, estas propiedades son consideradas indicadores críticos de la productividad y calidad del suelo. Uno de los principales objetivos de este trabajo, ha sido evaluar el efecto de la leonardita sobre la materia orgánica del suelo en un Inceptisol dedicado al cultivo de viña (*Vitis vinífera* L.), a través del desarrollo de un modelo predictivo para este parámetro en la superficie de capa arable afectada por la incorporación de la leonardita. Una leonardita (Humita-40®) ha sido empleada a dos dosis: 0,5 y 1,0 t ha^{-1} durante los tres años que duró el estudio. El contenido en materia orgánica del suelo, así como las concentraciones de hierro, manganeso, cobre y zinc han sido monitorizadas en la capa arable del suelo (0-30 cm) durante tres años (2008-2010). Se manifestaron diferencias en los contenidos de materia orgánica del suelo ($P<0,001$), así como en las concentraciones de hierro ($P<0,001$), manganeso ($P<0,001$), cobre ($P<0,01$) y zinc ($P<0,05$), si bien todas ellas estuvieron condicionadas por el año de muestreo ($P<0,05$). Se propone un modelo lineal para el segundo y tercer año de incorporación de la leonardita que predice el contenido de materia orgánica del suelo en la capa arable del suelo calcáreo vitícola afectado por la incorporación de la enmienda. Finalmente, no se hallaron diferencias en la concentración de micronutrientes en hoja ($P>0,05$) entre las distintas dosis de leonardita aplicadas.

Palabras clave: Calcáreo, limbos, modelo, Tempranillo.

Abstract

Effect of leonardite application on soil organic matter and micronutrient levels in an inceptisol soil cultivated with vine (*Vitis vinifera* L.)

Soil organic matter plays an important role in soil biological, chemical and physical properties. In fact, these properties are considered critical indicators for the quality and productivity of the soil. One of the main aims of this work was to assess the effect of leonardite on soil organic matter in an Inceptisol cultivated with vine (*Vitis vinifera* L.), through the development of a predictive model for such parameter in the topsoil area affected by the organic amendment. One leonardite material (Humita-40®) was

* Autor para correspondencia: molem@unileon.es

http://dx.doi.org/10.12706/itea.2015.014

used at two doses: 0.5 and 1.0 t ha^{-1} during three growing seasons. The soil organic matter content as well as iron, manganese, copper and zinc levels were monitored at topsoil (0-30 cm) during three years (2008-2010). There were differences in soil organic matter levels ($P<0.001$), as well as in iron ($P<0.001$), manganese ($P<0.001$), copper ($P<0.01$) and zinc ($P<0.05$) levels, but all of them were influenced by year of sampling ($P<0.05$). A linear model for the second and third year after leonardite incorporation have been proposed to predict the soil organic matter content on the vineyard calcareous topsoil where amendment doses were incorporated. Finally, there were no differences on leaf micronutrient ($P>0.05$) between the different doses of leonardite applied.

Key words: Calcareous, blades, model, Tempranillo.

Introducción

La materia orgánica del suelo (MOS), es un atributo clave en el concepto de calidad de un suelo de cultivo. Ejerce una clara influencia, bien de forma directa o indirecta, sobre diversas propiedades físicas, químicas y biológicas del medio edáfico, condicionando la productividad del suelo y su resistencia a los procesos de degradación. Dick y Gregorich (2004) han clasificado de la siguiente forma las propiedades edáficas que pueden verse afectadas en función de los niveles de materia orgánica presentes en el suelo: (i) propiedades biológicas (mineralización-inmovilización, estimulación e inhibición de las actividades enzimáticas, estimulación e inhibición del desarrollo vegetal y microbiano, diversidad biológica, reservorio de energía para el metabolismo microbiano y almacén de carbono atmosférico), (ii) propiedades químicas (intercambio catiónico, quelación de metales, solubilidad de las especies químicas en la solución del suelo, poder tampón, degradación de los pesticidas en el suelo) y, (iii) propiedades físicas (formación de agregados, capacidad de retención de agua del suelo, color).

La mayor parte de los suelos minerales contienen un porcentaje en peso de materia orgánica inferior al 5%, pero esta fracción de suelo que en principio puede parecer de poca entidad, presenta una gran importancia biológica (Osman, 2013). Así por ejemplo, los procesos de precipitación inorgánica, particularmente aquellos que tienen lugar en suelos con valores elevados de pH, disminuyen en gran medida la solubilidad y biodisponibilidad de gran parte de los micronutrientes. Las enmiendas orgánicas, tienen la capacidad de mejorar la biodisponibilidad de estos micronutrientes en condiciones de basicidad en el medio edáfico, de forma particular en los casos de los nutrientes hierro y zinc (Bohn *et al.*, 2001). De esta forma, el efecto de enmiendas orgánicas como las leonarditas, se muestra más aparente en suelos con bajos contenidos en materia orgánica que en aquellos cuyos niveles en este parámetro de fertilidad son más elevados (Duplessis y Mackenzie, 1983). Las leonarditas, son materiales de color negruzco de origen natural ligados a los procesos de oxidación del lignito (O'Donnel, 1973), a partir de las cuales se obtienen sustancias húmicas. Hasta la fecha, estas potenciales enmiendas orgánicas no han recibido mucha atención científica al respecto de sus efectos sobre las propiedades del suelo y el desarrollo vegetal.

Uno de los principales objetivos de este trabajo ha sido desarrollar un modelo predictivo que explique el porcentaje de materia orgánica del suelo (MOS) como punto de partida para la elaboración de un sistema de recomendación de aporte de leonarditas en suelos calcáreos de viñedo. Adicionalmente, se ha evaluado el efecto del aporte de las leonarditas en la disponibilidad de los micronutrientes hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu) y zinc (Zn) en el suelo enmendado, así como sobre

las concentraciones de estos mismos micronutrientes en los limbos de las plantas de vid. La investigación se llevó a cabo evaluando el efecto de diversas dosis de leonarditas en la capa arable de un Inceptisol dedicado al cultivo de *Vitis vinífera* L. cv. 'Tempranillo'.

Material y métodos

Zona de estudio

Se ha seleccionado un viñedo en explotación comercial localizado a 850 m de altitud en el municipio de Pesquera de Duero (Valladolid, España), con coordenadas geográficas 41° 40' latitud norte y 4° 11' longitud oeste. La evapotranspiración de referencia anual media (FAO Penman-Monteith) es de 1.129 mm, mientras que la precipitación media anual es de 414 mm (estimación realizada para el período 2000-2011) (SIAR, 2012). Atendiendo a la clasificación climática de Köppen-Geiger, se puede definir el clima como Csb (templado, con verano seco y templado), que se caracteriza por la existencia de un período marcadamente seco en verano y con una temperatura media del mes más cálido menor o igual a 22ºC, y con cuatro meses o más, con una temperatura media superior a 10ºC (AEMET, 2011). El suelo objeto de estudio, corresponde a un Inceptisol, Suborden Xerept, Grupo Calcixerept según Soil Survey Staff (2010).

El viñedo sobre el cual se ha realizado la investigación, presentaba plantas de *Vitis vinífera* L. cv. 'Tempranillo' injertadas sobre patrón 110 Richter que en el inicio de la toma de muestras presentaban 15 años de edad. La distancia entre vides en la línea de plantación era de 1,5 m mientras que la distancia entre líneas era de 3,0 m. Las líneas de plantación mostraban una orientación norte-sur. El sistema de conducción era en espaldera, con 2 brazos por planta y una poda invernal en la que se dejaban 3-4 pulgares de dos yemas por brazo. Durante los períodos de vegetación de la vid se efectuó como práctica de operación en verde (en el estado fenológico de cuajado), un despunte lateral en el que se retiraban las estructuras vegetativas existentes a 20-25 cm a ambos lados de la línea de plantación. El viñedo no presentaba ningún sistema de riego de apoyo, y ni en el año anterior al comienzo de la toma de datos, ni en aquellos durante los cuales se desarrolló la investigación, se incorporó algún otro tipo de fertilizante o enmienda adicional a la planteada en esta investigación.

Dosis de leonardita y diseño estadístico

Las dosis de leonardita (Humita-40®) empleadas en el ensayo han sido de 0,5 y 1,0 t ha^{-1}. La elección de las dosis de ensayo se ha basado en el desarrollo de un modelo lineal de predicción de la MOS que en su ajuste utilizase un conjunto de dosis cuyo intervalo contuviese las dosificaciones recomendadas por el fabricante. La leonardita se encontraba en estado pulverulento y aunque su incorporación se ha realizado de forma manual, se ha simulado el método habitual de incorporación de la leonardita en la zona del estudio, mediante remolque localizador con dos rejones ubicados en la parte trasera del cajón receptor. Dicho sistema permite localizar la leonardita cerca del sistema radicular de las vides. Para ello se realizó la apertura de un surco, de aproximadamente 15 cm de profundidad, a ambos lados de cada línea de plantación (aproximadamente a 0,5 m de la línea de vides). Una vez incorporadas las dosis correspondientes de leonardita en la base del surco, se ha aportado de nuevo el suelo retirado para cubrir manualmente el surco. La incorporación de las leonardita se ha efectuado con una periodicidad anual en el momento previo al estado fenológico de brotación en el período 2008-2010.

Los tratamientos evaluados fueron 0 (control), 0,5 y 1 tonelada de leonardita por hectárea con 3 repeticiones por tratamiento dando lugar a un total de 9 parcelas experimentales. El diseño experimental fue en bloques al azar, ya que se impuso la premisa de que todas las dosis ensayadas estuvieran representadas en cada una de las líneas (bloques). Cada una de las parcelas constaba de 5 plantas de vid en la línea de plantación, de tal forma que en cada una de las parcelas de una misma línea de plantación se ha dejado 1 planta de guarda con el objeto de evitar el efecto borde. Igualmente, las 9 parcelas se repartieron en 3 líneas de plantación, dejando entre aquellas líneas de plantación con parcelas del ensayo 1 línea de guarda con el fin de evitar el efecto borde.

Caracterización de la leonardita

La leonardita ensayada (Humita-40®), es un producto completamente natural, mezcla de un 75% de leonarditas ricas en ácidos húmicos, con un 25% de materia orgánica compostada de origen vegetal. La leonardita, en forma de producto sólido, presentaba un aspecto pulverulento con color negruzco, cuya densidad aproximada es de 700 kg m^{-3}, mostrándose insoluble en agua. En la Tabla 1 se

Tabla 1. Composición química de la leonardita (Humita-40®)
Table 1. Chemical composition of leonardite (Humita-40®)

	Humita-40®
pH (1:2,5)	4,50
Materia orgánica, %	55,0
Ácidos húmicos, %	30,0
Ácidos fúlvicos, %	10,0
N, %	2,00
P_2O_5, %	0,30
K_2O, %	0,80
CaO, %	3,50
MgO, %	1,80
Conductividad eléctrica (25 ºC), dS m^{-1}	14,6
Fe, %	3,50
Cu, g kg^{-1}	63,0
Mn, g kg^{-1}	350
Zn, g kg^{-1}	200
B, g kg-1	65,0
Capacidad de intercambio catiónico, cmol(+) kg^{-1}	96,0
Relación C/N	11,6

indica la composición química de la leonardita ensayada según información proporcionada por el fabricante. Destaca su carácter ácido, lo que puede ser debido a la inclusión de materia vegetal compostada en su composición. Asimismo, se puede observar como presenta una mayor riqueza en ácidos húmicos que en fúlvicos. El contenido de N de la enmienda provendrá principalmente de la fracción fúlvica, pues es un componente con un menor grado de humificación que la fracción húmica.

Muestreo y análisis de suelos y hojas

Al inicio del ensayo se tomaron muestras del suelo de la parte superficial (0-30 cm) realizándose análisis de textura, materia orgánica, pH en agua, conductividad eléctrica ($CE_{1:2,5}$), bases de cambio (calcio, magnesio y potasio), caliza total, fósforo, micronutrientes (hierro, cobre, manganeso y zinc) del suelo objeto de ensayo a la profundidad de estudio (0-30 cm), con el objeto de caracterizarlo desde un punto de vista textural y de su composición química. Después de la adición de la leonardita se realizó un seguimiento de su efecto durante tres años (2008-2010), tanto sobre la MOS, como sobre la disponibilidad de los micronutrientes Fe_S, Mn_S, Cu_S y Zn_S en el suelo. Este seguimiento se realizó muestreando el suelo con periodicidad anual en el estado fenológico de envero (a mediados de Agosto) a la profundidad de 0-30 cm, en dos puntos de cada parcela correspondientes a la superficie en la cual se había incorporado la leonardita.

Sobre las muestras secas al aire y tamizadas a 2 mm de diámetro se determinaron las clases texturales mediante el método del hidrómetro de Bouyoucos (1962). Se emplearon métodos oficiales de análisis (MAPA, 1993) para la determinación de: (i) MOS (se determinó el carbono orgánico según el método de oxidación húmeda, multiplicándose el contenido de carbono orgánico por 1,724 para la estimación de la MOS fácilmente oxidable), (ii) pH en una suspensión suelo/agua (pHw) (1:2,5), (iii) conductividad eléctrica (CE) a 25ºC en una suspensión suelo:agua (1:2,5), (iv) carbonatos totales y (v) contenidos de cationes intercambiables (Ca, Mg y K) extrayéndolos con sucesivas alícuotas de acetato amónico (1 N) y posterior determinación mediante espectroscopia de absorción atómica (AA) a excepción del K, cuya determinación se realizó por emisión atómica (EA). Los micronutrientes (Fe, Cu, Mn y Zn), se han extraído de acuerdo al método de Lindsay y Norwell (1978), mediante una solución extractante de ácido dietilentriaminopentaacético (DTPA) (0,005 M) y cloruro cálcico ($CaCl_2$) (0,01 M) tamponada a pH 7,3 y posterior lectura mediante AA. El fósforo (P), se ha determinado mediante extracción con sucesivas alícuotas de bicarbonato sódico, siguiendo el método propuesto por Olsen *et al.* (1954), y posterior determinación mediante espectroscopia molecular de absorción visible.

Para estudiar el efecto de los tratamientos aplicados sobre el cultivo, se determinaron las concentraciones de los micronutrientes en los limbos de las plantas de vid (Fe_L, Mn_L, Cu_L y Zn_L) en el estado fenológico de envero durante los tres años de estudio (2008-2010). El muestreo de hojas se realizó tomando un número aproximado de 20 limbos por parcela, cuya posición en el pámpano era opuesta a los racimos (Fregoni, 2005). Los limbos así muestreados fueron transportados en nevera refrigerada hasta el laboratorio donde se analizó su contenido en micronutrientes. Para ello, las muestras se secaron en estufa a 60ºC hasta alcanzar peso constante y se molieron. Una submuestra de 0,5 g fue sometida a un proceso de digestión húmeda con una mezcla ternaria de ácidos (sulfúrico-nítrico-perclórico) (Calleja, 1978) y la determinación se realizó mediante espectrometría de emisión atómica por plasma acoplado inductivamente (ICP-AES).

Tratamiento estadístico de los resultados obtenidos

En un análisis estadístico descriptivo previo al tratamiento estadístico de las muestras de suelo y material vegetal, se ha procedido a contrastar la normalidad de los parámetros estudiados a través del test de Shapiro-Wilk. Los resultados del test de normalidad para el conjunto de datos del período de estudio se mostraron no significativos ($p>0,05$), indicando la distribución normal de los datos analizados.

Se ha descompuesto la varianza de los parámetros estudiados para seguir el efecto de la leonardita (en el suelo y en la planta) mediante un análisis factorial de la varianza (ANOVA factorial) en varias fuentes de variabilidad procedentes de las siguientes variables independientes: dosis de leonardita con tres niveles (Control, 0,5 y 1,0 t ha^{-1}) y año de tratamiento con tres niveles (2008, 2009 y 2010). Cuando el efecto resultó significativo ($p<0,05$) sobre alguna de los parámetros analizados en el ANOVA factorial, se realizó una comparación múltiple utilizando la prueba de las diferencias honestamente significativas de Tukey. Con el objeto de estimar mediante un modelo de regresión lineal los niveles del parámetro MOS en función de la dosis de leonardita (D), se ha descompuesto la varianza de la variable dependiente (MOS) en niveles de la variable independiente (D) en un término lineal y otro cuadrático para averiguar la naturaleza del modelo de regresión más adecuada (Webster, 2007). De igual modo que en el caso de los parámetros de fertilidad del suelo, se ha realizado un ANOVA factorial para estudiar la dependencia de las concentraciones de los micronutrientes (Fe_L, Mn_L, Cu_L y Zn_L) en los limbos de las plantas de vid respecto de la dosis aplicada de leonardita (D) y el año de estudio (A). El tratamiento estadístico de la información ha sido llevado a cabo empleando los procedimientos disponibles en R Core Team (2013).

Resultados

Caracterización inicial del suelo de estudio

La Tabla 2 muestra los principales datos físico-químicos del suelo (0-30 cm) antes de comenzar el estudio. Resultan especialmente reseñables las bajas concentraciones de los micronutrientes (Fe, Mn, Cu y Zn) así como el elevado pH. De igual modo, es reseñable destacar el bajo contenido en materia orgánica, así como el valor moderado de carbonatos en estos primeros 30 cm.

Parámetros de fertilidad del suelo

Los resultados del test de normalidad (tanto para el conjunto de datos del período de estudio como para cada año de forma individual), se mostraron no significativos ($P>0,05$) en todos los parámetros de suelo. Se ha realizado un ANOVA factorial para estudiar el efecto de la dosis de leonardita sobre las variables MOS, Fe_S, Mn_S, Cu_S y Zn_S durante los tres años que duró el experimento. Los resultados del mismo se presentan en la Tabla 3. En los resultados del ANOVA factorial se puede observar como ejercen una influencia significativa sobre todos los parámetros de fertilidad monitoreados tanto la dosis de leonardita (D), como el año de seguimiento (A). Sin embargo, la interacción entre los factores dosis y año de aplicación solamente fue significativa en el caso de la variable Fe_S, indicando que el efecto de las dosis de leonardita sobre el contenido de hierro en el suelo varió de forma diferente dependiendo del año en el cual se realizó el tratamiento. En base a los resultados proporcionados por el ANOVA factorial, el efecto de cada dosis de leonardita sobre los parámetros de fertilidad del suelo ha sido estudiado para cada año de forma independiente. De esta forma, se ha procedido a realizar los tests de comparación múltiple al 95% de confianza en función de la dosis de leonardita para cada uno de los años de seguimiento (Figura 1).

Tabla 2. Características principales y datos analíticos del suelo en el inicio de la investigación a la profundidad de 0-30 cm
Table 2. Baseline soil characteristics and analytical data in the beginning of the research for depth of 0-30 cm

	Profundidad (0-30 cm)
Arena, %	23,1
Limo, %	49,8
Arcilla%	27,1
Clase textural (USDA)	Franco arcillosa
pHw	8,29
conductividad eléctrica, dS m^{-1}	0,16
Materia orgánica,%	1,09
Carbonatos, %	34,8
P, mg kg^{-1}	7,77
Ca, cmol(+) kg^{-1}	30,5
Mg, cmol(+) kg^{-1}	1,57
K, cmol(+) kg^{-1}	0,38
Fe, mg kg^{-1}	1,43
Mn, mg kg^{-1}	3,86
Cu, mg kg^{-1}	0,40
Zn, mg kg^{-1}	0,25

Los tests de comparación múltiple revelaron que la aplicación de leonardita incrementó los niveles de MOS ($P<0,05$) y Fe_S ($P<0,05$) para la dosis de 1,0 t ha^{-1} con respecto al control, durante los años 2009 y 2010. En el caso de los parámetros Mn_S, Cu_S y Zn_S, esta misma dosis provocó un incremento de las concentraciones en el suelo con respecto al control en los años 2009 para el caso del nutriente Mn_S ($P<0,05$), y en el año 2010 para el caso de los nutrientes Cu_S ($P<0,05$) y Zn_S ($P<0,05$). Por su parte, la dosis de 0,5 t ha^{-1} incrementó únicamente los niveles de los parámetros MOS ($P<0,05$), Fe_S ($P<0,05$) y Cu_S ($P<0,05$) con respecto al control, en los años 2009, 2009-10 y 2008 respectivamente. Finalmente, a excepción del parámetro Cu_S en el año 2008, en ningún otro año de estudio se presentaron diferencias ($P>0,05$) entre las dosis 0,5 y 1,0 t ha^{-1} en los niveles de los parámetros de fertilidad del suelo estudiados.

Finalmente, se investigó la relación existente entre el incremento de la MOS y el nivel de disponibilidad de los distintos micronutrientes (Fe_S, Mn_S Cu_S y Zn_S) analizados (Figura 2), pues todos ellos mostraron incrementos en sus niveles de disponibilidad en el suelo como consecuencia de la aplicación de la leonardita en algún momento del seguimiento efectuado

Tabla 3. Análisis factorial de la varianza desarrollado sobre los parámetros de fertilidad del suelo (MOS, Fe_S, Mn_S, Cu_S y Zn_S)
Table 3. Factorial analysis of variance performed on soil fertility parameters (SOM, Fe_S, Mn_S, Cu_S and Zn_S)

	Grados de libertad	F	P-valor
Materia Orgánica			
Dosis	2	13,3	***
Año	2	3,54	*
Dosis x Año	4	1,15	0,37
Fe_S			
Dosis	2	22,5	***
Año	2	20,0	***
Dosis x Año	4	4,21	*
Mn_S			
Dosis	2	12,5	***
Año	2	17,1	***
Dosis x Año	4	0,86	0,51
Cu_S			
Dosis	2	8,01	**
Año	2	41,0	***
Dosis x Año	4	2,39	0,09
Zn_S			
Dosis	2	4,80	*
Año	2	14,5	***
Dosis x Año	4	2,74	0,06

(P<0,05). Existió correlación entre MOS y Fe_S (r = 0,68; P<0,05) y entre MOS y Mn_S (r = 0,75; P<0,05) en la dosis de leonardita de 1,0 t ha^{-1}, así como entre MOS y Cu_S (r = -0,74; P<0,05) en el tratamiento control.

Elaboración del modelo predictivo del nivel de materia orgánica del suelo

En base a los resultados del ANOVA factorial realizado para estudiar la dependencia de los parámetros edáficos monitoreados en los que se mostró la influencia significativa sobre el parámetro MOS de los factores dosis (D) y

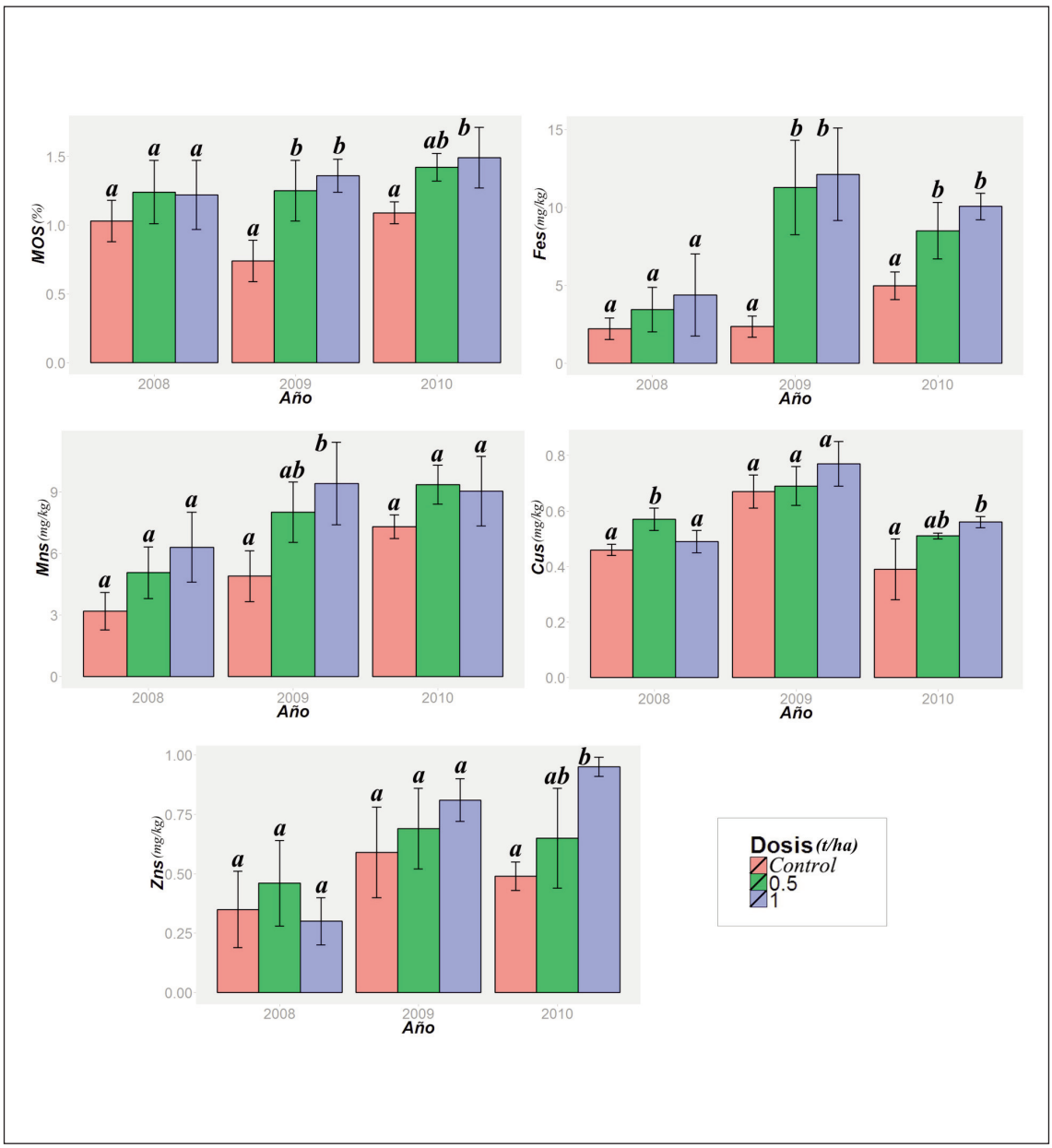


Figura 1. Valores medios de las variables materia orgánica (MOS) y micronutrientes (Fes, Mns, Cus, Zns) en el suelo en los tres tratamientos de leonardita evaluados (Control, 0,5 t/ha, 1 t/ha) y durante los 3 años del estudio (2008-2010). Para cada año y variable, barras con la misma letra indica diferencias no significativas (P>0,05).

Figure 1. Averaged values of soil organic matter (MOS) and micronutrients (Fes, Mns, Cus, Zns) in soil at three evaluated leonardite treatments (Control, 0,5 t/ha, 1 t/ha) during the seasons (2008-2010).

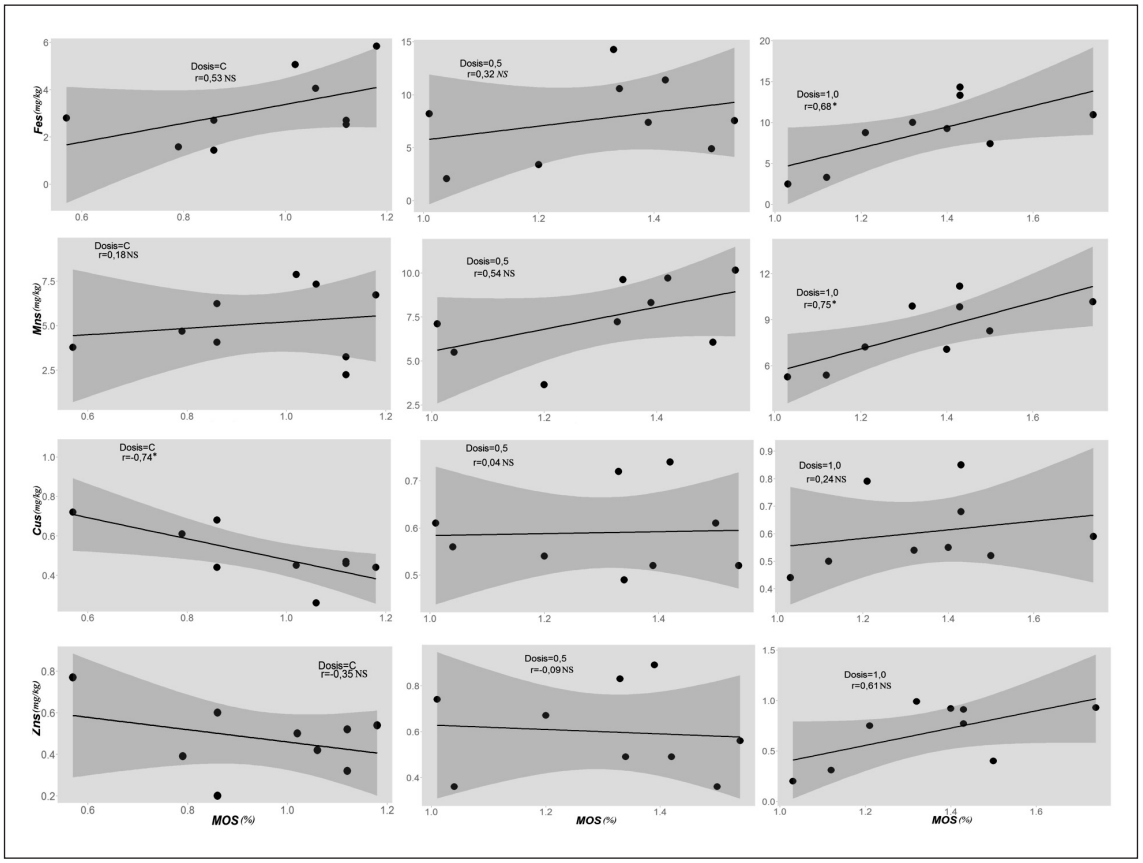


Figura 2. Relación entre la Materia orgánica del suelo (MOS) y la disponibilidad de los micronutrientes (Fe_S, Mn_S, Cu_S y Zn_S) en función de la dosis de leonardita en el estado fenológico de envero (2008–2010). Se muestran las regiones de ajuste al 95% de confianza.
Dosis (C = Control; 0,5 t/ha; 1,0 t/ha); r: coeficiente de correlación lineal.
Figure 2. Relationship between soil organic matter (SOM) and micronutrient availability (Fe_S, Mn_S, Cu_S and Zn_S) by leonardite dose at veraison stage (2008-2010).

año (A), se ha desarrollado un modelo predictivo para cada uno de los años de seguimiento, ya que parece observarse la existencia de un efecto acumulado. Los resultados, se muestran en la Tabla 4.

La dosis de leonardita incrementó la MOS (P<0,05), en los años de muestreo 2009 y 2010, pero no en 2008 (P = 0,47). Por ello, se desarrolló el modelo predictivo únicamente para los años de muestreo 2009 y 2010. La adición de un término de orden cuadrático al modelo lineal (Tabla 4) no fue significativa en ninguno de los años estudiados, por lo que se utilizó un modelo lineal para predecir el nivel de materia orgánica del suelo en función de la dosis de leonardita aplicada para los años 2009 y 2010 (Figura 3). En los modelos de regresión lineales propuestos para el parámetro MOS, la dosis de leonardita explicó un 69% y un 58% de la variabilidad de los valores de MOS en los años 2009 y 2010 respectivamente.

Tabla 4. Análisis de la varianza del parámetro materia orgánica del suelo (MOS) en respuesta a la aplicación de tres dosis de leonarditas durante un período de tres años (2008-2010)
Table 4. Analysis of variance for the parameter soil organic matter (SOM) in response to three levels of leonardite dose after three years (2008-2010)

		Año 2008		Año 2009		Año 2010	
	gl[1]	F	P-valor	F	P-valor	F	P-valor
Dosis de leonardita	2	0,86	0,47	11,5	***	6,16	**
Regresión lineal	1	1,09	0,34	20,0	**	10,7	*
Regresión cuadrática	1	0,64	0,46	2,95	0,14	1,66	0,25
Residual	6						
Total	8						

[1]gl (grados de libertad).

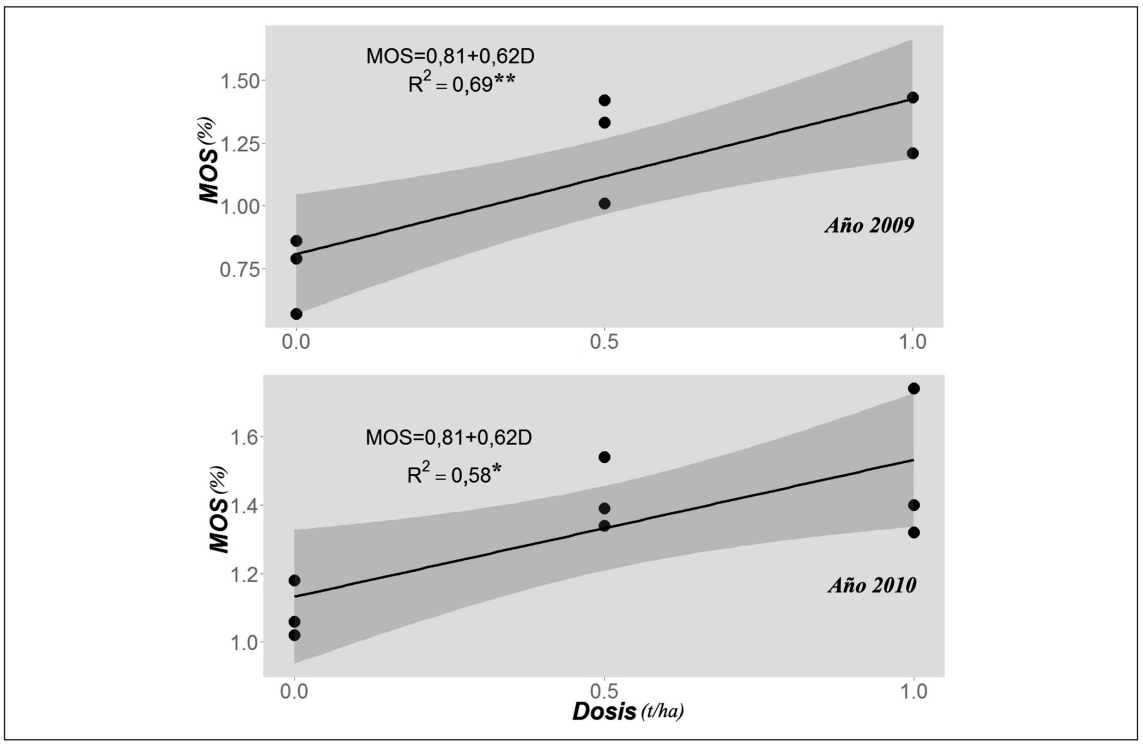


Figura 3. Modelos lineales para la predicción de la materia orgánica del suelo (MOS) en función de la dosis de leonardita (D) por año de muestreo.
Se muestran las regiones de ajuste al 95% de confianza.
Figure 3. Linear models for prediction of soil organic matter (SOM) depending on the leonardite dose (D) by sampling year.

Niveles nutricionales en limbos

La significación de los efectos de la dosis aplicada de leonardita y el año de estudio sobre los micronutrientes en el limbo se pueden observar en la Tabla 5. La interacción entre la dosis aplicada de leonardita y el año de estudio no fue significativa para ninguno de los micronutrientes estudiados (P>0,05). La dosis de leonardita no ejerce una influencia sobre los micronutrientes estudiados (P>0,05), mientras que el año de estudio únicamente ha mostrado una influencia significativa sobre los micronutrientes Fe_L (P<0,001) y Mn_L (P<0,001). En la tabla 6 se muestran los valores medios y las desviaciones estándar de los micronutrientes monitorizados en limbos de vid en el estado fenológico de envero, observándose que la dosis de leonardita no tuvo influencia en la acumulación de micronutrientes en las hojas (P>0,05).

Tabla 5. Análisis factorial de la varianza desarrollado sobre los niveles nutricionales en limbos (Fe_L, Mn_L, Cu_L y Zn_L)
Table 5. Factorial analysis of variance performed on leaf blade nutritional levels (Fe_L, Mn_L, Cu_L and Zn_L)

	Grados de libertad	F	P-valor
Fe_L			
Dosis	2	2,37	0,12
Año	2	21,0	0,001
Dosis × Año	4	0,80	0,54
Mn_L			
Dosis	2	0,84	0,45
Año	2	19,9	0,001
Dosis × Año	4	0,74	0,58
Cu_L			
Dosis	2	1,27	0,31
Año	2	1,18	0,33
Dosis × Año	4	0,74	0,58
Zn_L			
Dosis	2	0,62	0,55
Año	2	3,08	0,07
Dosis × Año	4	1,83	0,17

Tabla 6. Contenido medio (± desviación estándar) de micronutrientes (Fe_L, Mn_L, Cu_L y Zn_L) en limbos de hojas en el estado fenológico de envero (2008-2010)
Table 6. Average content (± standard deviation) of micronutrients (Fe_L, Mn_L, Cu_L and Zn_L) in blade-leaves during the veraison stage (2008-2010)

	Dosis, t ha^{-1}		
	0	0,5	1,0
Fe_L, mg kg^{-1}	93,3 ± 40,5	96,3 ± 31,8	122 ± 68,6
Mn_L, mg kg^{-1}	91,3 ± 40,8	84,4 ± 28,2	78,9 ± 26,6
Cu_L, mg kg^{-1}	3,04 ± 1,12	4,00 ± 0,99	4,02 ± 2,02
Zn_L, mg kg^{-1}	17,9 ± 11,7	14,5 ± 4,42	18,2 ± 9,43

Discusión

Toda vez que el aporte de leonardita ha supuesto la incorporación de ácidos húmicos de forma predominante, el hecho de que la disponibilidad del nutriente Fe se haya visto incrementada de forma significativa (años 2009 y 2010), muestra consistencia con los trabajos realizados por Gamble (1986; citado por Kabata-Pendias y Pendias, 2001). Este investigador indicó que el metal Fe mostraba una mayor afinidad de sorción por los ácidos húmicos en comparación con los metales Mn, Cu y Zn. Esta mayor afinidad de sorción podría posibilitar una menor precipitación del Fe en las condiciones calcáreas del ensayo, cuestión de gran interés frente a los problemas de nutrición férrica de la vid en condiciones con elevadas concentraciones de iones bicarbonato en la solución del suelo (clorosis férrica). De forma adicional, Tagliavini y Rombolà (2011) han indicado que el efecto beneficioso ejercido por la incorporación de enmiendas orgánicas frente a potenciales problemas de clorosis férrica en las vides se encuentra también relacionado con el efecto estimulante que los componentes orgánicos ejercen sobre la actividad microbiana.

La formación de complejos que incrementan la disponibilidad del nutriente Fe a consecuencia de su asociación con los agentes quelantes de la materia orgánica (Cesco *et al.*, 2000), es una estrategia de manejo que ha sido ampliamente difundida en los suelos de cultivo con condiciones calcáreas. Sin embargo, la mayor disponibilidad de este nutriente en el suelo no se ha visto reflejada en un incremento de sus concentraciones en los limbos de la vid. No obstante, en suelos calcáreos como en el que se ha desarrollado el presente estudio la concentración de Fe total en hojas de vid no es un indicador óptimo de la eficiencia de un tratamiento frente a la clorosis férrica, de tal forma que sería recomendable implementar la evaluación de parámetros foliares adicionales como la medición de niveles periódicos de clorofila o el contenido de Fe en forma activa (aquellas formas solubles que poseen la facultad de intervenir en la formación de la clorofila).

Aunque un elevado contenido en MOS puede provocar en los cultivos estados carenciales de Mn (particularmente en aquellos suelos con un pH próximo a la neutralidad) (Allison, 1973), en el presente estudio el incremento de MOS a consecuencia de la aplicación de la leonardita ha derivado en una mayor disponibilidad del Mn en el suelo, si bien este aumento de disponibilidad con respecto al control sólo se ha mostrado durante

el año 2009 y para la dosis de 1 t ha^{-1}. Lo anterior indica que aunque la MOS adsorbe tanto el Mn naturalmente disponible en el suelo como aquel aportado en forma de enmiendas o fertilizantes, los niveles de MOS alcanzados a consecuencia de la aplicación de las dosis de leonardita ensayadas en esta investigación no han sido tan elevadas como para promover una disminución de la disponibilidad del Mn en el medio edáfico. De hecho, tanto en el caso del nutriente Mn como en el caso del nutriente Fe, los mayores niveles de disponibilidad en suelo se presentaron de forma predominante para la dosis de leonardita ensayada más elevada (1,0 t ha^{-1}).

Si bien es cierto que tanto los niveles de MOS como la disponibilidad de los nutrientes Fe y Mn en el medio edáfico se han visto incrementados (no siempre de forma significativa) como consecuencia de la incorporación de la leonardita, cabe destacar que a pesar de que la incorporación de esta enmienda se ha realizado con regularidad anual, los citados incrementos sólo se han manifestado a partir del segundo año de muestreo (Figura 1). Este hecho da lugar a que en futuras actuaciones podría resultar de interés evaluar una aportación inicial única de leonardita y estudiar su estabilidad en el medio edáfico siguiendo su evolución en el tiempo. Todo ello podría provocar cambios en la recomendación de las dosis de leonardita a incorporar en las condiciones locales de suelos de viñedo calcáreos.

El efecto de la incorporación de la leonardita sobre la disponibilidad de los micronutrientes Cu_S y Zn_S en el medio edáfico no parece ser tan evidente como en el caso de los micronutriente Fe_S y Mn_S (especialmente en el caso del Cu_S). Esta circunstancia podría ser explicada, en parte, debido a que ambos micronutrientes (Cu_S y Zn_S) muestran una gran capacidad de complejación orgánica. Esta capacidad ha sido evidenciada de manera especial entre el micronutriente Cu_S y los ácidos húmicos (Logan *et al.*, 1997), que en el caso de la leonardita ensayada constituyen una proporción importante de su materia seca (30%). Este hecho evidenciaría que la complejación orgánica de ambos micronutrientes (Cu_S y Zn_S) presenta importantes implicaciones en el gobierno de la disponibilidad en el medio edáfico de ambos micronutrientes. El aumento de los niveles de MOS a causa del empleo de la leonardita, también podría mostrar mucha importancia en la movilidad del micronutriente Zn_S, pues se ha demostrado que en regímenes de pH como los mostrados por el suelo de la presente investigación, tal movilidad puede verse muy influenciada por la intensa capacidad de adsorción del micronutriente Zn_S por la MOS (Peganova y Edler, 2004).

No obstante, parece observarse, de forma general, un efecto acumulativo de la leonardita sobre la MOS y sobre las formas disponibles de los micronutrientes. Es muy probable que esta circunstancia se encuentre condicionada por la incorporación anual de las dosis de leonardita y por la fracción húmica de su composición, la cual proporciona a las enmiendas orgánicas un efecto más estable en el tiempo que la fracción lábil a causa de la mayor dificultad para ser metabolizada por los microorganismos del suelo (Lejon *et al.*, 2007).

En los modelos predictivos lineales propuestos para el parámetro MOS, el coeficiente de determinación R^2 ha resultado ser modesto a causa de la dispersión de los datos del parámetro MOS para cada dosis de leonardita. De esta forma, en los modelos propuestos la dosis de leonardita ha podido explicar un 69 y un 58% de la variabilidad de los valores de MOS en el año 2009 y 2010 respectivamente. Esto indica la variabilidad inherente de los estudios llevados en condiciones de campo frente a la posible obtención de datos más homogéneos en condiciones de laboratorio. La variabilidad mostrada por el modelo predictivo y el hecho de que el aporte anual de

la leonardita haya mostrado un potencial efecto acumulativo, hace recomendable la realización de futuros ensayos en otros suelos de naturaleza calcárea que validen los modelos propuestos en esta investigación. Igualmente, las posibles variaciones en el sistema de incorporación de la leonardita al medio edáfico (como por ejemplo la realización de una distribución de la enmienda que afecte a toda la superficie de las calles del viñedo), podrían ocasionar diferencias apreciables tanto en el ajuste de los modelos predictivos para el parámetro MOS propuestos, como en los resultados obtenidos en los niveles de disponibilidad de los micronutrientes investigados en el presente trabajo (Fe_S, Mn_S, Cu_S y Zn_S).

El mayor nivel de disponibilidad de los micronutrientes estudiados en el suelo de viñedo debido a la aplicación de leonardita, no se ha reflejado en un aumento de niveles de dichos nutrientes en las hojas de plantas de vid próximas a la zona donde se realizó la aplicación. De hecho, las concentraciones en limbos en alguno de los nutrientes monitorizados (Mn_L y Zn_L) no han mostrado valores más bajos en los controles que en aquellas en parcelas las cuales se incorporó la leonardita (Tabla 6). Esta circunstancia pone de manifiesto que si bien la disponibilidad de nutrientes en el medio edáfico constituye un hecho de primer orden en la absorción de estos por parte de las vides, los procesos de acumulación de los nutrientes absorbidos en los tejidos leñosos podría explicar la falta de respuesta en los tejidos foliares a la aplicación de las diferentes dosis de leonardita. No obstante, la zona de consumo de lujo en los micronutrientes es más estrecha que en el caso de los macronutrientes (Correndo y García, 2012), de tal forma que cualquier acción encaminada a incrementar la dosis de leonardita con el objeto de buscar una relación directa en el incremento de niveles nutricionales tanto en suelo como en limbos, puede llegar a presentar potenciales desequilibrios nutricionales no deseados.

En cuanto a las limitaciones del estudio, en el presente trabajo de investigación se ha de valorar con cautela la generalización de los resultados expuestos debido, en primer lugar, a la variabilidad espacial inherente del propio medio edáfico, y en segundo lugar, tanto a la metodología de incorporación de la leonardita como al procedimiento de obtención de las muestras de suelo a lo largo del período de investigación. Por ello, los resultados obtenidos tanto para el modelo predictivo del parámetro MOS, como para los niveles de disponibilidad de los micronutrientes (Fe_S, Mn_S, Cu_S y Zn_S) en la capa arable del medio edáfico deben de restringirse a la zona de muestreo.

Conclusiones

La leonardita se ha mostrado como una enmienda efectiva para conseguir un incremento del nivel de materia orgánica en la zona próxima a las raíces de las viñas en suelos calcáreos. De forma adicional, la leonardita ensayada ha mostrado el valor añadido de evitar la precipitación de las formas disponibles del hierro en suelos calcáreos, provocando un incremento de la disponibilidad de este nutriente para la vid, lo que puede resultar de utilidad para evitar problemas por clorosis férrica, desorden nutricional con gran prevalencia en este tipo de suelos, y que limita el potencial productivo del viñedo.

La presente investigación se ha desarrollado mediante la incorporación de la leonardita de forma periódica, anual y localizada. En futuras investigaciones podría resultar de interés estudiar la evolución de los parámetros de fertilidad abordados en el presente trabajo de investigación realizando modificaciones tanto en la temporalidad del aporte de las dosis a ensayar mediante la realización de un único aporte, como en el procedimiento de la incorporación de la leonardita al medio edáfico, de tal forma que la superficie de suelo

cubierta por la leonardita pueda modificarse en función del marco de plantación de la vid, el cual condicionará la distribución del sistema radicular de las plantas.

Agradecimientos

A SEPHU S.A. por el suministro de la leonardita (Humita-40®), y a Bodegas Emilio Moro S.L. por la cesión del viñedo en el cual se llevó a cabo el ensayo.

Bibliografía

AEMET (2011). Atlas climático ibérico. Agencia Estatal de Meteorología. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid, España. 79 p.

Allison (1973). Soil organic matter and its role in crop production. Elsevier Scientific Publishing, Amsterdam, Holanda. 637 p.

Bohn H, McNeal BL, O'Connor GA (2001). Soil Chemistry, 3th. Ed. John Wiley & Sons, Nueva York, EE.UU. 307 p.

Bouyoucos GJ (1962). Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. Agronomy Journal 54: 464-465.

Calleja A (1978). La mineralización de muestras vegetales para el análisis de minerales por espectrofotometria y colorimetría. Anales de la Facultad de Veterinaria de León 24: 175-177.

Cesco S, Römheld V, Varanini Z, Pinton R (2000). Solubilization of iron by water-extractable humic substances. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 163: 285-290.

Collins JF, Buol SW (1970). Patterns of iron and manganese precipitation under specified Eh-pH conditions. Soil Science 110: 157-162.

Correndo AA, García FO (2012). Concentración de nutrientes en planta como herramienta de diagnóstico: cultivos extensivos. Archivo Agronómico Marzo: 1-8.

Dick WA, Gregorich EG (2004). Developing and maintaining soil organic matter levels. En: Managing soil quality. Challenges in modern agriculture (Ed. Schjønning P, Elmholt S, Christensen BT). CABI Publishing, Wallingford, Oxon, Reino Unido. 344 p.

Duplessis G L, Mackenzie A F (1983). Effects of leonardite applications on phosphorus availability and corn growth. Canadian Journal of Soil Science 63: 749-751.

Fregoni M (2005). Viticoltura di qualitá. Tecniche Nuove, Milano, Italia. 819 p.

IDEE (2012). Infraestructura de Datos Espaciales de España. Consejo Superior Geográfico, Ministerio de Fomento. Disponible en http://www.idee.es/ (30 junio 2012).

Kabata-Pendias A, Pendias H (2001). Trace elements in soils and plants, 3th. Ed. CRC Press, Boca Raton, Florida, EE.UU. 432 p.

Lejon DPH, Sebastia J, Lamy I, Chaussod R, Ranjard L (2007). Relationships between soil organic status and microbial community density and genetic structure in two agricultural soils submitted to various types of organic management. Microbial Ecology 53: 650-663.

Lindsay WL, Norvell WA (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Science Society of America Journal 42: 421-428.

Logan EM, Pulford ID, Cook GT, Mackenzie AB (1997). Complexation of Cu^{2+} and Pb^{2+} by peat and humic acid. Eurasian Journal of Soil Science 48: 685-696.

MAPA (1993). Métodos oficiales de análisis, tomo III. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España. 662 p.

O'Donnel RW (1973). The auxin-like effects of humic preparations from leonardite. Soil Science 116: 106-112.

Olsen SR, Cole CV, Watanabe FS, Dean LA (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U.S.D.A. Circular 939.

Osman KT (2013). Soils. Principles, properties and management. Springer, Dordrecht, Holanda. 271 p.

Peganova S, Edler K (2004). Zinc. En: Elements and their compounds in the environment, 2nd. Ed. (Eds. Merian E, Anke M, Ihnat M, Stoeppler M). Wiley-VCH, Weinheim, Alemania. 1773 p.

R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponible en http://www.R-project.org/ (1 enero 2013).

SIAR (2012). Sistema de Información Agroclimática para el Regadío. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Disponible en http://www.magrama.gob.es/siar/ (31 julio 2012).

Soil Survey Staff (2010). Claves para la taxonomía de suelos, 11ª Ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington DC, EE. UU. 365 p.

Tagliavini M, Rombolà A D (2001). Iron deficiency and chlorosis in orchard and vineyard ecosystems. European Journal of Agronomy 15: 71-92.

Webster R (2007). Analysis of variance, inference, multiple comparisons and sampling effects in soil research. European Journal of Soil Science 58: 74-82.

(Aceptado para publicación el 21 de noviembre de 2014)

Modelización espacial del hábitat potencial de la trufa negra (*Tuber melanosporum* Vittad.) en la provincia de Huesca (España)

R. Serrano-Notivoli[1,*], A. Incausa-Ginés[2], M. Martín-Santafé[2], S. Sánchez-Durán[2] y J.J. Barriuso-Vargas[2]

[1] Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza, Pedro Cerbuna, 12. 50.009 Zaragoza

[2] Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Avda. Montañana 930. 50059 Zaragoza

Resumen

El cultivo de la trufa negra (*Tuber melanosporum* Vittad.) es especialmente complicado por las exigencias ambientales que requiere. En el presente trabajo se propone un modelo de distribución de su hábitat en la provincia de Huesca (España). Para ello se usan factores condicionantes y limitantes de la presencia de la especie en el territorio en función de experiencias previas, y apoyado por un amplio conjunto de muestras de suelo tomadas directamente en campo. Se consideraron todas aquellas variables ambientales capaces de explicar la presencia/ausencia de la especie en el territorio. Dichas variables se clasifican en tres grupos según su naturaleza: climático, topográfico y edáfico. Se utilizaron Sistemas de Información Geográfica para integrar todas las variables ambientales en su dimensión espacial, y a través de un modelo de decisión de evaluación multicriterio se ponderaron para obtener una cartografía de aptitud. La asignación de los pesos relativos a cada variable se realizó en función de la importancia que tienen para el desarrollo de la especie, las experiencias similares en otros lugares, y en relación al área de estudio trabajada. La combinación de las variables ambientales que condicionan y limitan la aparición de la trufa negra en el territorio, en su dimensión espacial, dio como resultado una cartografía de distribución del hábitat potencial de la especie que muestra, a diferentes niveles, cuáles son las zonas con mayor o menor capacidad de producción de trufa negra. Los resultados muestran que un 2,75% de la superficie de toda la provincia tiene una aptitud óptima para el desarrollo de la especie en función de su hábitat potencial, cifra que se reduce hasta 1,62% cuando se trata de zonas potencialmente cultivables. El mapa fue validado con las presencias de trufa conocidas disponibles para el área de estudio.

Palabras clave: Modelización, cartografía, SIG, evaluación multicriterio.

Abstract

A geospatial model for black truffle potential habitat (*Tuber melanosporum* Vittad.) in Huesca province (Spain)

Black truffle (*Tuber melanosporum* Vittad.) cultivation is especially complicated by their environmental requirements. We propose in this paper a distribution model of habitat for Huesca province (Spain). We used conditioning and restricting factors to the presence of the species in territory based on previous ex-

* Autor para correspondencia: rs@unizar.es

http://dx.doi.org/10.12706/itea.2015.015

periences, and supported by a broad collection of field samples. Environmental variables can explain the presence/absence of the species in the study area. These variables are classified in three groups according to their nature: climatic, topographic and edaphic. We integrated in a GIS all parameters to unify spatial resolution, and by a multi-criteria decision model weighted them to obtain suitability areas. The weights allocation were assigned in function of their importance to black truffle presence and previous experiences. The combination of environmental variables that are conditioning and restricting the presence of black truffle in territory, generates a cartography of potential habitat distribution at different levels These levels are areas with more or less production ability of black truffle. Results show that 2.75% of province has an optimal aptitude to species development, this number is reduced to 1.62% in potential cultivation. Map was validated with available presences of known truffle locations in study area.

Key words: Model cultivation, cartography, GIS, multicriteria evaluation.

Introducción

El cambio fundamental experimentado por la truficultura en España se produjo a partir de la década de los años 70. Es entonces cuando se incrementó el ritmo de despoblación del medio rural, se redujo el pastoreo, se abandonó el aprovechamiento silvícola, y los cultivos no mecanizables fueron colonizados por vegetación forestal. La consecuencia fue un incremento de la densidad vegetal en los montes, que también facilitó la iniciación y propagación de incendios forestales. Además, se realizaron repoblaciones forestales de coníferas en áreas no adecuadas que pertenecían a comunidades de quercíneas en general. Todo ello, unido a una gran sobreexplotación de las truferas, derivó en un descenso dramático de la producción silvestre española a partir de la década de los 80 (Reyna y García-Barreda, 2014).

Esta actividad productiva es compatible y complementaria con las más tradicionales del sistema agrario correspondiente. Además no se debe plantear como la única alternativa, sino como una diversificación de la economía rural, favoreciendo con ello un nuevo equilibrio territorial, manteniendo una población activa en estos espacios rurales que garantizan la preservación de sus paisajes. En la provincia de Huesca en los últimos 10 años se han llegado a implantar más de 1.000 ha de superficie trufera. La Administración local de la provincia ha facilitado este cultivo aportando más de 4 millones de euros para la plantación de árboles micorrizados y que empiezan a estar en plena producción (Gómez *et al*., 2013).

El cultivo de la trufa negra ha ido adquiriendo con el tiempo una mayor importancia en las zonas geográficas donde las características edáficas y climáticas son las adecuadas. En muchas regiones del arco mediterráneo, donde existe de forma natural esta especie de hongo, se encuentran zonas en las que no se conoce la presencia de trufa y que ofrecen condiciones edafoclimáticas óptimas o favorables para establecer el cultivo. Las dificultades existentes para identificar y localizar las zonas aptas para la producción de la trufa negra suponen un obstáculo para el fomento de esta actividad agroforestal en las regiones que ya son aptas para ello. Por otra parte, la determinación de los hábitats adecuados para el desarrollo natural de esta simbiosis hongo-planta conlleva el reconocimiento de los ecosistemas aprovechables para la truficultura.

Por estas razones, en España, han sido ya elaborados diferentes mapas de aptitud trufera, como son los de la Comunidad Valenciana (Domínguez *et al.*, 2003), Albacete (Honrubia *et al.*, 2006), Cataluña (Colinas *et al.*, 2007), León (Rodríguez *et al.*, 2008), Navarra (Gon-

zález-Aramada, 2009) y algunas comarcas de la serranía de Cuenca (Aguirre *et al*., 2009). La metodología empleada se basa, en la mayor parte de los casos, en el uso de la cartografía disponible con carencia de aspectos edáficos que se resuelven mediante el uso de capas de series de vegetación, geológicas, litológicas o mediante localizaciones truferas conocidas de las que se infieren posteriormente sus características a modo de retroalimentación. Sin embargo esta cartografía resultante es, en la mayoría de los casos, de resolución espacial reducida y de un alcance limitado para la toma de decisiones. De esta forma se hace imprescindible la realización de nuevos mapas de regiones geográficas más reducidas y concretas que permitan una mayor definición de las superficies aptas o no para la truficultura, como puede ser el caso de la cartografía realizada en un monte privado en la zona de mont Ventoux en Francia (Chandioux *et al*., 2009).

En el presente trabajo se analizan los factores condicionantes y limitantes que afectan a la presencia de la trufa negra en la provincia de Huesca, un territorio de máxima importancia para el cultivo de *Tuber melanosporum* Vittad., ya que alberga en el entorno de la localidad de Graus (Somontano pirenaico) una de las zonas truferas de mayor producción mundial. Posteriormente se integra toda la información en un Sistema de Información Geográfica (SIG) para considerar la dimensión espacial, y por último se ponderan todas las capas de información en cada punto a través de métodos de evaluación multicriterio.

El objetivo final es el de obtener una cartografía del hábitat potencial de *T. melanosporum* en la provincia de Huesca. Además, se identifican las zonas más aptas para el cultivo en función de los usos del suelo restringidos dicho hábitat potencial. No se trata de definir dónde hay que cultivar la especie en la provincia, sino de determinar cuáles son las zonas más aptas únicamente en función de los requerimientos ambientales de la especie.

Material y métodos

Área de estudio

La provincia de Huesca (Figura 1) ocupa unos 15.600 km^2 distribuidos en 10 comarcas que agrupan 202 municipios. La diversidad orográfica es caracterizada por la variedad de formas de relieve, desde las planicies de la Hoya de Huesca (125 m.s.n.m.), al pie de las Sierras Exteriores, hasta el Pirineo axial, zona central de disposición este-oeste del macizo montañoso con alturas superiores a los 3.000 metros en su límite superior (3.404 m.s.n.m. en el pico Aneto).

Su variedad altitudinal determina la presencia de diferentes tipos de clima, mediterráneo continentalizado en el sureste, donde se dan las temperaturas medias más elevadas; pasando por un ambiente de transición en la zona prepirenaica, donde van aumentando las precipitaciones a medida que se eleva la altitud, y las temperaturas medias van descendiendo; hasta el clima de montaña que se da en las zonas más elevadas, a partir de los 1.700-1.800 metros de altitud, donde la precipitación supera ampliamente los 1.200 mm anuales, en forma de nieve en invierno, y donde son muy frecuentes las heladas desde octubre hasta finales de mayo. En la Figura 2 se muestra la distribución mensual de la precipitación en el sector central de la provincia de Huesca. En comparación a la distribución Otoño-Invierno-Primavera-Verano que presentan las zonas truferas del Sistema Ibérico (Reyna, 2012), la precipitación estival en esta zona tiene mayor protagonismo que en las sierras ibéricas, lo que atenúa la mediterraneidad del clima y asegura mayor disponibilidad de agua durante el periodo crítico para el desarrollo de la trufa, fundamentalmente en la fase de producción del hongo.

En las zonas más elevadas (al norte) los suelos están muy poco desarrollados y dominan Leptosoles, Umbrisoles y Phaeozems, los Cam-

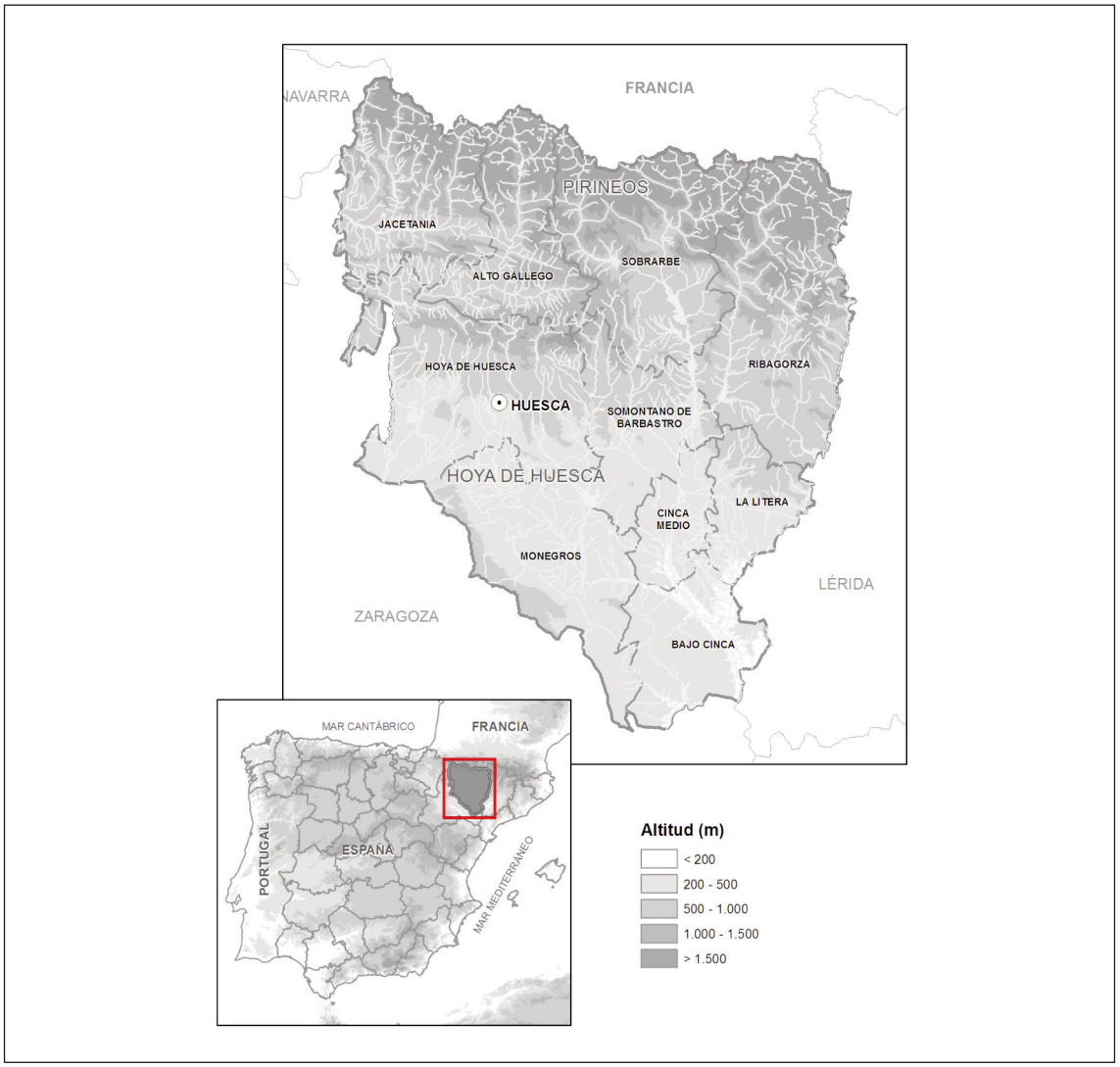


Figura 1. Área de estudio.
Figure 1. Study Area.

bisoles dominan el área prepirenaica, y el resto de la provincia está prácticamente cubierto por Regosoles y Calcisoles con otros tipos en menor medida.

La variedad de la vegetación oscense es muy amplia, fuertemente determinada por el clima y la altitud, en la mitad norte dominan los bosques de coníferas de alta montaña, y a menor altitud los bosques húmedos (hayedo-abetales). Los bosques secos y marcescentes, sobretodo de encinar, marcan la transición a la depresión del Ebro, donde aparecen también, ya en las zonas bajas y más cálidas los pinares de *Pinus halepensis* y los sabinares.

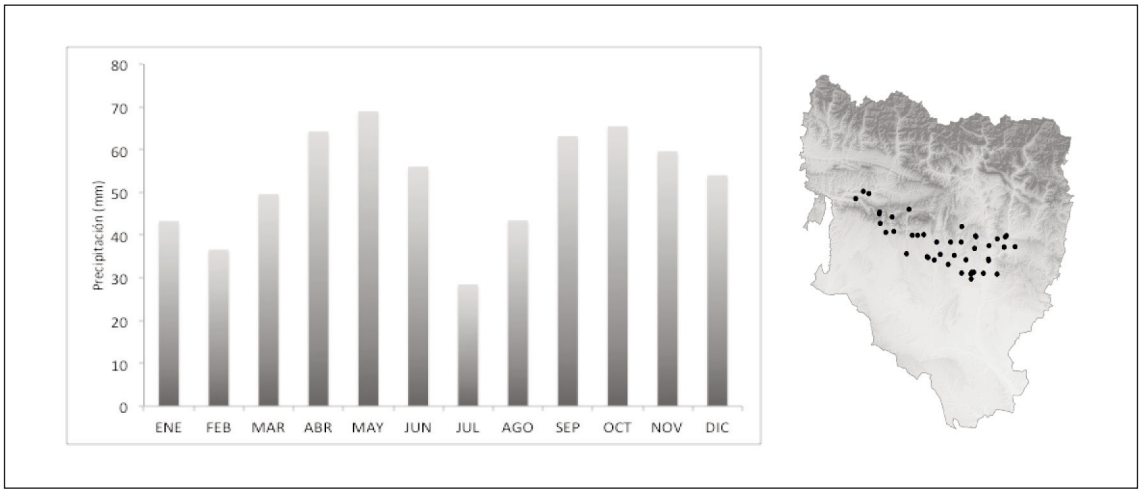


Figura 2. Distribución media mensual de la precipitación en 44 observatorios del sector central de la provincia de Huesca (Periodo 1971-2000).

Fuente: López *et al.* (2007).

Figure 2. Monthly mean distribution of precipitation at 44 observatories in central area of Huesca Province (Period 1971-2000).

Source: López et al. *(2007)*

Exigencias ambientales del cultivo de la trufa negra

La trufa negra requiere de ciertas condiciones ambientales que en conjunto determinan su presencia de manera tan exclusiva en algunas regiones o áreas del territorio. Para el presente trabajo, las exigencias ambientales se trataron como parámetros o variables de una ecuación que hay que resolver sobre un lugar del territorio, y cuyo resultado aporta la valoración potencial de esa área en la que la especie puede adaptarse con mayor o menor dificultad. Algunos de los parámetros ambientales que se utilizaron son limitantes porque excluyen la posibilidad de aparición de la especie en determinados lugares debido a sus características (altitud, precipitación total anual, temperatura media anual, temperatura del mes más cálido y temperatura del mes más frío), y otros son condicionantes ya que la posible aparición de la especie está condicionada a la magnitud o intensidad del parámetro ambiental presente en ese lugar (precipitación total estival, pendientes, etc.).

Los numerosos estudios sobre la distribución de la trufa negra (*T. melanosporum*) y otras especies de similares características biológicas en España (Domínguez *et al.*, 2003; Honrubia *et al.*, 2006; Colinas *et al.*, 2007; Rodríguez *et al.*, 2008; Aguirre *et al.*, 2009; González-Aramada, 2009; Alonso-Ponce *et al.*, 2010) además de otros sobre su cultivo (Reyna, 2012), muestran que la trufa depende de una serie de parámetros edáficos y climáticos básicos para el desarrollo y crecimiento de la especie en cualquier lugar. En el presente trabajo se escogieron aquellos parámetros o variables ambientales que son más determinantes para la presencia de la especie en el área de estudio, y se dividieron en tres grupos en función de su naturaleza (Colinas *et al.*, 2007; Hall *et al.*, 2008, Olivier *et al.*, 2012, Reyna, 2012): i) Topográfico, ii) Climático, y iii) Edáfico.

El grupo i) correspondiente a los factores topográficos engloba la altitud (ALT); la pendiente expresada en porcentaje (PEND); y una combinación de altitudes y orientaciones (ORI). Este grupo provoca que gran parte del territorio se considerase no apto para la aparición de la especie, principalmente por la altitud (altitudes óptimas entre 600 y 1.000 m.s.n.m.) y las fuertes pendientes (pendientes óptimas entre el 5 y el 15%) (García-Barreda *et al.*, 2012).

El segundo grupo ii) corresponde a los factores climáticos. La trufa negra está adaptada a un ambiente semiárido o mediterráneo (seco con tendencia continental) caracterizado por precipitaciones medias anuales de 600 a 900 mm que suelen concentrarse en primavera, final de verano y otoño (principalmente en forma de tormentas), contrastando con periodos secos en verano e invierno. Las variables incluidas en este grupo fueron la precipitación total anual (PTOT), que determina la presencia de la especie simbionte que alberga al hongo de la trufa negra, como la coscoja (*Quercus coccifera* L.) y el roble (*Quercus robur* L.), que presentan una ecología muy distinta (Reyna, 2012); la precipitación estival (PVER) suele ser más adecuada para el hábitat de la especie cuando se concentra con carácter mediterráneo (estacional, al principio del otoño y mitad de la primavera); la temperatura media anual (TMED), sin ser una variable climática demasiado indicativa en sí misma, revela un rango genérico en el que la planta es capaz de adaptarse. Reyna (2012) señala que el óptimo es entre 8 y 15ºC, lo que cubre prácticamente la mitad del territorio peninsular español eliminando las zonas de montaña; la temperatura media del mes de julio (TMAX) y la del mes de enero (TMIN) representan el máximo y el mínimo respectivamente de las medias del territorio, y sirven para establecer umbrales térmicos de adaptación.

El grupo iii) correspondiente a los factores edáficos es seguramente el de mayor relevancia, ya que establece las condiciones del medio directo en el que se ha de desenvolver la especie durante su crecimiento. Los suelos truferos son clasificados (Olivier *et al.*, 2012) desde el punto de vista pedológico en tres tipos diferentes: Leptosols, suelos pardos calcáreos y suelos pardos cálcicos. Los suelos pardos calcáreos se encuentran incluidos entre los Calcosoles y los pardos calizos entre los Calcisoles. Aunque son los más habituales, no se pueden ignorar los Litosoles y los suelos coluviales, que se dan en truferas silvestres sin posibilidad de cultivo (Reyna, 2012). Como actualmente se carece de una información sobre distribución de los suelos completa para el área de trabajo y su estudio es inabordable para este objetivo, se optó por contemplar los parámetros edáficos de mayor importancia para la presencia de la especie. Éstos son el pH (PH), que ha de estar entre 7,5 y 8,5; la caliza activa (CAL), con valores inferiores al 30%, la textura (TEX), que divide el territorio en función de la litología aflorante; y el contenido de materia orgánica (MAT) (Colinas *et al.*, 2007; Hall *et al.*, 2008, Olivier *et al.*, 20012, Reyna, 2012).

Información de partida

Se introdujeron las variables ambientales divididas en tres grupos: parámetros climáticos, precipitación media anual, precipitación estival, temperatura media anual, media máxima anual, y media mínima anual; los topográficos, altitud, pendiente, y orientaciones; y los edáficos, caliza activa, textura, contenido en materia orgánica y pH. La información climática proviene del Atlas Climático de Aragón (López *et al.*, 2007) en formato ráster a una resolución espacial de 100 m. La información edáfica se obtuvo mediante un total de 1.060 tomas de muestras en suelo arable a profundidades de entre 10 y 40 cm en zonas distribuidas por todo el territorio oscense, 434 de ellos aportados por la Diputación Provincial de Huesca, y 626 por el Laboratorio Agroambiental del

Gobierno de Aragón. Las capas de: componentes texturales del suelo, caliza activa, y materia orgánica, se obtuvieron mediante la interpolación de la información contenida en los puntos correspondientes a los muestreos mediante Kriging Ordinario. La información topográfica sobre la altitud se obtuvo del MDE a 100 m de resolución espacial del Sistema de Información Territorial de Aragón (SITAR *sitar.aragon.es*), y de allí se derivaron los productos de pendientes y orientaciones mediante la herramienta *Spatial Analyst* de ArcMap 10.2. Toda la información sobre las variables necesarias para el desarrollo de la trufa en el territorio se integró en un SIG con el fin de analizarlas desde un punto de vista espacial adaptadas al área de estudio.

Evaluación multicriterio

Para modelizar espacialmente el hábitat potencial de la especie se siguió un modelo cartográfico de evaluación multicriterio (EMC) (Figura 3) (Romero, 1993; Barredo y Bosque, 1999; Malczewski, 1999; Gómez y Barredo, 2005). Se trata de un método de decisión en el que, junto con un SIG, los criterios (condicionantes y limitantes) se trabajan mediante variables ambientales adecuadamente reclasificadas y ponderadas. Las alternativas o variables utilizadas son definidas geográficamente en el sentido en el que los resultados del análisis dependen de su distribución espacial original (Malczewski, 1999). El grupo de agentes intervinientes en esta parte del

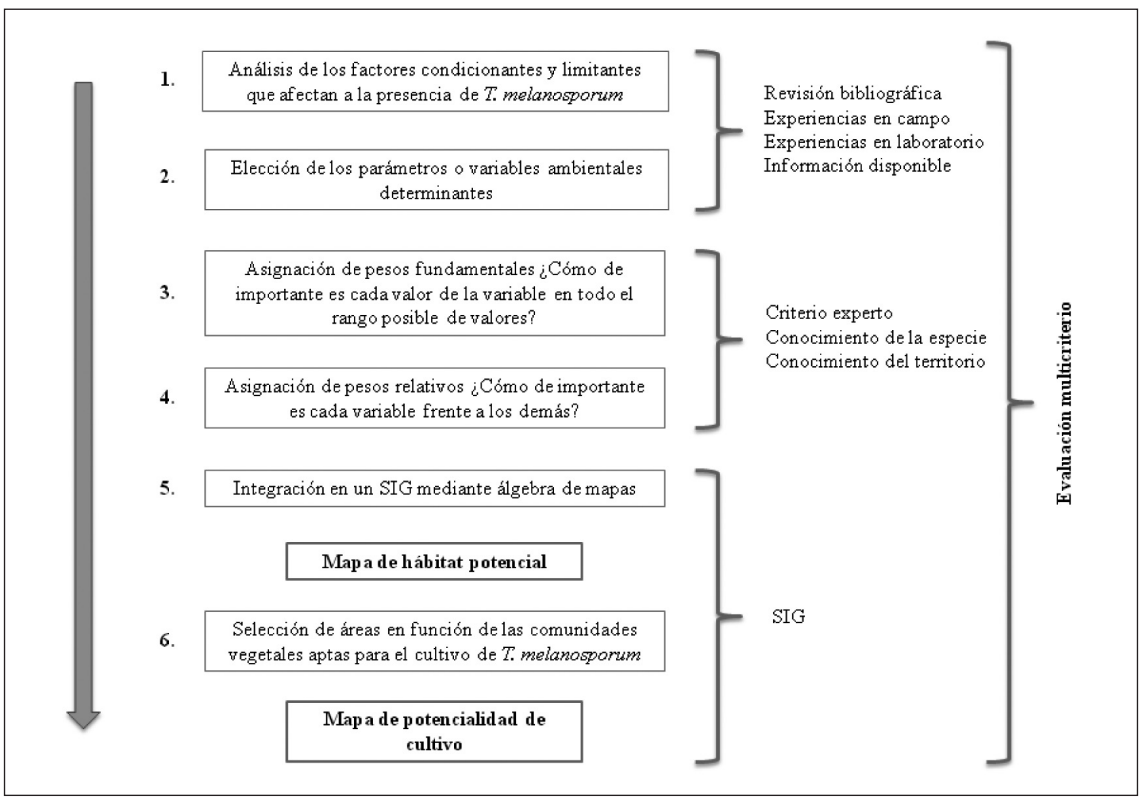


Figura 3. Fases y métodos en el proceso de obtención de las cartografías finales mediante evaluación multicriterio.
Figure 3. Methods and stages in map creation process by multi-criteria evaluation.

proceso estuvo formado por expertos de varios ámbitos: el equipo de truficultura del Gobierno de Aragón (compuesto por biólogos, ingenieros de montes, ingenieros agrónomos, y geógrafos), además se tomaron opiniones de miembros de las asociaciones de truficultores de Aragón (en la provincia de Huesca), y de manera puntual de expertos en alguno de los ámbitos de la truficultura. En total se consultaron a más de 20 personas conocedoras del tema.

Se utilizaron doce variables o parámetros diferentes como determinantes de la producción de la trufa negra (descritos en el apartado 3.1 "Exigencias Ambientales"). Se considera que cada una de las variables posee un valor diferente en la determinación de la capacidad para la producción de trufa, lo que se denominó aptitud trufera.

Los parámetros utilizados responden a las exigencias ambientales enumeradas anteriormente, sin embargo, es necesario expresar en términos cuantitativos la importancia relativa de cada uno de los elementos para la posible presencia de la especie en cada lugar específico. La cuestión de asignar valores operables a los criterios utilizados ha sido discutida ampliamente (Barba y Pomerol, 1997; Gómez y Barredo, 2005; Colinas *et al.*, 2007), y supone la intervención humana en casi todos los métodos utilizados. En general, la valoración debería estar basada en trabajos previos, clasificaciones establecidas para ciertas variables, análisis de los acontecimientos previos en el área de estudio, y otras fuentes que permitan llegar a una asignación sólida y justificada de los valores ordinales para las clases de cada criterio establecido (Gómez y Barredo, 2005). Para conseguir este objetivo se determinó su contribución en la realización de los mapas con dos ponderaciones o asignaciones de pesos relativos. La primera es una propiedad intrínseca a cada parámetro que está relacionada con los requerimientos correspondientes de esta variable en la producción natural de trufa negra, es decir la importancia relativa de ese valor concreto respecto a la presencia/ausencia de carpóforos de *T. melanosporum* en un paraje dado. La segunda está relacionada con el peso que tiene cada parámetro frente a los otros, es decir el peso relativo.

En este trabajo se utilizó el método de asignación directa, en el que se otorgan valores a cada criterio en función de su importancia para la presencia de la especie, siempre en base a la bibliografía existente y a la propia experiencia adquirida en los muestreos de campo. La falta de un criterio común o preestablecido por los investigadores y expertos en la materia es debido a la complejidad de la distribución de una especie tan escasa, y a la gran variabilidad de los parámetros observados en experiencias previas. Sin embargo, se considera que pueden existir unos parámetros estándar que pueden llegar a dar resultados, aunque no definitivos, si suficientes y útiles, y son los que se han utilizado en el presente trabajo.

Para establecer el rango de aptitud de cada parámetro en las capas del mapa final se hizo una revisión bibliográfica (Reyna *et al.*, 2003; Colinas *et al.*, 2007; Igor *et al.*, 2010; Olivier *et al.*, 2012) para adaptarlas a la realidad territorial de la provincia de Huesca. De esta manera, en la primera ponderación, se asignaron diferentes pesos a cada uno de los parámetros, estandarizándolos a su vez a una escala de 0 a 1 para que fueran comparables entre sí y poder operar matemáticamente con ellos. Esta ponderación es básica para encontrar las localizaciones óptimas del hábitat de la trufa, por lo que se realizó bajo los criterios ecológicos de la planta, que por otra parte son los requerimientos para su presencia.

Cuando se definieron los rangos de aptitud (Tablas 1, 2 y 3) se procedió a la priorización de los parámetros escogidos para la realización del mapa definitivo de aptitud trufera. Así, las altitudes por encima de 1.500 metros

Tabla 1. Párametros del grupo climático evualuados y su ponderación en función de su importancia para la presencia de *T. melanosporum*
Table 1. Climatic group evaluated parameters and their weighting in function of their importance to T. melanosporum *presence*

Parámetro	Rango de valores	Ponderación
Precipitación total (PTOT)	<400 mm	0
	400-600 mm	0,8
	600-900 mm	1
	900-1.500 mm	0,7
	>1.500 mm	0
Precipitación estival (PVER)	< 50 mm	0,1
	50-75 mm	0,7
	75-185 mm	1
	185-250 mm	0,5
	>250 mm	0,1
Temperatura media anual (TMED)	<8ºC	0
	8-10ºC	0,8
	10-15ºC	1
	15-18ºC	0,7
	>18ºC	0
Temperatura media máxima anual (TMAX)	<17ºC	0,7
	17-24ºC	1
	>24ºC	0
Temperatura media mínima anual (TMIN)	<1ºC	0
	1-8ºC	1
	>8ºC	0,4

actúan como un factor limitante, ya que es poco probable la presencia de masas continuas de simbiontes de la trufa a esta altitud en esta latitud, así como en las pendientes superiores al 60%. Con una precipitación total anual por debajo de 400 mm y por encima de 1.500 mm también es improbable que aparezca la trufa negra, igual que con precipitaciones en verano inferiores a 50 mm o superiores a 250 mm. También las temperaturas pueden limitar el crecimiento, especialmente si de media anual está por debajo de los 8ºC o por encima de los 18ºC, y más específicamente si las temperaturas más frías del año se dan por debajo de 1ºC y las más cálidas por encima de 24ºC de media. Ade-

Tabla 2. Párametros evaluados en el grupo topográfico y su ponderación en función de su importancia para la presencia de *T. melanosporum*
Table 2. Topographic group evaluated parameters and their weighting in function of their importance to T. melanosporum *presence*

Parámetro	Rango de valores	Ponderación
Altitud (ALT)	< 200 m	0
	200-400 mm	0,2
	400-600 mm	0,8
	600-1.000 mm	1
	1.000-1.200 mm	0,8
	1.200-1.500 mm	0,2
	>1.500 mm	0
Pendiente (PEND)	0-5%	0,5
	5-15%	1
	15-30%	0,8
	30-60%	0,5
	>60%	0,2
ORI[1]	(S,SE,SO) >600m	1
	(S,SE,SO) <600m	0,5
	(N,NE.NO) >600m	0,5
	(N,NE.NO) <600m	1
	(E,O)	0,8

[1] combinación de orientación y altitud: S: sur; SE: sureste; SO: suroeste; N: norte; NE: noreste; NO: noroeste; E: este; O: oeste.

más, los factores edáficos también restringen buena parte del rango de valores previsible. Por una parte, el pH por debajo de 7,5 parece poco aceptable, aunque algún autor rebaja este dato a 7,2 (Estrada, 1987) o 7 (Estrada y Alcántara, 1990), así como el porcentaje de caliza activa por encima del 30%. Aunque el parámetro más relevante en truficultura referente al calcio es el Ca intercambiable, es un parámetro indicativo de las necesidades de este elemento por la trufa negra. (Colinas *et al.*, 2007). El contenido en materia orgánica no es limitante, considerándose valores recomendables del 1 al 8% con un óptimo situado entre el 3 y 6% (Colinas *et al.*, 2007), a diferencia de la textura del suelo, la cual es excluyente con una presencia elevada de arcillas, limos, o arenas en una proporción dominante de cualquiera de ellas.

La asignación de los pesos (columna "Ponderación" en las Tablas 1 a 3) se realizó en función de la importancia que tienen los pará-

Tabla 3. Párametros evaluados en el grupo edáfico y su ponderación en función de su importancia para la presencia de *T. melanosporum*
Table 3. Edaphic group evaluated parameters and their weighting in function of their importance to T. melanosporum *presence*

Parámetro	Rango de valores	Ponderación
Caliza activa (CAL)	<0,1%	0
	0,1-30%	1
	>30%	0
Textura (TEX)	TEX1*	1
	TEX2**	0,5
	TEX3***	0
Materia orgánica (MAT)	<2%	0,8
	2-10%	1
	>10%	0,5
pH (PH)	<7,5	0
	7,5-8,5	1
	>8,5	0

* Franca; Franco-arcillosa-arenosa; Franco-arenosa; ** Arcillo-arenosa; Franco-arcillosa-limosa; Franco-arcillosa; Franco-limosa; Arenosa-francosa; *** Arcillosa; Limosa; Arcillo-limosa; Arenosa; Areno-franca.

metros ambientales cuando adoptan valores que no son limitantes para la presencia de la especie. Por ejemplo, en la precipitación diversos autores coinciden en cuanto a valores medios óptimos, estableciendo la anual entre 600-900 mm y la estival en torno a 75-185 mm (Oliach *et al.*, 2005; Sáez y De Miguel, 2008). Además existe una fuerte correlación entre pluviometría estival y producción de trufas (Ricard, 2003). Es por eso por lo que se asignaron valores correlativamente menores a medida que se alejan del óptimo establecido en otros trabajos. Para cada grupo de factores considerados se obtuvo un mapa de potencialidad (topográfica, climática, y edáfica).

La segunda ponderación se realizó según los parámetros que requiere la especie y según la adaptación al espacio sobre el que se quiere aplicar para obtener el mapa de hábitat potencial. En este trabajo se ponderaron 12 parámetros (Tabla 4) considerados determinantes para la producción de trufa negra. Otros autores han valorado un número diferente de variables, así Colinas *et al.* (2007) valoran 8, coincidentes con los propuestos en el presente trabajo. De esta manera se ponderó cada variable ambiental en función de la importancia que puede tener para el mapa de valoración final, y se sumaron todas ellas teniendo en cuenta sus pesos respecto al total.

Tabla 4. Valores asignados a cada parámetro en la ponderación final
Table 4. Values assigned to the parameters in the final weighting

	Ponderación	
Parámetro	De 0 a 1	Sobre el total
Altitud (ALT)	0,75	10,20%
ORI[1]	0,3	4,08%
Pendiente (PEND)	0,4	5,44%
Temperatura media anual (TMED)	0,4	5,44%
Temperatura media máxima anual (TMAX)	0,5	6,80%
Temperatura media mínima anual (TMIN)	0,4	5,44%
Precipitación total (PTOT)	0,6	8,16%
Precipitación estival (PVER)	0,85	11,56%
Textura (TEX)	0,75	10,20%
pH (PH)	1	13,61%
Caliza activa (CAL)	1	13,61%
Materia orgánica (MAT)	0,4	5,44%

[1] Combinación de orientación y altitud.

En función de las ponderaciones asignadas a cada parámetro, se estableció una suma ponderada [1]

$$\overline{MF} = \frac{\sum_{i=1}^{n} v_i w_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i} \quad [1]$$

donde $\overline{MF}$ es el valor en el mapa final, calculado a partir del sumatorio de cada parámetro (v_i) por su peso específico (w_i), dividido entre la suma de todos los pesos asignados.

La suma ponderada se resolvió en un SIG mediante álgebra de mapas [2]

```
((ALT*0.102)+(ORI*0.0408)+(PEND*0.0544)+(TMED*0.0544)+(TMAX*0.068)
+(TMIN*0.0544)+(PTOT*0.0816)+(PVER*0.1156)+(TEX*0.102)+(PH*0.1361)
+(CAL*0.1361)+(MAT*0.0544))/(0.102+0.0408+0.0544+0.0544+0.068+0.0544+
0.0816+0.1156+0.102+0.1361+0.1361+0.0544)
```

[2]

El análisis de sensibilidad de este método es dirigido, y está representado por las ponderaciones que se otorgan a cada variable en función de la importancia global que tienen para el desarrollo de la especie (determinado por las experiencias anteriores y trabajos desarrollados en otros lugares).

El mapa obtenido de esta forma se contrastó con una cartografía de hábitats originales para obtener como objetivo final el mapa de distribución de la potencialidad del cultivo de la trufa negra en la provincia de Huesca.

Una vez obtenido el mapa final de potencialidad de hábitat, se seleccionaron aquellas zonas que se consideran aptas para el cultivo en función de la vegetación presente. Es decir, eliminando del mapa de hábitat los bosques de árboles ectomicorrícicos, los cuales, siguiendo a Reyna *et al*. (2006) y a De Miguel *et al*. (2014) no suponen un precedente de uso del suelo adecuado para este cultivo independientemente de que se trate de masas productoras de trufa negra. Aceptando que los límites los marca la escala de trabajo (1:250.000), la extracción se realizó a partir de las categorías del Mapa Forestal de España 1:50.000 (MFE50) (Ministerio de Medio Ambiente) utilizando comunidades vegetales de coníferas, frondosas, encinares, enebrales, robledales y sabinares, principalmente. La superficie total supuso un 30% aproximadamente respecto al mapa de hábitat potencial.

Con la consecución del mapa de distribución potencial del cultivo no se pretende determinar las zonas en las que puede o no puede darse el cultivo de *T. melanosporum* en función de una simple categorización de usos del suelo, sino que se aporta una visión más específica del mapa de hábitat potencial de la especie a través de las experiencias en el entorno.

Validación

Es importante destacar que los modelos de validación están diseñados para los modelos de presencia-ausencia de especies (en este caso no se dispone de una información bien distribuida de presencias y ausencias en la zona de estudio, por eso se ha optado por otra metodología). El método aplicado en este trabajo permite la obtención de una cartografía del nicho potencial de *T. melanosporum*, el cual se ha resuelto mediante un método mecanicista en el que se han utilizado datos fisiológicos, estableciendo una relación causal entre la distribución de la especie y las variables que la determinan, independientemente de los registros de las especies en el territorio (Kearney y Porter, 2004 y 2009).

Aunque se espera que todos los métodos incluyan las presencias dentro de las zonas aptas, la realidad es que no todos los individuos ocupan los hábitats óptimos, ya que existen poblaciones en zonas marginales que luchan por sobrevivir en peores condiciones que los que se encuentran en el óptimo zonificado por las variables ambientales que las determinan. Está probado que es posible la aparición de especies en hábitats no adecuados para ella (Pulliam, 2000).

La única manera de evaluar la validez del método aplicado es la de superponer las 76 presencias disponibles de *T. melanosporum* en la provincia, provenientes del inventario de plantaciones de trufa negra del CITA con el mapa de hábitats resultante.

Para fortalecer la validación, se han integrado las mismas variables y presencias en un software de modelización de hábitats (ModEco) con el fin de obtener un gráfico ROC (que represente los verdaderos y falsos posi-

tivos en función de los puntos integrados en el modelo). La replicación del proceso con ModEco se realizó con las mismas variables y con el modelo Bioclim (Beaumont *et al.*, 2005) reservando un 20% de los puntos como validación. Este modelo determina teóricamente los límites probables de la distribución de la especie a través de variables ambientales similares. El área bajo la curva ROC (AUC) indica, para un punto de presencia y uno aleatorio seleccionados al azar, la probabilidad de que el valor de idoneidad previsto por el modelo para el punto de presencia sea mayor que el previsto para el punto aleatorio. Es una medida directa de la capacidad de discriminación del modelo, que toma valores próximos a 1 cuando existe un buen ajuste con los datos de evaluación, y cercanos a 0,5 cuando el ajuste no es mejor que el obtenido por azar (Benito y Peñas, 2007).

Resultados

La potencialidad climática (Figura 4.i) de la provincia de Huesca es muy buena en general, las zonas ocupadas por el Somontano Pirenaico y las Sierras Exteriores son las que obtuvieron mayor valoración principalmente por la distribución de las precipitaciones a lo largo del año, y por sus temperaturas, que no suelen alcanzar valores muy altos (por encima de 24ºC de media máxima anual invalida la aptitud general del territorio). La distribución espacial de la valoración refleja la transición desde el clima mediterráneo húmedo de la zona sur del Somontano pirenaico hasta la influencia del clima de montaña en las zonas bajas de las Sierras Exteriores.

El mapa de aptitud edáfica (Figura 4.ii) muestra en general una aptitud buena para la presencia de la especie en todo el territorio no li-

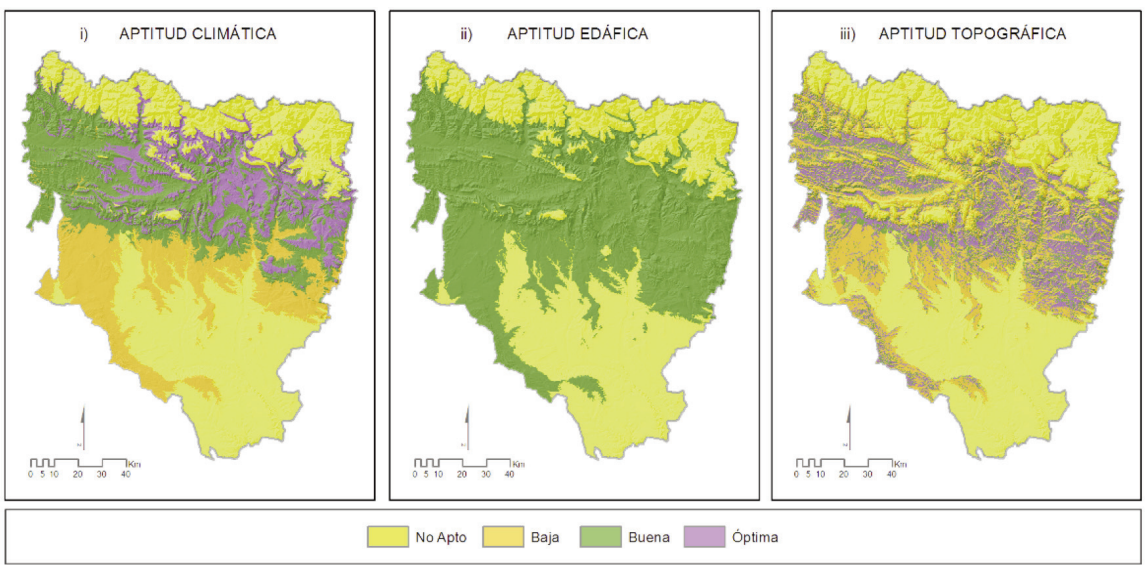


Figura 4. Potencialidad climática, edáfica y topográfica.
Figure 4. Climatic, edaphic and topographic potentiality.

mitado por otros factores. Tanto el pH como la caliza activa y la materia orgánica se encuentran en valores adecuados (entre 0,1 y 30 la caliza activa y entre 2 y 10 la materia orgánica), quizá tan solo la textura del suelo pueda modificar de manera local la aptitud de cada suelo.

La aptitud topográfica (Figura 4.iii) se muestra muy diversa, reflejando la heterogeneidad de la orografía oscense. En general en todas las zonas se observan valoraciones óptimas, matizadas por las orientaciones principalmente. Se eliminaron aquellas zonas por encima de 1.500 m y por debajo de 200 m, lo que extrae del cálculo a gran parte del territorio.

En los tres mapas se observa una extensión en la mitad oeste del territorio que obtiene mejor valoración que el resto del sur de la provincia. Se debe por un lado a que se trata de una zona ligeramente más elevada que su entorno, con una combinación de orientaciones y altitudes favorable para la presencia de la trufa. Además, la Sierra de Alcubierre (ubicada al suroeste del área de estudio) dispone de las condiciones edáficas y climáticas aptas para la especie, junto con una masa forestal combinada con regiones de cultivo en secano, por lo que se configura como una región aceptable en cuanto a potencialidad de hábitat de la trufa negra se refiere.

El mapa final de hábitat potencial de la trufa negra (Figura 5.i) muestra en general una aptitud buena en todo el territorio no res-

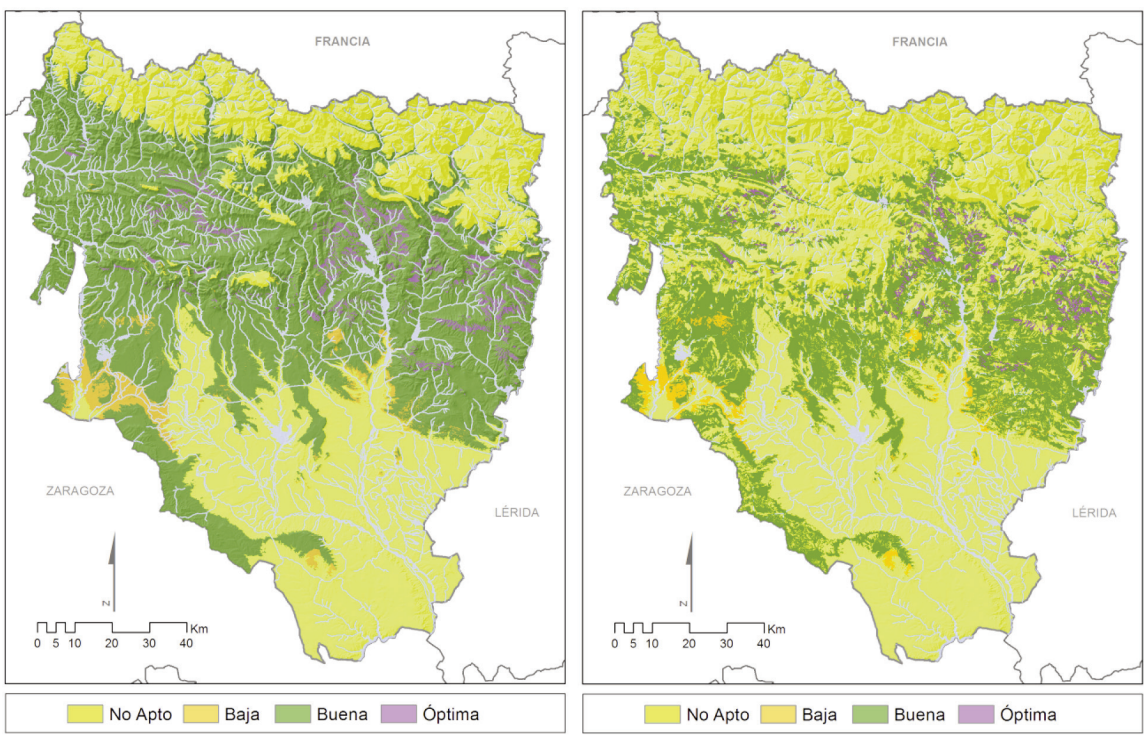


Figura 5. Mapa de hábitat potencial de la trufa negra (i) y Mapa de distribución de la potencialidad del cultivo (ii) en la provincia de Huesca.
Figure 5. Potential habitat map of black truffle (i) and cultivation potentiality map (ii) in Huesca province.

tringido por las variables ambientales desde un principio. La ponderación final de cada uno de los parámetros ambientales utilizados produce un mapa que en absoluto es la media aritmética de los tres anteriormente mostrados (climático, edáfico y topográfico), sino que se trata de una modelización bastante cercana a la realidad de las zonas potenciales en las que la especie *T. melanosporum* es capaz de crecer en condiciones naturales.

En general, se muestra un territorio en el que se eliminan aquellas zonas demasiado elevadas y demasiado bajas topográficamente. La zona central de la provincia produce valores de aptitud buena (Figura 5.i) extendiéndose al ya mencionado apéndice occidental hasta la Sierra de Alcubierre. La matización de las zonas óptimas está principalmente en las orientaciones sur por encima de los 600 m.s.n.m., y se concentran en el espacio ocupado por el Somontano oriental de Barbastro, en la zona de Graus y el límite con Cataluña; más al norte en el entorno del embalse de Mediano; y en el oeste en los alrededores de Sabiñánigo y la cara norte del puerto del Monrepós, donde ya hay un cambio de la vegetación mediterránea desde la Hoya de Huesca hacia una de carácter más atlántico propia de las Sierras Exteriores. Las zonas No Aptas ocupan 668.518 hectáreas (42,72%) en toda la provincia, las de categoría Baja 816.465,6 ha (52,18%), las de valoración Buena 36.776,1 ha (2,35%), y las zonas óptimas 42.904,2 ha (2,75%).

El mapa de distribución potencial del cultivo (Figura 5.ii) presenta mucha menos superficie (un 72,4% menos que la original) cubierta por zonas aptas para el cultivo. Este mapa muestra de manera más específica cuáles serían las zonas adecuadas en las que podría darse el cultivo de *T. melanosporum*. En esta nueva cartografía más detallada se muestran, previsiblemente, las zonas con mayor aptitud para el cultivo, sirviendo como modelo de gestión (No apta 71,03%, Baja 1,38%, Buena 25,97%, Óptima 1,62%, respecto a la superficie total del área de estudio).

La validación (Figura 6) indica que todas las observaciones se corresponden con áreas consideradas dentro del hábitat potencial según el modelo, estando la mayoría de ellas (94,3%) en zonas consideradas Buenas, y una pequeña parte (5,3%) en zonas Óptimas. En el mapa de potencialidad de cultivo un 68,4% de los puntos se corresponden con zonas Buenas, un 5,3% en zonas Óptimas, y un 26,3% aparecen en zonas No Aptas lindando con zonas de distribución marginal.

Los resultados muestran un valor de AUC (Área Bajo la Curva) de 0,86. Este valor indica, para un punto de presencia y uno aleatorio seleccionados al azar, la probabilidad de que el valor de idoneidad previsto por el modelo para el punto de presencia sea mayor que el previsto para el punto aleatorio. La robustez del modelo viene determinada por la obtención de valores superiores a 0,85 (Marmion *et al*., 2009).

Discusión y conclusiones

La trufa negra es una especie con unos requerimientos ambientales muy específicos. La metodología de EMC aplicada es idónea para este tipo de modelización, ya que no existe un modelo general aplicable a la especie, sino que los parámetros ambientales utilizados han de adaptarse a cada territorio. Otros autores han utilizado metodologías basadas en la información multivariante para estimar la probabilidad de la aparición de la trufa negra en el territorio según las propiedades existentes en el suelo (Castrignanò *et al.*, 2000). Aún teniendo en cuenta los rangos generales de cada variable en los que se mueve la especie, es importante tener un conocimiento profundo del territorio, ya que es el que mostrará las aptitudes de cada parte del mismo. Por tanto es necesaria una intervención humana en los procesos de decisión, especialmente en la asignación de pesos a cada parámetro utilizado. Establecer un modelo

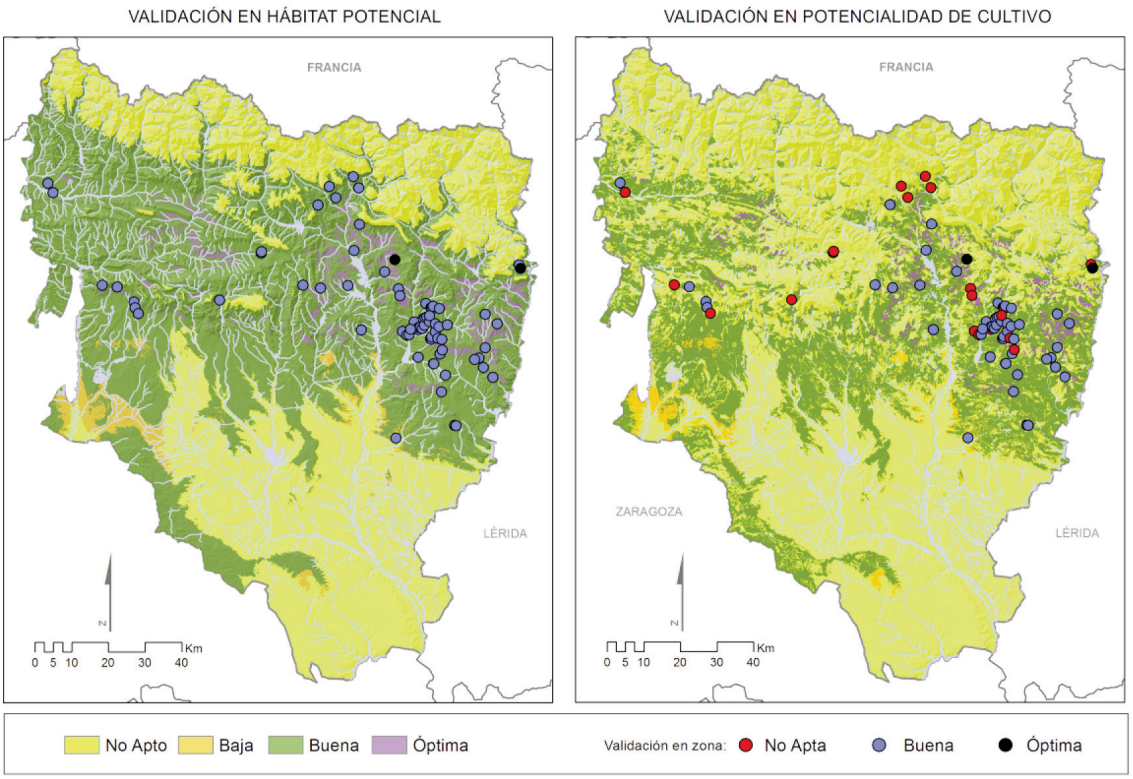


Figura 6. Ubicación de los puntos de cultivo actual en los mapas de hábitat potencial y potencialidad de cultivo.
Figure 6. Location of current crops in potential habitat map and cultivation potentiality map.

de hábitat para regiones tan amplias como la provincia de Huesca, e incluso de mayor tamaño, requiere de la laxitud de los condicionantes de presencia, esto es, hay que establecer rangos de valores en cada parámetro que se adapten a la escala de trabajo, y a los datos disponibles en el momento de elaborar el modelo.

Aragón es una región conocida por su producción trufera desde mediados del siglo pasado. La recolección profesional en truferas silvestres es una práctica habitual realizada por agricultores de la Comunidad Autónoma. La información recogida entre estos cazadores de trufa referente a las zonas o Comarcas con producción de trufa silvestre es la que ha llevado a considerar un sistema de validación de este mapa de aptitud para el cultivo de la trufa. Esta consideración junto con la experiencia derivada de la implantación de más de 1.000 ha de truferas cultivadas en zonas inicialmente apropiadas para el cultivo de este hongo en la provincia de Huesca, indica el grado de acierto de los resultados de esta cartografía con la realidad tal y como se indica en el apartado de validación. Aunque la resolución final ha sido de 100 metros, los resultados no intentan transmitir una definición de tal alcance para el territorio, pero sí que sirven para matizar determinadas zonas de aptitud óptima que se encuentran en

zonas de borde de los límites de distribución de los parámetros de aptitud, especialmente en zonas de cambios orográficos bruscos.

La ventaja de desarrollar un modelo de distribución de hábitat para una zona concreta del territorio es que para estudiar una posible evolución del mismo solamente es necesario modificar los valores de los parámetros que lo integran. Hoy en día, las únicas variables que tienen la capacidad de ser predichas con un margen de confianza significativo son las climáticas. Las predicciones anunciadas por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático – IPCC (IPCC, 2013) muestran tendencias de incremento de temperaturas y con ellas cambios importantes en las precipitaciones a escala regional, variando según las zonas. En este sentido algunos autores ya apuntan a la alteración de la distribución geográfica de algunas especies de trufa como la de verano (*Tuber aestivum* Vittad.) (Splivallo *et al.*, 2012). Parece lógico pensar que estos cambios en los hábitats de la trufa negra se van a producir y de hecho se están produciendo, por lo que es importante obtener modelos regionales para las especies que permitan estudiar cómo evolucionarán las zonas óptimas en el futuro, lo que facilitará en gran medida la gestión. No obstante, la incertidumbre de los modelos climáticos a futuro, unida a la incertidumbre propia de los modelos de distribución de hábitats desarrollados con cualquier método disponible, hacen que la previsión de cambio en las zonas de distribución sea muy incierta y requiera de estudios más amplios y con buenos datos de partida.

La combinación de las variables ambientales que condicionan y limitan la aparición de la trufa negra (*T. melanosporum*) en el territorio, en su dimensión espacial, produce una cartografía de distribución del hábitat potencial de la especie que muestra, a diferentes niveles, cuales son las zonas con mayor o menor aptitud.

Los resultados obtenidos muestran que:

- La combinación de los métodos de evaluación multicriterio EMC a través de las herramientas SIG son las más idóneas tanto por su facilidad de uso como por su versatilidad a la hora de manejar un conjunto de variables ambientales.
- Los parámetros ambientales que se introducen en el modelo han de ser todos aquellos que sean capaces de explicar la presencia/ausencia de la especie en el territorio. La asignación de los pesos de cada uno de ellos ha de hacerse en función de criterios rigurosos con la realidad, y en relación al área de estudio trabajada.
- La cartografía resultante en la provincia de Huesca muestra la aproximación a una distribución potencial de la trufa negra, calificando diferentes zonas en función de sus aptitudes naturales para la posible aparición de la especie.

Bibliografía

Aguirre JL, Díaz G, Bustamante B, Canales M, Aparicio A, Talabante C, Larrán A (2009). Estudio de la potencialidad de la truficultura en las comarcas de Molina de Aragón-Alto Tajo y Serranía de Cuenca. Universidad de Alcalá. 55 p.

Alonso-Ponce R, Águeda B, Ágreda T, Modrego MP, Aldea J, Martínez-Peña F (2010). Un modelo de potencialidad climática para la trufa negra (*Tuber melanosporum*) en Teruel (España). Forest Systems 19(2): 208-220.

Barba S, Pomerol J CH (1997). Decisiones multicriterio. Fundamentos teóricos y utilización práctica. Alcalá de Henares. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Alcalá. 420 p.

Barredo JI, Bosque J (1999). Multicriteria evaluation methods for ordinal data in a GIS environment. Geographical Systems 5, 313-327.

Beaumont LJ, Hughes L, Pulsen M (2005). Predicting species distributions: use of climatic parameters in BIOCLIM and its impact on predictions of species' current and future distributions. Ecological Modelling 186, 250-269.

Benito B, Peñas J (2007). Aplicacion de modelos de distribucion de especies a la conservacion de la biodiversidad en el sureste de la Peninsula Iberica. GeoFocus 7: 100-119.

Castrignanò A, Goovaerts P, Lulli L, Bragato G (2000). A Geostatistical approach to estimate probability of occurence of *Tuber melanosporum* in relation to some soil properties. Geoderma 98, 95-113.

Chandioux O, Moundy P-J, Diette S, (2006). Cartographie du potentiel de production de truffes en milieu naturel. Mise au point d'une méthode adaptée a la foret privée du mont Ventoux. Revue Forestière Française LXI · 629-642.

Colinas C, Capdevila JM, Oliach D, Fischer CR, Bonet JA (2007). Mapa de aptitud para el cultivo de la trufa negra (*Tuber melanosporum* Vitt.) en Cataluña. Centro tecnológico forestal de Cataluña. Solsona. 134 p.

De Miguel AM, Águeda B, Sánchez S, Parladé J (2014). Ectomycorrhizal fungus diversity and community structure with natural and cultivated truffle hosts: applying lessons learned to future truffle culture. Mycorrhiza 24 (Suppl. 1): S5-S18.

Domínguez JA, López C, Rodríguez JA, Saiz JA (2003). Caracterización de rodales truferos en la Comunidad Valenciana. Ecología 17, 181-190.

Estrada JM (1987). La trufa y la realidad de su cultivo. El cultivo racional de la trufa. El Cultivador moderno 809, 62-65.

Estrada JM, Alcántara C (1990). La tòfona. Ed. Servicio de Extensión Agraria del Departamento de Agricultura, Ganadería y Pesca. Generalitat de Catalunya, Barcelona, 26 p.

García-Barreda S, Reyna S, Pérez-Badía R, Rodríguez-Barreal JA (2012). Ecología de la trufa y las áreas truferas. Cap. 5. Truficultura. Fundamentos y técnicas. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, 153-208.

Gómez M, Barredo JI (2005). Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio Ed. RA-MA, Madrid.

Gómez E, Martín M, Sánchez S, Betorz G, Puig-Pey M, Barriuso J (2013). Evolution of black truffle culture in the province of Huesca (Spain). En 1st International Congress of Trufficulture Tuber 2013, Teruel (España), 5-8 Marzo.

González-Aramada B. (2009). Delimitación de áreas de producción potencial de trufa negra (*Tuber melanosporum* Vitt.) en Navarra mediante GIS. Proyecto fin de carrera. Universidad Pública de Navarra. 157 p.

Hall IR, Brown GT, Zambonelli A, (2008). Taming the truffle. The History, Lore, and Science of the Ultimate Mushroom. Timber Press. Portland, Oregon EE. UU. 303 p.

Honrubia M, Fernández A, Moya D, González A, de las Heras J (2006). Potencialidad de la trufa negra (*Tuber nigrum* Bull.) en la provincia de Albacete. Montes 83, 35-40.

Igor B, Matteo G, Paolo R (2010). Carte di attitudine dei suoli ai tartufi in Piemonte metodologie e risultati. Atti 3er Congresso Internazionale de Spoleto sul Tartufo Spoleto 2008: 227-239.

IPCC (2013). Climate Change (2013). The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Eds. Stocker TF, Qin D, Plattner GK, Tignor M, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V, Midgley P). Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, EE. UU. 1535 p.

Kearney M, Porter WP (2004). Mapping the fundamental niche: physiology, climate, and the distribution of a nocturnal lizard. Ecology 85, 3119-3131.

Kearney M, Porter WP (2009). Mechanistic niche modelling: combining physiological and spatial data to predict species ranges. Ecology Letters 12, 334-350.

López F, Cabrera M, Cuadrat JM (2007). Atlas Climático de Aragón. Departamento de Medio Ambiente. Gobierno de Aragón. 222 p.

Malczewski J (1999). GIS and multicriteria decision analysis. Nueva York, J. Wiley, 392 p.

Marmion M, Parviainen M, Luoto M, Heikkinen RK, Thuilier W. (2009). Evaluation of consensus methods in predictive species distribution modelling. Diversity and Distribution 15: 59-69.

Oliach D, Bonet JA, Fischer CR, Olivera A, Martínez de Aragón J, Suz LM, Colinas C (2005). Guia tecnica para el cultivo de trufa negra (*Tuber melanosporum* Vitt.). Ed. Centre Tecnologic Forestal de Catalunya. 30 p.

Olivier JM, Savignac JC, Sourzat P (2012). Truffe et Trufficulture. Ed. FANLAC, Périgueux, France. 398 p.

Pulliam HR (2000). On the relationship between niche and distribution. Ecology Letters 3, 349: 361.

Reyna S, de Miguel A, Palazón C, Hernández A, de Román M (2003). Truffle cultivation in Spain: state of the art and future prospects. 3rd International Workshop on Edible and Mycorrhizal Mushrooms, University of Victoria, British Columbia, Canada.

Reyna S, García-Barreda S, Folch L (2006). Influencia del uso del suelo sobre el potencial de inóculo ectomicorrícico y la competitividad de las ectomicorrizas de *Tuber melanosporum:* evaluación mediante bioensayos en invernadero. Investigación Agraria: Sistemas Recursos Forestales 15(3): 308-320.

Reyna S (2012). Truficultura. Fundamentos y técnicas. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, 720 p.

Reyna S, García-Barreda S (2014). Black truffle cultivation: a global reality. Forest Systems 23(2): 317-328.

Ricard JM (2003). La truffe. Guide technique de trufficulture. Ed. Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes, París, 268 p.

Rodríguez JR, Acedo C, Marabel M, Álvarez MF (2008). Localización mediante SIG de zonas potencialmente truferas en la provincia de León. Uned. Espacio, Tiempo y Forma. Serie VI, Nueva época. Geografía, nº 1, 83-91.

Romero C (1993). Teoría de la Decisión Multicriterio: Conceptos, Técnicas, y Aplicaciones. Madrid. Alianza.

Sáez R, de Miguel AM (2008). La trufa. Guía de truficultura, ITGA-Universidad de Navarra, Pamplona, 132 p.

Splivallo R, Rittersma R, Valdez N, Chevalier G, Molinier V, Wipf D, Karlovsky P (2012). Is climate change altering the geographic distribution of truffles? Frontiers in Ecology and the Environment 10(9): 461-462.

(Aceptado para publicación el 24 de octubre de 2014)

Estudio sobre la calidad de los registros genealógicos de la raza Assaf en España

M.A. Jiménez y J.J. Jurado

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

Resumen

Se ha analizado la calidad de los registros genealógicos y la evolución que ha experimentado el programa de selección de la raza Assaf con la incorporación de las técnicas de ADN y la asignación de parentescos empleando datos de la valoración genética correspondiente al año 2013. Se ha usado la fecha de nacimiento, sexo, y genealogía conocida incluida en la base de datos de la raza (335.302 animales registrados). También se han utilizado los datos de microsatélites para contrastar las asignaciones de paternidad de los registros genealógicos originales. Finalmente, se han analizado los resultados obtenidos en la valoración genética (metodología BLUP) para el carácter producción de leche tipificada a 150 días de tres situaciones diferentes (paternidades procedentes, exclusivamente, de los machos de Inseminación Artificial, paternidad procedente de los machos de Inseminación y de los certificados por ADN, y genealogía certificada solo por ADN). Los resultados muestran que se ha producido una evolución ascendente del número de animales con genealogía conocida y certificada por ADN (más del 90% de los padres y en torno al 50% de las madres declaradas). Cuando se ha utilizado la genealogía certificada por ADN se ha valorado un mayor número de animales, y se ha incrementado la fiabilidad con que se han estimado los valores genéticos. En esta raza, la asignación de parentescos por ADN ha propiciado la existencia de un Libro Genealógico más completo y fiable desde un punto de vista genético.

Palabras clave: Ovino de leche, asignación de parentescos, ADN, Libro Genealógico.

Abstract
Study of quality of pedigree from Assaf breed in Spain

Data from the genetic evaluation of the Assaf breed in Spain corresponding to year 2013 have been used to analyze the quality of genealogical records and the program selection evolution with the addition of DNA techniques and assignment of relationships. Data of the date of birth, sex and known pedigree included in the historic data breed (335.302 animals registered) has been used as well as microsatellite data to test paternity assignments of original genealogical records. Finally, the results of genetic evaluation (BLUP methodology) from the value of 150d standardized milk yield in three different situations have been analyzed (paternity from only Artificial Insemination rams, paternity from Artificial Insemination and DNA certified rams, and paternity from only DNA certified pedigree). The results showed an increase in the number of animals with known and DNA certified parents (over 90% of sires and around 50% of dams registered). When certified DNA genealogy was used a large number of animals have been evaluated and the reliability of estimated breeding values has increased. In this breed, the DNA assignment of parental relationship has led to obtain a more complete and reliable herdbook from a genetic point of view.

Key words: Dairy sheep, assignment of parental relationship, DNA, herdbook.

* Autor para correspondencia: hernando@inia.es
http://dx.doi.org/10.12706/itea.2015.016

Introducción

Un libro genealógico en razas de animales domésticos permite asegurar y certificar la pertenencia de animales a una raza determinada. Es un instrumento mediante el cual se pretende conservar, a lo largo del tiempo, una serie de características morfológicas concretas y garantizar el cumplimiento del prototipo racial al que pertenecen. La "carta genealógica" emitida certifica que un animal es de una raza determinada y esto tiene un indudable valor económico. La veracidad y el rigor de las genealogías mantenidas por el libro genealógico, es pues, esencial para la existencia de una raza.

El 22 de marzo de 2005 se aprueba el Reglamento del libro genealógico de la raza ovina Assaf en España. En el año 2006 se abre el libro genealógico, sección fundacional, y se registran los efectivos de los rebaños que lo solicitan. Posteriormente, el 14 de julio de 2010 se aprueba la nueva reglamentación específica del libro genealógico de la raza (RD 2129/2008, de 26 de diciembre). La Asociación Nacional de Criadores de ganado ovino de raza Assaf (ASSAF.E) es la entidad reconocida por el Ministerio de Agricultura para la gestión de dicho libro.

La raza Assaf tiene un programa de selección basado en el incremento de la producción de leche y mejora de la calidad de la misma (MARM, 2011a). Este programa utiliza la valoración genética de los animales sometidos a control lechero y la información genealógica disponible para llevar a cabo la selección. La metodología empleada es la conocida como BLUP modelo animal con medidas repetidas (Jurado *et al.*, 1991), donde se asumen conocidas, sin error, las producciones de los animales, la genealogía completa y los parámetros genéticos. Cualquier error, tanto en el control de producciones como en los registros genealógicos, se traduce en un error en la valoración genética de los animales, y en última instancia, en su selección como reproductor de la siguiente generación. La genealogía empleada en este proceso incluye todos los registros genealógicos acumulados a lo largo de los años en la base de datos de la asociación, parte de los cuales (191.257 animales según datos del año 2013) están registrados en el libro genealógico de la raza.

Tradicionalmente se ha asegurado la paternidad de un animal a través de las montas dirigidas y se ha identificado a las madres a través de los partes de nacimiento de los ganaderos. Con el uso de la inseminación artificial (IA) mejora el control de la paternidad ya que se inseminan hembras con dosis de un único macho. Sin embargo, ambos procedimientos no están exentos de errores. En los últimos años se han desarrollado metodologías relacionadas con la genética molecular y se han empleado marcadores genéticos tipo microsatélite que permiten la asignación de parentescos con un alto porcentaje de seguridad, mediante un análisis rápido y empleando poca cantidad de material biológico (Bouzada *et al.*, 2006; Lozano *et al.*, 2008). Gracias a estas nuevas técnicas, los libros genealógicos han ganado en fiabilidad a la vez que se ha facilitado la labor de las explotaciones al no necesitar hacer lotes de cubrición (Jurado *et al.*, 2013).

En la actualidad, ASSAF.E mantiene un convenio de colaboración con el Laboratorio de Genética Molecular de Xenética Fontao para la asignación/exclusión de parentesco de animales inscritos en el libro genealógico de la raza. Estas pruebas de certificación se basan en el análisis de marcadores de ADN (microsatélites) seleccionados de la lista de marcadores propuesta por la ISAG (Sociedad Internacional para la Genética Animal) y la FAO para la caracterización genética en la especie ovina. En un principio, la asignación de parentescos surgió como consecuencia de los errores encontrados al realizar pruebas de filiación a los machos que entraban nuevos en el centro de IA. Según la normativa actual

de la Asociación, es obligatorio hacer pruebas de parentesco al 100% de los animales de la explotación para todo socio que entra nuevo en el programa de selección, y a toda la reposición para el resto de las explotaciones. Aunque inicialmente estos análisis han sido subvencionados en gran medida a través de distintas ayudas oficiales, hoy en día es el propio ganadero el que asume el total de los costes. En otras razas ovinas lecheras españolas (Churra, Latxa y Machega) también se considera la comprobación de la filiación a través del uso de marcadores genéticos, como mínimo de los machos que se incorporan a los centros de selección, y en algunos casos, de un porcentaje variable de las madres asignadas en los partes de nacimiento (MARM, 2010 y 2011b,c), con el objetivo final, al igual que en la raza Assaf, de garantizar la fiabilidad de los registros de sus libros genealógicos. Según los resultados publicados en el año 2013 en la raza Manchega (AGRAMA, 2013), las pruebas de filiación se han incrementado en los últimos años a pesar del coste económico que supone para el ganadero, repercutiendo de forma positiva en el progreso genético obtenido.

El objetivo de este trabajo es analizar la calidad de los registros genealógicos empleados en la valoración genética de la raza Assaf, y la evolución que ha experimentado el programa de selección con la incorporación de las técnicas de ADN y la asignación de parentescos. Una cuestión importante a considerar en los programas de selección genética de las razas de ganado ovino y caprino es la posibilidad de disponer de un sistema preciso de identificación de animales así como de una correcta asignación de relaciones de parentesco, dado el habitual sistema de manejo practicado en estas especies (en las explotaciones todavía es común el uso de montas naturales no controladas).

Material y métodos

Para realizar este estudio se han utilizado los datos registrados en la base de datos de la raza acumulados hasta la primera mitad del año 2013 (355.302 animales registrados, pertenecientes a 218 rebaños distintos y años de nacimiento comprendidos entre los años 1990 y 2013). Es la información genealógica utilizada para la elaboración del 6º Catálogo Nacional de reproductores de la raza, publicado en septiembre de 2013 (Jurado y Jiménez, 2013b).

Se ha usado la información de la fecha de nacimiento, genealogía (padre y/o madre conocida y/o certificada por ADN), sexo, y datos de un total de 19 microsatélites por individuo (datos proporcionados por Xenética Fontao, correspondientes a 168.223 animales). Los registros genealógicos se basan, inicialmente, en la información materna y paterna de los corderos nacidos en cada paridera. Posteriormente, y tras los análisis de ADN, se certifica la paternidad/maternidad de los animales distinguiendo entre animales con padre y/o madre certificada, y animales con genealogía no certificada. Con esta información, se ha calculado el porcentaje de padres y madres conocidos (distinguiendo entre genealogía certificada por ADN o no), así como su evolución en función del año de nacimiento de los animales.

Con el fin de contrastar las asignaciones de paternidad de los registros genealógicos originales, se han elaborado unos programas informáticos denominados genéricamente EXCLUSION[1]. A partir de los microsatélites de cada animal y los de los padres/madres declarados, se realiza una comparación individuo a individuo. Se consideran dos tipos de comparación: simple, donde se comprueba si un macho/hembra propuesto como progenitor es compatible con los microsatélites del

1. Estos programas están disponibles previa petición a los autores.

individuo; doble, donde se comprueba si un macho y una hembra propuestos como padres de un individuo son compatibles por sus microsatélites. Los parámetros considerados en la comparación de los microsatélites han sido los siguientes: 10 alelos como número mínimo de alelos incluyentes (coincidentes), 0 alelos excluyentes (no coincidentes) y 10 alelos como máximo número de alelos no informativos. Una vez que se verifica que el padre/madre propuestos son compatibles con el individuo se certifica el parentesco. Se ha analizado la calidad de la información registrada en la base de datos de la raza, comparando la certificación original con la obtenida a través del programa EXCLUSION y se han estudiado las causas de las diferencias o errores encontrados.

Finalmente, se ha estudiado el efecto que la incorporación de la certificación por ADN de los progenitores ha tenido sobre los resultados de la valoración genética. Para ello se han considerado tres situaciones:

1. IA: Genealogía en la que solo se consideran como padres válidos los machos procedentes de la IA (asignados en función de la existencia de un intervalo de días adecuado entre la fecha de cubrición y la fecha de parto de las hembras (138-154 días)). Las madres son las declaradas por el ganadero (certificadas en algunos casos).

2. IA+ADN: Genealogía en la que se admite la paternidad que procede de los machos certificados por ADN además de la de los machos de IA (como en el caso anterior). De igual forma que en el caso 1, las madres son las declaradas por el ganadero (esta es la situación que actualmente se contempla en el programa de mejora de la raza Assaf).

3. ADN: Genealogía en la que solo se consideran válidos los padres y/o madres certificados por ADN.

En todos los casos, se ha usado el mismo número de datos productivos y el carácter valorado ha sido la producción de leche tipificada en 150 días de lactación (PT150). Se ha realizado la valoración genética de los animales (metodología BLUP) en cada una de las situaciones y los resultados se han comparado en función de diversos criterios: proporción de individuos valorados genéticamente, fiabilidad o precisión con la que se estiman los valores, estima de componentes de varianza usando el programa VCE 6.0. (Neumaier y Groeneveld, 1998; Groeneveld *et al.*, 2008) y cálculo de correlaciones estadísticas (Pearson y Spearman) entre los valores genéticos estimados y la ordenación de los animales comunes a las tres opciones analizadas.

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se recoge la información registrada en la base de datos genealógicos de la raza Assaf (confirmada y no confirmada por ADN), y en la Figura 1 se muestra la evolución del número de animales con progenitores (padre y madre) desconocidos, conocidos y certificados por ADN en función del año de nacimiento. Del total de animales registrados hasta el momento del estudio,

Tabla 1. Información relacionada con los registros genealógicos de la raza Assaf (Genealogía confirmada y no confirmada por ADN)
Table 1. Information related to Assaf breed pedigree (Certified and not certified pedigree by DNA)

	N	%
Padre y madre desconocido	192.344	54,14
Padre y madre conocido	81.881	23,05
Padre conocido	25.169	7,08
Madre conocida	55.908	15,74

N: número de animales.

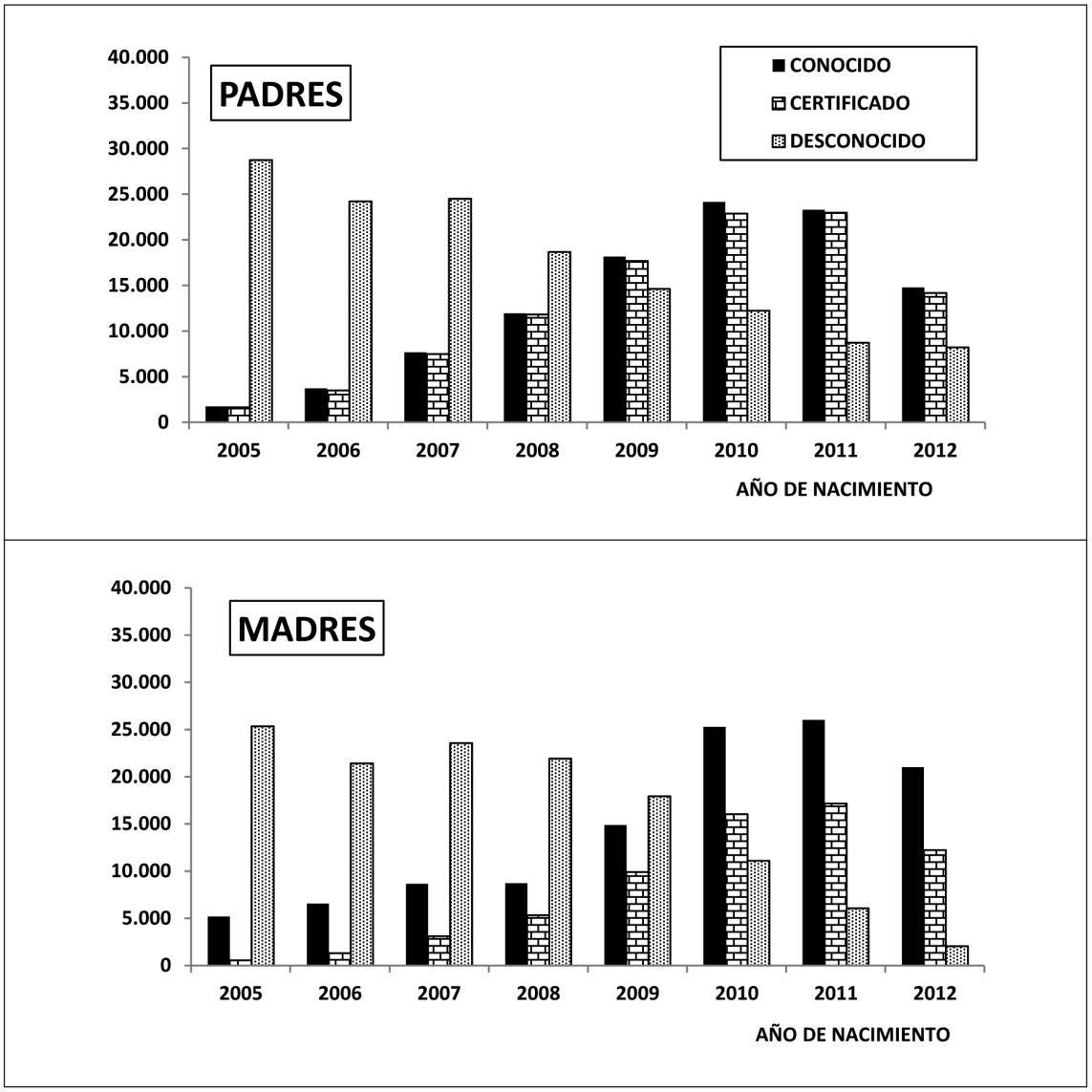


Figura 1. Evolución del número de animales con parentales conocidos y certificados por ADN.
Figure 1. Evolution of the number of animals with known and certified DNA parents.

aproximadamente el 46% de los mismos cuentan con algún parental conocido (Tabla 1). Los datos incluyen padres y/o madres certificadas por los análisis de ADN, y parentales no confirmados, bien por tratarse de datos antiguos previos a la incorporación de las técnicas de ADN, bien porque se trata de animales en los que no se ha podido establecer la certificación.

Tal y como se observa en la Figura 1, se ha producido una evolución ascendente, tanto a nivel padres como madres, de animales con ge-

nealogía conocida, especialmente a partir del año 2007. De igual forma, el porcentaje de parentales desconocidos ha disminuido con el año de nacimiento (36% padres y 9% madres desconocidas en el año 2012 frente a porcentajes superiores al 90% en los primeros años). Con relación a la certificación de la genealogía es destacable el hecho de que, en el caso de los padres, más del 90% de los animales cuentan con padre conocido y certificado por ADN en cada uno de los años de nacimiento estudiados. La certificación a nivel de las madres, aunque inferior comparada con los padres, evoluciona positivamente hasta alcanzar niveles próximos al 65-70% en los años finales.

Certificación de las genealogías

En la Tabla 2 se recogen los resultados observados al estudiar la asignación de parentescos original de la raza. El porcentaje de animales con genealogía conocida y certificada por ADN es alto en el caso de los padres (más del 90%) y algo inferior en el caso de las madres (48%). En los inicios del programa de selección genética de la raza Assaf las únicas paternidades admitidas eran las que procedían de los machos de IA. Es a partir del año 2006 cuando se empiezan a realizar pruebas de ADN para confirmar la paternidad de los machos, especialmente de los de monta na-

Tabla 2. Resultados de la asignación de parentescos original de la base de datos y del programa EXCLUSION
Table 2. Results from original assignment of relationship data and from EXCLUSION program

	Base de datos original		Programa exclusión	
	n	%	n	%
Animales con padre				
Conocido	107.050		107.050	
Certificado (ADN)	103.245	96,4	102.513	95,8
Excluido[1]	–		437	
Certificación no resuelta[2]	–		4.100	
Animales con madre				
Conocida	137.789		137.789	
Certificada (ADN)	66.387	48,2	70.631	51,3
Excluido[1]	–		2.510	
Certificación no resuelta[2]	–		64.648	

[1]En la comparación de los microsatélites de la pareja animal-parental no se cumplen los requisitos establecidos; [2]No se ha podido hacer la comparación por desconocer el listado de microsatélites de alguno de los individuos.

tural. En el primer catálogo nacional de reproductores (Jurado *et al.*, 2009) se valoran por primera vez machos certificados por ADN, un total de 845 frente a los de IA (215). En el catálogo publicado en septiembre de 2013 (Jurado y Jiménez, 2013b) se han valorado más de 4.000 machos destacando el alto porcentaje de machos de monta natural valorados gracias a la certificación por ADN.

El porcentaje de madres certificadas es menor debido, en gran medida, al menor número de estudios de análisis de filiación realizados en esta vía, especialmente los primeros años (según la base de datos original del laboratorio de genética molecular, el 55% de los animales analizados presentan dato de madre no presentada o no analizada frente al 28% en el caso de los padres). Por otro lado y puesto que los análisis de ADN se inician en años posteriores, existe un porcentaje de animales (individuos y madres) que carecen de la información necesaria para poder establecer la asignación de parentescos basándose en el uso de estas técnicas.

En los últimos años, dada la obligación de los socios de hacer pruebas de parentesco a toda la reposición, el número de análisis realizados y el porcentaje de madres certificadas se ha ido incrementando llegando hasta valores próximos al 70%. Estos resultados resultan similares a los obtenidos en la raza Manchega (AGRAMA, 2013) en los que el porcentaje de confirmación de las hembras analizadas se sitúa en torno al 80%, habiéndose incrementado el número de análisis realizados cada año.

Al comparar la base de datos original con los resultados obtenidos en el programa EXCLUSION, se han encontrado diferencias en cuanto al porcentaje de padres y madres certificados por ADN (Tabla 2). En el caso de los padres, este porcentaje de diferencia (0,6%) se debe, principalmente, a los parámetros iniciales considerados en el programa, a errores encontrados en el listado de microsatélites de algunos individuos (animales repetidos con datos distintos y eliminados antes de realizar los cálculos) y al desconocimiento del listado de microsatélites de algunos animales (certificación no resuelta). En cualquier caso, son porcentajes muy bajos, confirmándose la calidad de los registros genealógicos de la raza Assaf en cuanto a la veracidad de la información contenida en la base de datos original.

Los resultados obtenidos al comparar los datos de las madres indican un mayor porcentaje de confirmación cuando se ha usado el programa EXCLUSION frente a los valores contenidos en la base de datos original (una diferencia del 3,1%, siendo animales que se pueden certificar). De igual forma que en el caso de los padres, también existen animales con madre conocida y no confirmada por el programa (Excluidas), así como certificaciones no resueltas (no se ha podido hacer la comparación por desconocer el listado de microsatélites, bien del animal, bien de la madre propuesta).

Valoración Genética

Por último, se ha estudiado el efecto que la incorporación de los análisis de ADN y la asignación de parentescos ha tenido sobre el programa de selección de la raza. En la Tabla 3 se describen los datos relacionados con la valoración genética de las tres opciones estudiadas en las que, únicamente, ha variado la información genealógica disponible, y en la Tabla 4 se recogen los resultados obtenidos en la estimación de los componentes de varianza. La genealogía original es similar en cuanto al número total de animales registrados y variable en cuanto al número de padres y madres conocidos. Posteriormente, durante el proceso de valoración genética, se eliminan animales sin información disponible (no son padres, ni madres y no cuentan con dato de producción), dando lugar a un número distinto de animales valorados genéticamente (en torno a los 231.000 animales en los tres casos).

Tabla 3. Datos empleados en la valoración genética de los animales en tres situaciones distintas[1]
Table 3. Data used in Genetic evaluation of animals in three different situations

	Datos productivos (n) 584.701	Animales con dato (n) 227.917	PT150 (kg)[2] 294,81
Genealogía	IA (n)	IA+ADN (n)	ADN (n)
Animales valorados	230.947	234.646	233.477
Padres	369	4.049 (370 IA)	3.901 (223 IA)
Descendientes	10.661	72.468	68.560
Madres	56.912	57.250	27.688
Descendientes	86.814	88.323	42.273

[1]IA: Inseminación Artificial; ADN: parentescos confirmados por ADN; [2]Producción media de leche tipificada en 150 días de lactación.

Tabla 4. Componentes de varianza y parámetros genéticos del carácter producción de leche tipificada en 150 días de lactación (kg) según la procedencia de las paternidades[1]
Table 4. Variance components and genetic parameters of value of 150d standardized milk yield (kg) by IA and DNA certified parents

	Procedencia de las paternidades		
	IA	IA + ADN	ADN
Var(u)	1.562,83	1.708,37	1.750,19
Var(c)	1.775,51	1.640,69	1.582,57
Var(e)	5308,05	5.303,45	5.301,46
Var(p)	8.646,39	8.652,50	8.634,23
h^2	0,181 (0,004)	0,195 (0,003)	0,207 (0,004)
c^2	0,203 (0,004)	0,189 (0,003)	0,183 (0,004)
r	0,386	0,387	0,386

[1]IA: Inseminación Artificial; ADN: parentescos confirmados por ADN; Var: componentes de varianza; h^2: heredabilidad; c^2: efecto ambiental permanente; r: repetibilidad.

La comparación de los resultados obtenidos se ha realizado teniendo en cuenta, en primer lugar, el número de animales valorados genéticamente y los parámetros genéticos estimados. Destaca la opción IA como la situación en la que se valoran genéticamente el menor número de machos frente a las otras dos opciones (unos 4.000 machos valorados, aproximadamente). También es destacable la opción ADN, en la que se valora el menor número de madres. La certificación por ADN permite valorar genéticamente, tanto a los

machos del centro de IA como a los machos de monta natural. La valoración genética de éstos últimos supone una mejor reposición de los reproductores en la propia ganadería, un mejor control de la consanguinidad de la población, la detección de machos buenos de las explotaciones y la posibilidad de seleccionar entre un mayor número de animales a los futuros candidatos del centro de IA. Aunque no se han encontrado grandes diferencias en la estimación de los componentes de varianza (Tabla 4), cuando se ha usado la información derivada de la certificación por ADN se han obtenido mejores estimas de la heredabilidad, influyendo sobre la calidad con la que se predicen los valores genéticos. También se observa un intervalo más amplio en el rango de predicción del valor genético de los sementales (en las opciones que incluyen ADN el rango oscila entre +213 y -104 frente a la opción IA con un intervalo menor, +186 y -93). El proceso selectivo del esquema a lo largo de los años, ha propiciado una variabilidad genética menor de los sementales de IA fruto, probablemente, de su historial selectivo. Sin embargo, la certificación por ADN ha supuesto una ampliación de esta variabilidad genética al aumentar el número de machos entre los que realizar la selección (mayor número de machos valorados).

En segundo lugar se ha tomado como referencia el parámetro fiabilidad de la valoración genética y la relación que existe entre los valores genéticos de sementales y ovejas en cada una de las opciones estudiadas. Se ha calculado la fiabilidad media de los sementales y de las ovejas valoradas y se han comparado los valores genéticos estimados utilizando la correlación estadística de Pearson y la correlación de rango de Spearman (Tabla 5).

Aunque las diferencias entre las diversas comparaciones realizadas no resultan elevadas, la opción que aporta mayor cantidad de infor-

Tabla 5. Comparación de la valoración genética
Table 5. Genetic evaluation comparison

Genealogía	IA + ADN				IA	
Confirmación de parentesco	ADN		IA		ADN	
Sexo[1]	M	H	M	H	M	H
N[2]	3.901	229.546	369	230.578	222	229.532
Correlación						
Pearson	0,98	0,99	0,95	0,96	0,87	0,95
Spearman	0,98	0,99	0,95	0,99	0,86	0,98
FIB[3] (%)						
IA+ADN	63,7	53,2	73,3	53,1		
ADN	62,5	51,5			72,7	51,5
IA			70,0	50,6	72,5	50,7

[1]M: Sementales; H: ovejas; [2]Número de observaciones comparables. Número de animales que figuran en las dos genealogías que se comparan; [3]Fiabilidad media de la valoración genética; IA: Inseminación Artificial; ADN: parentescos confirmados por ADN.

mación genealógica (IA+ADN) presenta las fiabilidades medias de la valoración genética más altas (entre un 63-73% para los sementales, y el 53% para las ovejas). Esto es especialmente importante en el caso concreto de los sementales, a los que se les exige un porcentaje de fiabilidad superior al 60% para ser declarado macho probado. Para el conjunto de sementales valorados y comunes a las tres opciones (unos 200 machos), el porcentaje de machos probados más elevado ha sido del 55% en la opción IA+ADN frente al 51% y el 47% de las otras opciones. Disponer de una información genealógica más completa supone un beneficio para la futura selección de los sementales de la población.

Con relación al cálculo de las correlaciones, en general se observan valores altos, por encima del 90%, indicativo de que el uso de una u otra información genealógica no alteran sustancialmente ni la predicción de los valores genéticos ni la ordenación de los animales en función de su valoración genética. Sin embargo, las valores más altos corresponden a las opciones que incluyen mayor información genealógica (IA+ADN con ADN, con valores próximos al 98% y 99% para la valoración genética de machos y hembras, respectivamente).

Tal y como se ha comentado anteriormente, una de las grandes ventajas del uso de la genealogía certificada por ADN radica en garantizar la fiabilidad de los registros del libro genealógico. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, las opciones que incluyen la certificación de padres y madres por ADN aportan una mayor fiabilidad al proceso de valoración genética, encontrándose la mayor cantidad de información disponible y los valores de fiabilidad más altos en la opción IA+ADN.

Aunque en los primeros años la asignación de parentescos mediante la certificación por ADN ha sido más explotada en la vía paterna frente a la materna, en los últimos años, la certificación de las madres está adquiriendo mayor importancia, ya que la obligación de realizar pruebas de filiación a todos los efectivos del rebaño incluye a los reproductores de ambos sexos. Actualmente se certifica la maternidad de todos los corderos que se dejan para la reposición, dado que se han encontrado porcentajes de error relativamente altos (10% de media según datos de la Asociación) entre la asignación de madres que hace el ganadero y la certificación mediante el uso del análisis del ADN. Aunque el ganadero asume el coste total de estas pruebas, la rentabilidad de esta inversión viene dada por el incremento de la producción anual asociado a la mejora genética. Según la metodología de descomposición del valor fenotípico de la lactación en partes atribuibles al manejo y al genotipo (Jurado y Jiménez, 2013a) el aumento de producción experimentado entre el año 2011 y 2012 se debe entre un 40% y 45% a la mejora genética, siendo las opciones que incluyen la certificación de los animales las que cuentan con los valores más altos.

Conclusiones

La base de datos de registros genealógicos de la raza Assaf cuenta con un alto porcentaje de genealogía certificada gracias a las técnicas de ADN.

El uso de las técnicas moleculares en la asignación de parentales resulta especialmente importante en los últimos años. Como consecuencia de estas actividades, el programa de selección genética de la raza cuenta con un libro genealógico mucho más completo y fiable desde un punto de vista genético.

La certificación por ADN ha permitido la obtención de la valoración genética de un alto número de machos de las explotaciones (machos de monta natural) ampliando el número de animales a seleccionar como candidatos a futuros sementales del centro de IA.

La asignación de parentescos, también ha facilitado a los ganaderos la reposición del rebaño seleccionando animales genéticamente valorados con mayor fiabilidad al disponer de la filiación paterna y/o materna confirmada por ADN.

Según los resultados obtenidos, podría alegarse que la certificación de animales no ha supuesto un cambio radical para el programa de mejora de la raza, pero hay que tener en cuenta que una genealogía fiable es imprescindible para la conservación de la misma.

En la especie ovina y en contra de lo experimentado hasta ahora, es posible poner en marcha un sistema eficaz de asignación de relaciones de parentescos que garantice la fiabilidad de los registros del libro genealógico, tal y como han hecho los ganaderos de la raza Assaf.

Agradecimientos

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

Bibliografía

AGRAMA (2013). Memoria del programa de mejora de la raza ovina Manchega durante el año 2013. Disponible en: http://www.agrama.org/documentos/MEMORIA%20ESROM%202013%20%2B%20ANEXOS.pdf

Bouzada JA, Portela C, Prado C, Areán H, Fernández M, Fernández A, Viana JL (2006). Control Genealógico en las especies ovina y caprina mediante análisis de marcados microsatélite de ADN. Libro de Actas del XIV Congreso Internacional de la Federación Mediterránea de Sanidad y Producción de Rumiantes, 12-15 julio 2006, Lugo- Santiago de Compostela, España, pp. 256-263.

Groeneveld E, Kovac M, Mielenz N (2008). VCE User's Guide and Reference Manual version 6.0. November 2008.

Jurado JJ, Hernández D, Serrano M (1991). Catálogo de software de interés en agricultura. Fundesco, IRYDA, MAPA, programa 248 BLUP-AM, 142 p.

Jurado JJ, Jiménez MA, Serrano M (2009). 1º Catálogo nacional de reproductores de la raza ovina Assaf española.

Jurado JJ, Jiménez MA (2013a). Descomposición de la producción de leche de ovejas de raza Assaf en partes atribuibles al manejo y al genotipo. Una herramienta práctica. Información Técnica Económica Agraria (ITEA)109 (3): 331-344.

Jurado JJ, Jiménez MA (2013b). 6º Catálogo nacional de reproductores de la raza ovina Assaf española.

Jurado JJ, Jiménez MA, Serrano M (2013). Una nueva herramienta en la mejora genética del ganado ovino: la selección genómica. Tierras Ovino Nº 6: 126-130.

Lozano JM, Bouzada JA, Maya MR, Ossorio B, Trigo A, Estévez M, Anadón E, Mayoral T, Gómez-Tejedor C (2008). Control Genealógico en la especie ovina mediante análisis de marcadores microsatélite de ADN. Libro de Actas de las XXXIII Jornadas de la SEOC÷ , 24-27 septiembre 2008, Almería, España, pp. 571-576.

MARM (2010). Programa de Mejora de la raza ovina Churra. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, 32 pp.

MARM (2011a). Programa de Mejora de la Raza ovina Assaf. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, 28 p.

MARM (2011b). Programa de Mejora de las razas ovinas Latxa y Carranzana. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, 28 p.

MARM (2011c). Programa de Mejora de la Raza ovina Manchega. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, 55 p.

Neumaier A, Groeneveld E (1998). Restricted Maximum Likelihood Estimation Of Covariances in Sparse Linear Models. Genetics Selection. Evolution. 30: 3-26.

(Aceptado para publicación el 10 de noviembre de 2014)

Consumo eléctrico diario en granjas de vacuno lechero

D.J. Bartolomé[1,2], M.J. Tabernero de Paz[1], R. Posado[1], S. Olmedo[1], J.J. García[1] y R. Bodas[1,*]

[1] Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León-Subdirección de Investigación y Tecnología. Consejería de Agricultura y Ganadería. Junta de Castilla y León. Carretera de Carbajosa S/N-Bajo. 37008 Salamanca (España)

[2] Dirección actual: Instituto Europeo de Cultura Agroambiental (www.inocua.es)

Resumen

Con el objetivo de estudiar la distribución del consumo eléctrico a lo largo del día en explotaciones de ganado vacuno lechero con diferente sistema de ordeño (espina de pescado, paralelo, automático (robot), rotativo, circuito de ordeño y tándem), se llevaron a cabo auditorías energéticas en 61 explotaciones de Castilla y León (74 ± 8,4 vacas, 2.284 ± 265,2 l/día y 29,3 ± 0,91 l/vaca y día). Se registró información sobre el tipo de explotación y sala de ordeño, producción de leche, número de animales en lactación, horarios, equipos asociados a la producción y detalles de la factura eléctrica. Asimismo, se midió el consumo de electricidad mediante la utilización de analizadores de red situados a la entrada de las explotaciones. Se calcularon los índices de utilización de la electricidad por vaca y por litro de leche producido, el consumo medio para cada hora del día y para cada día. Aunque el consumo eléctrico fue muy variable a lo largo del día, la mayoría de los sistemas mostraron un pico máximo de consumo a las 8:00 h. y otro a las 20:00 h.; el pico mínimo se registró entre las 12:00 y las 18:00 h. Los sistemas de ordeño automático tuvieron un consumo diario más constante, aunque, junto con el sistema de circuito de ordeño, presentaron los mayores consumos por unidad de producción. El tiempo de funcionamiento del sistema de ordeño y del tanque, así como la potencia y dimensionado de este último son los factores de mayor importancia a considerar para optimizar el consumo eléctrico.

Palabras clave: Ordeño, leche, eficiencia, sala, tanque refrigerador, analizador de red.

Abstract
Daily electricity consumption in dairy cattle farms

In order to study the distribution of electricity consumption throughout the day, 61 dairy cattle farms in Castille and León (74 ± 8,4 cows, 2.284 ± 265,2 l/day y 29,3 ± 0,91 l/cow and day) using different milking systems (herringbone, parallel, automatic milking system –AMS–, rotary, round the shed and tandem) were audited for the energy consumption. Information on the type of farm and milking system, milk production, number of lactating animals, schedules… was recorded. Moreover, electricity consumption was measured using network analyzers located at the entrance of the farm. Electricity usage rates per litre of milk yielded or milking cow and hourly average consumption were calculated. Although electricity consumption was highly variable throughout the day, most of the systems showed a maximum peak at 8:00 am and another at 8:00 pm; the minimum peak occurred between 12:00 am and 6:00

* Autor para correspondencia: bodrodra@itacyl.es

http://dx.doi.org/10.12706/itea.2015.017

pm. Automatic milking systems have a constant electricity consumption throughout the day; however, this system together with round the shed system, have the highest consumption per cow. The time that milking system is running together with the capacity and power of cooling tank are the key factors to be considered to optimize electricity consumption.

Key words: Milking, milk, efficiency, parlour, cooling tank, power analyzer.

Introducción

El objetivo de los diferentes sistemas de ordeño es obtener, de la manera más segura y eficiente posible, leche que cumpla los máximos requisitos de calidad e higiene. El sistema elegido para el ordeño (dejando aparte los sistemas manuales) no parece tener una influencia clara sobre la cantidad o la calidad de leche obtenida de cada vaca (Wagner *et al.*, 2001). Considerando, además, que esta instalación representa la inversión más cara de aquellas relacionadas con el ordeño de los animales, la elección de uno u otro sistema dependerá de un conjunto de factores, tales como la capacidad de inversión, el número inicial de animales y las posibilidades de crecimiento, la disponibilidad de espacio y de mano de obra, etc. (Wagner e*t al.*, 2001). El tipo de sistema instalado condicionará el número de vacas ordeñadas por trabajador y hora, las necesidades de mano de obra, las rutinas de la explotación y su eficiencia energética. Así, por ejemplo, las salas de ordeño convencionales proporcionan una rutina de ordeño diaria más estructurada que los sistemas de ordeño automáticos (conocidos como robots de ordeño), donde cada vaca decide su propio intervalo entre ordeños (pudiendo ser ordeñada más de dos veces al día) y es más independiente de la mano de obra (Wagner-Storch y Palmer, 2003; Castro *et al.*, 2012). Sin embargo, la idoneidad de la instalación de un sistema de ordeño automático dependerá del tamaño del rebaño (recomendable entre 50 y 120 vacas) y del número potencial de veces que una vaca pueda ser ordeñada para mantener un nivel de producción de leche (Rotz *et al.*, 2003).

El aumento gradual en el consumo de energía en estas explotaciones de ganado vacuno lechero está motivando la búsqueda de alternativas que permitan reducir el consumo de energía para hacer la explotación energéticamente más eficiente (Upton *et al.*, 2010) y económicamente más competitiva (Murgia *et al.*, 2008). Así, el establecimiento de un sistema de ahorro, bien mediante la instalación de nuevos elementos, como por ejemplo variadores de velocidad en los motores, o bien mediante la adopción de prácticas de manejo para optimizar el uso de la energía (Bartolomé *et al.*, 2011), debe estar basado en el conocimiento de los procesos que tienen lugar en la explotación y el consumo asociado a cada uno de ellos.

Es sabido que el consumo eléctrico de los diferentes equipos varía ampliamente entre explotaciones, si bien los procesos relacionados con la obtención de la leche (bombas de vacío, sistema de ordeño, enfriamiento de la leche) representan siempre un porcentaje elevado, mientras la contribución a dicho consumo de otros procesos (como por ejemplo la iluminación) es mucho menor (Bartolomé *et al.*, 2011, 2013; Béguin *et al.*, 2008; EECA 2009; Ludington y Johnson, 2003; Murgia *et al.*, 2008; NSAC, 2011; Upton *et al.*, 2010; WDATCP, 2006). Sin embargo, aunque en la práctica y de forma tradicional se dan por sentados determinados patrones de consumo eléctrico, existe un desconocimiento de su distribución en estas explotaciones a lo largo del día, y cómo el tipo de explotación, condicionado fundamentalmente por el sistema de ordeño instalado, puede influir sobre esta distribución. Un adecuado conoci-

miento del consumo a lo largo del día permitiría a los ganaderos poder contratar una tarifa eléctrica en las condiciones más ventajosas para las características de su explotación (con o sin discriminación horaria, en función de las necesidades particulares en cada caso).

Por consiguiente, el objetivo de este trabajo fue estudiar la distribución del consumo eléctrico a lo largo del día en explotaciones de ganado vacuno lechero con diferente sistema de ordeño.

Material y métodos

Se llevaron a cabo auditorías energéticas durante el mes de mayo en 61 explotaciones de ganado vacuno lechero de Castilla y León seleccionadas aleatoriamente y en las que estuvieran presentes los sistemas de ordeño más frecuentemente utilizados: espina de pescado, paralelo, sistema de ordeño automático (robot), rotativo, circuito de ordeño (ordeño en plaza) y tándem. Las características productivas medias de las explotaciones se muestran en la Tabla 1. Salvo las explotaciones que disponían de robot de ordeño, en las demás se realizaban 2 ordeños al día (comenzando aproximadamente a las 7:45 y 19:45 h); en todas ellas la recogida de leche era diaria, a primera hora de la mañana (entre las 8:00 y las 10:00 h). Las auditorías, diseñadas conforme a lo señalado por IDAE (2010) y Murgia *et al.* (2008), se realizaron para recoger información concerniente a los siguientes aspectos: tipo de explotación (manejo y alimentación), producción de leche (litros diarios y anuales), número de animales en lactación, tipo de sala de ordeño, horario de funcionamiento y limpieza, bombas de vacío (potencia y horas de uso), tanques de frío (volumen, potencia y horas de uso) y otros equipos asociados a la producción de leche (bomba de descargue de leche, bomba de agua, termo eléctrico) y detalles de la factura eléctrica (potencia contratada, potencia demandada, tarifa, exceso de potencia, energía activa y reactiva consumida, alquiler de equipos de medida, impuestos) (Bartolomé *et al.*, 2013). Además, se midió el consumo de electricidad mediante la utilización de analizadores de red (CIR-e3, Circutor, Viladecavalls, Barcelona, España), que estuvieron colocados durante un periodo de 3,5 (± 0,31) días a la entrada de las explotaciones (para monitorizar el consumo de la sala de ordeño, el circuito y la refrigeración de la leche, descartando oficinas o viviendas anexas, calefacción o aire acondicionado), en el mes de mayo. Estos equipos registraron el valor de la potencia activa (W) consumida cada 10 minutos, calculándose a partir de estos datos el momento del día en que se producía el consumo máximo y mínimo, así como el consumo en cada hora del día.

Cálculos y análisis

A partir de las mediciones de consumo eléctrico diario y de los datos obtenidos en las auditorías, se calcularon los índices de utilización de la electricidad por vaca productora y por unidad de leche producida (Edens *et al.*, 2003; Ludington y Johnson, 2003; Murgia *et al.*, 2008). Se calculó el consumo eléctrico medio para cada hora del día y se estimó, para cada explotación, el momento del día en que se producían los picos de máxima y mínima demanda de energía. Se realizó un análisis descriptivo de los datos de consumo diario (medias, percentiles), además de una representación gráfica del consumo eléctrico en cada hora a lo largo del día. Los datos de producción de leche, número de animales en ordeño, consumo medio por vaca y por litro de leche producido se sometieron a un análisis de varianza de una vía, con el tipo de sistema de ordeño (espina de pescado, paralelo, robot, rotativa, tándem, circuito de ordeño) como fuente de variación. Se realizó un análisis de correlación múltiple entre el consumo de

Tabla 1. Características (producción de leche, vacas en ordeño, consumo de electricidad, potencia contratada) (media ± error estándar de la media) de las explotaciones estudiadas, de las 10 con mayor y con menor consumo eléctrico
Table 1. Characteristics (milk yield, milking cows, electricity consumption, contracted power) (mean ± standard error of the mean) of studied farms and the 10 farms with the highest and the 10 farms with the lowest electricity consumption

		Explotaciones con consumo eléctrico	
	Todas las explotaciones	mayor (n = 10)	menor (n = 10)
Producción media de leche			
l/año	806.053 ± 93.575	2.000.935 ± 200.395	261.614 ± 22.735
l/día	2.284 ± 265	5.673 ± 576	717 ± 62
l/vaca y día	29,3 ± 0,91	32,7 ± 0,91	25,7 ± 0,96
Nº vacas en ordeño	74 ± 8,4	1764 ± 21,3	28 ± 2,2
Consumo medio			
kWh/día	91,1 ± 11,66	258,9 ± 23,39	21,9 ± 1,84
kWh/vaca y día	1,20 ± 0,065	1,64 ± 0,244	0,85 ± 0,108
kWh/vaca y año	437 ± 23,6	599 ± 88,9	309 ± 39,4
Wh/litro producido	42,5 ± 2,52	50,4 ± 7,67	33,9 ± 4,73
Potencia contratada (kW)	18,6 ± 2,34	32,1 ± 6,08	6,6 ± 3,30
Tipos de sala de ordeño			
Espina de pescado		3	8
Paralelo		2	
Robot		2	
Rotativo		2	
Circuito de ordeño			2
Tandem		1	

electricidad y las características de utilización del tanque de frío, la bomba de vacío, la bomba de agua (caso de haberla), la potencia del termo eléctrico (caso de haberlo) y las horas dedicadas a la limpieza de la sala. Asimismo, se realizó un análisis de regresión lineal entre el consumo eléctrico medio (por día, vaca y litro de leche producido) y las características del tanque de frío y la bomba de vacío: horas de funcionamiento, potencia nominal y volumen (en el caso del tanque) nominal. Todos los análisis se realizaron utilizando el software SPSS 16.0 para Windows (IBM Corp., Nueva York, EUA).

Resultados y discusión

El consumo diario de electricidad, medido con los analizadores de red, varió considerablemente entre las 61 explotaciones analizadas, como puede verse en la Figura 1.a). El consumo del 50% de las explotaciones se situaba, aproximadamente entre los 30 (cuartil 1 = 29,5, Q1) y 130 (cuartil 3 = 133,2, Q3) kWh por explotación y día. El consumo diario de electricidad depende, entre otros factores, del número de animales en ordeño, la cantidad de leche producida, el tipo de sala, el dimensionado de los equipos, el tipo de tanque y, sobre todo, la eficiencia de los procesos de ordeño, enfriado de la leche y limpieza de la sala, como se desprende de trabajos anteriores (Bartolomé *et al.*, 2013).

Sin embargo, cuando el consumo se expresó por litro de leche producido (Figura 1.b)), la mayoría de las explotaciones se situaban en un rango más estrecho, entre los 33,3 (Q1) y 50,5 (Q3) Wh/l de leche producido al día. No obstante, dado el número de explotaciones auditadas y la diversidad de manejos, existen valores extremos, tanto por arriba como por debajo de esos límites. Este rango es ligeramente inferior al publicado por otros autores, si bien es conveniente destacar que las variaciones serán mayores cuantos más factores entren en juego (sistema de producción, de alimentación, prácticas habituales de ordeño, etc.) que, además, varían entre los diferentes países (y estudios) considerados. Por ejemplo, el consumo medio se situaba en 88 Wh/l en Canadá (NSAC, 2011), alrededor de 70 Wh/l en Francia (Béguin *et al.*, 2008) o de los 50 Wh/l en Reino Unido e Italia (Murgia *et al.*, 2008; Trimble, 2009).

La descripción de las características de las granjas con mayor y menor consumo de electricidad (Tabla 1) muestra que el mayor consumo por litro de leche producido coincide también con unos valores mayores de producción de leche total y una mayor potencia contratada.

Hay que tener en cuenta, como se recoge en la Tabla 2, que, si bien la mayoría de las explotaciones tenían salas de ordeño tipo espina de pescado, y en torno a 55 animales en ordeño, el rango en función del tipo de sistema de ordeño es muy amplio. Así, las explotaciones con circuito de ordeño, ordeñaban de media 30 animales, mientras que las que tenían salas rotativas o en tándem ordeñaban, de media, 180 animales. Consecuentemente, y en relación directa con el número de vacas ordeñadas, la producción media de leche también varía (entre los 675 litros diarios para una explotación con circuito de ordeño y los 6.200 de la explotación con sistema tándem), sin que lo haga de forma estadísticamente significativa (aunque sí numéricamente, $P>0,10$; Tabla 2) la producción de leche por vaca y día.

En términos de consumo de electricidad por vaca ordeñada y día, los sistemas en paralelo y sala rotativa son los que tendieron a mostrar los menores valores, mientras que el robot (sistema de ordeño automático) tendió a presentar el mayor consumo por vaca y día ($P<0,10$; Tabla 2). De forma análoga, el consumo de electricidad por litro de leche producido fue numéricamente menor en las salas en paralelo, rotativa y tándem, mostrando el robot de ordeño los mayores consumos y situándose las salas en espina de pescado en una posición intermedia ($P>0,10$; Tabla 2).

No obstante, el planteamiento de elección de un tipo u otro de sistema de ordeño no debe basarse únicamente en el consumo eléctrico, sino que hay otros factores de similar importancia que deber ser considerados, como el número de trabajadores con que se cuenta, el número de animales a ordeñar y el tiempo disponible para ello, la inversión inicial, la disponibilidad de espacio o los costes de mantenimiento asociados al funcionamiento del mismo, entre otros (Gutiérrez, 2009; Wagner *et al.*, 2001; Wagner-Storch y Palmer, 2003).

La distribución el consumo eléctrico diario (Wh/l) en función del sistema de ordeño se

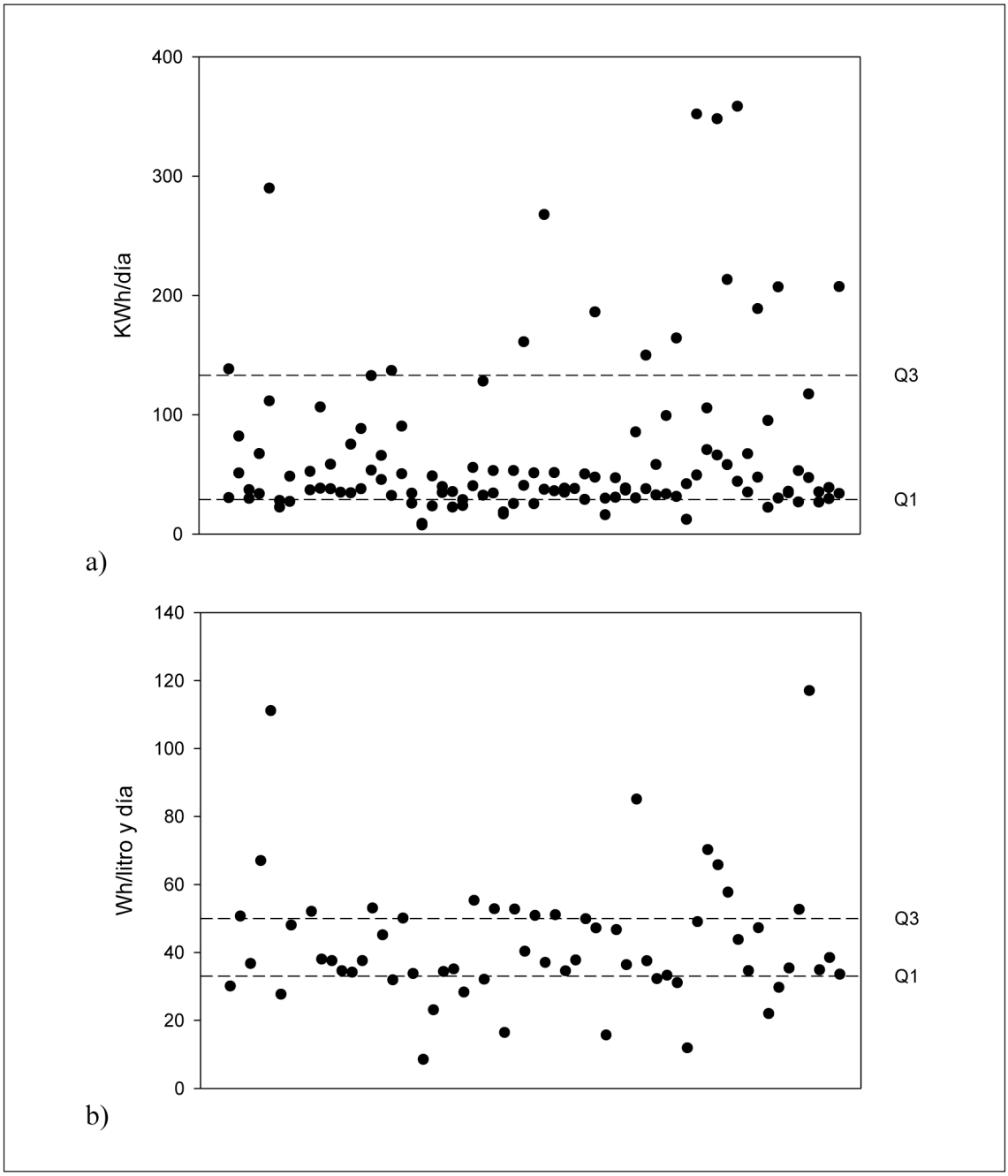


Figura 1. Dispersión del consumo total diario de electricidad por día (a)) y por litro de leche producido (b)). Cada punto representa una explotación auditada.

Figure 1. Scatter plots of total daily electricity consumption (a)) and electricity consumption per litre of milk yielded (b)). Each point represents one audited farm.

Tabla 2. Producción de leche y consumo de electricidad (media ± error estándar de la media) en función del sistema de ordeño
Table 2. Milk yield and electricity consumption (mean ± standard error or the mean) depending on the milking system

		Producción de leche		Nº vacas en ordeño	Consumo medio	
	N[1]	l/día	l/vaca y día		kWh/vaca y día	Wh/l
Espina de pescado	39	1635 ± 230,9	29,4 ± 1,20	54 ± 7,3	1,20 ± 0,079	42,4 ± 2,82
Paralelo	6	4138 ± 772,8	30,6 ± 1,63	139 ± 24,6	0,99 ± 0,203	32,3 ± 4,92
Robot	3	3500 ± 1101,5	32,3 ± 2,70	104 ± 26,3	2,07 ± 0,164	64,4 ± 3,67
Rotativa	4	5374 ± 1121,2	30,2 ± 2,16	177 ± 38,1	0,96 ± 0,111	32,3 ± 4,60
Circuito de ordeño	5	675 ± 100,9	23,0 ± 2,89	30 ± 2,5	1,11 ± 0,117	55,5 ± 15,67
Tandem	1	6200	34,4	180	1,15	33,4
d.e.r.[2]		1564,7	6,92	48,81	0,463	18,73
P-valor		<0,001	0,301	<0,001	0,056	0,142

[1] Número de explotaciones. [2] Desviación estándar residual.

muestra en la Figura 2. Como puede observarse, la mayoría de las explotaciones presentan una gráfica de consumo a lo largo del día muy similar, posiblemente motivado por un ritmo de horas de ordeño semejante (2 ordeños diarios en momentos similares, excepto para el sistema de robot de ordeño). Así, la explotaciones con sala de ordeño tipo espina de pescado y rotativa o aquéllas con circuito de ordeño tienen una distribución del consumo medio de electricidad muy similar a lo largo del día, si bien conviene destacar que éstas últimas son las que muestran los picos más elevados. Esto puede venir motivado por una baja eficiencia del sistema, ya que son el equipo de ordeño y el ordeñador quienes se mueven entre los animales (y no al revés) y, además, es necesaria una gran infraestructura de conducción de leche, con el consiguiente consumo de energía asociado a la bomba de vacío. En estos tres sistemas de ordeño, el consumo de electricidad comienza a elevarse alrededor de las 7 de la mañana, alcanzándose un pico entre las 8:00 y las 10:00 h. Posteriormente, desciende para alcanzar el punto más bajo entre las 16:00 y las 18:00 h. En este momento, el consumo de electricidad comienza a subir, alcanzándose de nuevo otro pico de consumo entre las 20:00 y las 22:00 h, punto a partir del cual comienza otra vez a descender el consumo. El consumo eléctrico en las explotaciones que tienen implementado un sistema en paralelo sigue un patrón similar a las anteriormente descritas, con picos de consumo a las 8:00 y a las 20:00 h, si bien la magnitud de los mismos es menor que en éstas. Por otra parte, el consumo de electricidad de las salas con robot de ordeño (sistema de ordeño automático) presenta un patrón diario homogéneo, debido a que los animales pasan de forma libre y casi constante a lo largo del día, mostrando los picos de mayor actividad alrededor de las 3:00 h y las 11:00 h.

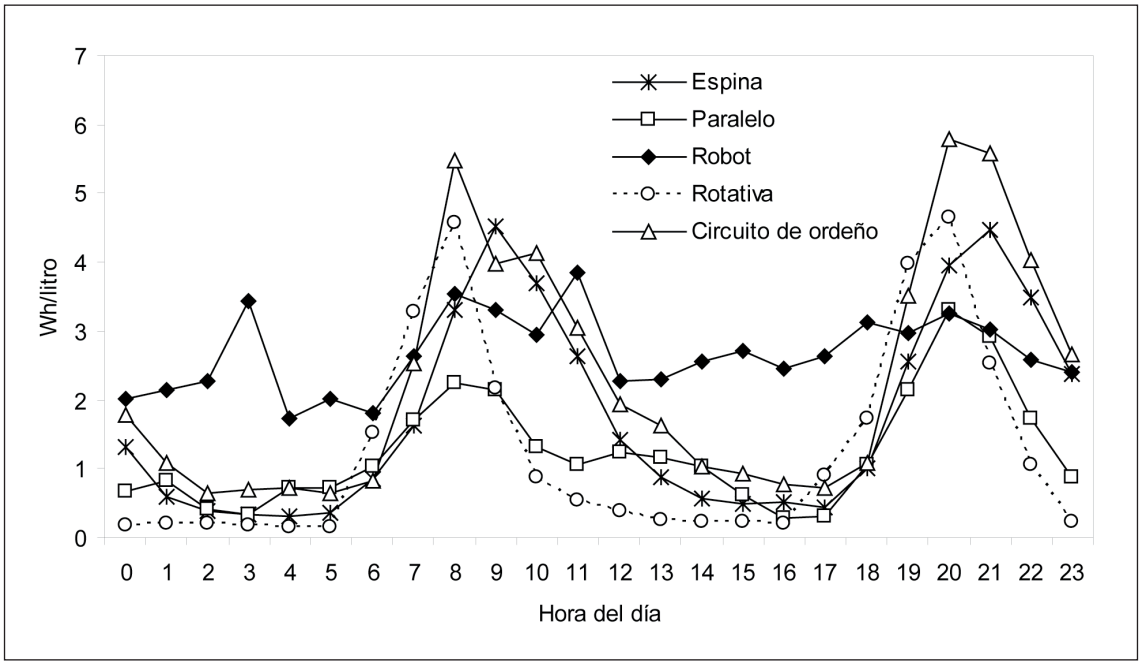


Figura 2. Distribución del consumo diario de electricidad por litro de leche producido.
Figure 2. Daily electricity consumption per litre of milk yielded.

Respecto a los picos mínimos de consumo de electricidad, éstos se distribuyen sobre todo entre las 12:00 y las 18:00 h (26 explotaciones) y entre las 0.00 y las 6:00 h (12 explotaciones) (Figura 3), posiblemente debido a que son las horas en las que el tanque de frío puede permanecer vacío en la mayoría de las explotaciones. En este sentido, conviene recordar que la recogida de leche se efectúa, en la mayoría de las ganaderías, por la mañana, permaneciendo el tanque refrigerador sin funcionar hasta que comienza el ordeño de la tarde, lo que explicaría que la mayoría de las explotaciones (45%) tuviera su pico mínimo de consumo eléctrico en este momento.

Por otra parte, el pico máximo de consumo se distribuye entre las 6:00 y las 12:00 h (23 explotaciones) y las 18:00 y las 23:00 h (32 explotaciones). Es dentro de estos horarios donde la mayoría de los ganaderos efectúan las labores de ordeño. Sin embargo, adicionalmente, entre las 18:00 y las 23:00 h, la leche recién ordeñada llega al tanque vacío, que tiene que enfriarla, lo que hace que el consumo eléctrico sea con toda probabilidad ligeramente superior al asociado al ordeño de la mañana, lo que contribuiría a explicar que el 55% de las granjas tuvieran su pico de máximo consumo en este momento. Esta distribución de los picos máximos y mínimos de potencia podría servir de orientación para que los ganaderos hagan un estudio de las tarifas eléctricas disponibles en cada momento (y una revisión periódica de las mismas) para seleccionar aquella que más se ajuste a sus necesidades reales de consumo.

Respecto a la relación existente entre el consumo eléctrico total al cabo del día con las características de los equipos instalados en la explotación (implicados directamente con el

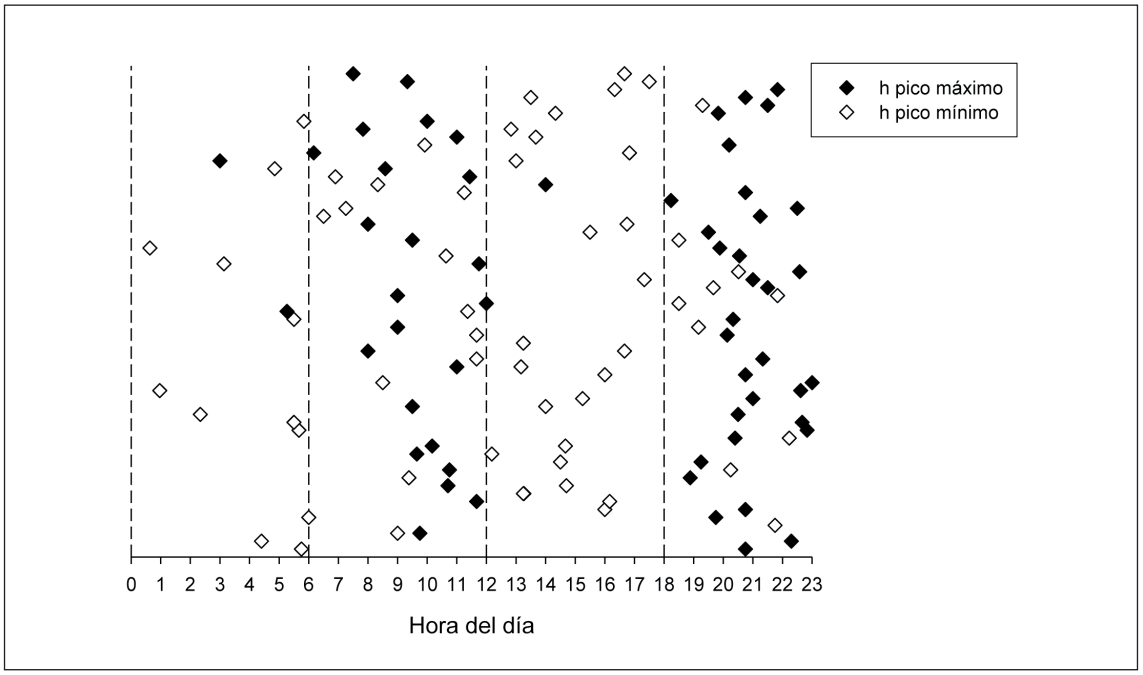


Figura 3. Momento del día en que se producen los picos máximo y mínimo de consumo de electricidad (cada punto representa una explotación auditada).
Figure 3. Time of the day at which maximum and minimum peaks of power consumption are reached. Each point represents one audited farm.

circuito de ordeño y la limpieza del mismo, la obtención de la leche y su refrigeración, sin tener en cuenta sistemas de calefacción o aire acondicionado para oficinas), estudios previos han señalado que más del 70% del consumo eléctrico se distribuía entre las labores dedicadas al ordeño (consumo mayoritario de las bombas de vacío) y al enfriamiento de la leche (tanque refrigerador) (Bartolomé *et al.*, 2011, 2013). Como puede verse en la Tabla 3, el consumo de electricidad por día se correlacionó positivamente con casi todas las variables consideradas: número de vacas, potencia del tanque, horas de funcionamiento del tanque, potencia de la bomba de vacío, de la bomba de leche y de la bomba de agua y horas de funcionamiento de las mismas, así como con el volumen del termo de agua caliente (aunque no con su potencia) y la producción de leche por vaca. Puede destacarse, asimismo, la correlación existente entre las horas de funcionamiento del tanque de refrigeración y de la bomba de vacío, el dimensionado de uno de estos elementos suele estar en concordancia con el otro, de tal manera que sistemas de ordeño con mayor capacidad van asociados a tanques de frío de mayor volumen, pero también a mayores cantidades de leche producida, lo que determina un mayor número de horas de funcionamiento de ambos equipos.

Por otro lado, es destacable que la potencia del tanque no acabe de tener una correlación con la mayoría de las variables; los valores para este parámetro seguramente oscilan en un rango muy estrecho, mientras que el vo-

Tabla 3. Coeficientes de correlación (Pearson) significativos entre las diferentes variables
Table 3. Significant correlation coefficients (Pearson) between the different variables

	PTE	HBL	HBV	PBV	HTR	VTR	PTR	NVO	PDL	kWD
VTE	0,78**	0,47*		0,59**	0,38*	0,45**		0,54**	0,57**	0,42*
HBL			0,88**	0,32*	0,34*					0,52**
LVD				0,27*			0,27*		0,37**	0,26*
PTE				0,48**						
PBL				0,38*	0,33*	0,36*		0,44**	0,46**	0,39*
HBV					0,72**	0,32*		0,34**	0,38**	0,51**
PBV					0,50**	0,60**	0,36**	0,68**	0,72**	0,53**
HTR						0,58**	0,33*	0,60**	0,64**	0,60**
VTR							0,65**	0,88**	0,88**	0,78**
PTR								0,50**	0,54**	0,56**
NVO									0,98**	0,87**
PDL										0,88**

PTE: potencia del termo eléctrico; HBL: horas de funcionamiento de la bomba de descargue de leche; HBV: horas de funcionamiento de la bomba de vacío; PBV: potencia de la bomba de vacío; HTR: horas de funcionamiento del tanque de refrigeración; VTR: volumen del tanque de refrigeración; PTR: potencia del tanque de refrigeración; NVO: número de vacas en ordeño; PDL: producción diaria de leche; kWD: consumo diario de electricidad; VTE: volumen del termo eléctrico; LVD: litros por vaca y día; PBL: potencia de la bomba de descargue de la leche.

lumen sí que guarda una relación directa con la producción de leche diaria. Análogamente, no es la potencia nominal del calentador eléctrico de agua caliente, sino el volumen de agua consumido lo que determina su relación con el consumo eléctrico. No obstante, en ambos casos, cuanto mejor dimensionado esté el equipo, más se optimizará el consumo eléctrico.

Cuando se realiza un análisis de regresión lineal entre el consumo diario de electricidad y el dimensionado, potencia y horas de funcionamiento de las bombas de vacío y el tanque refrigerador (presentes en el 100% de las explotaciones), se obtienen los resultados que se muestran en la Tabla 4. Las variables que determinan el consumo diario de electricidad son el volumen del tanque y las horas de funcionamiento de la bomba de vacío, en concordancia con lo sugerido por Bartolomé *et al.* (2011, 2013). Por otra parte, cuando se considera el consumo de electricidad por vaca y día, éste se explica en función del número de horas de funcionamiento de la bomba de vacío, si bien el coeficiente de determinación obtenido es relativamente pequeño. Por último, el consumo de electricidad en relación al volumen de leche producido (teniendo en cuenta todas las explotaciones auditadas) se explica fundamentalmente en función de las horas de funcionamiento del tanque refrigerador. Por otra parte, si se considera únicamente el tipo mayoritario de sistema de or-

Tabla 4. Coeficientes (media y error estándar) obtenidos en el análisis de regresión lineal del consumo eléctrico medio y las características del tanque de frío y la bomba de vacío
Table 4. Regression coefficients (mean and standard error) from linear regression analysis between electricity consumption and milk refrigeration tank and vacuum pump

	Consumo eléctrico medio			
	(kWh/día)	(kWh/vaca y día)	(Wh/l y día)	(kWh/día)
Sistema de ordeño	Todos	Todos	Todos	Espina de pescado
Variable independiente				
Tanque				
Tiempo (h/día)	–	–	7,69	–
			(0,70)	
Volumen (l)	0,019	–	–	0,021
	(0,002)			(0,02)
Potencia (kW)	–	–	–	3,60
				(0,94)
Bomba de vacío				
Tiempo (h/día)	5,41	0,037	–	–
	(1,48)	(0,013)		
Potencia (kW)	–	–	–	–
Constante	-14,19	1,02	–	-17,29
	(11,91)	(0,09)		(7,31)
R^2	0,695	0,139	0,684	0,866
P-valor	0,001	0,005	0,001	0,001

deño presente en las explotaciones auditadas (espina de pescado), el consumo diario se explica en función del volumen y la potencia de tanque de enfriamiento. Es decir, asumiendo un correcto dimensionado del sistema de ordeño (las características y número de puestos estarían en concordancia con el número de animales que efectivamente se ordeñan), es el tanque refrigerador el elemento que más condiciona el consumo eléctrico de la explotación.

Como conclusión puede decirse que el consumo eléctrico en las explotaciones de ganado vacuno lechero varía considerablemente a lo largo del día, si bien la mayoría de los sistemas muestran picos de consumo máximo en torno a las 8:00 h y a las 20:00 h, mientras que el consumo mínimo se sitúa, en la mayoría de las explotaciones, entre las 12:00 y las 18:00 h (coincidiendo en este caso con los momentos del día en los que el tanque no trabaja, por haberse recogido la leche antes de las 12:00 h en todas las explotaciones auditadas). Los sistemas de ordeño automáticos muestran un consumo de electricidad cons-

tante a lo largo del día; sin embargo, este sistema junto con el sistema de circuito de ordeño son los que muestran un mayor consumo de electricidad por unidad de producción. Finalmente, el tiempo de funcionamiento del sistema de ordeño y, sobre todo, las características del tanque (potencia, dimensionado y horas de funcionamiento) son los factores más determinantes del consumo eléctrico, aspectos que merecen especial atención para optimizar la utilización de la energía en las explotaciones de ganado vacuno dedicadas a la producción de leche.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado gracias a un proyecto (DER 20101899960100166) financiado conjuntamente por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM) y por el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER). "Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural: Europa invierte en las zonas rurales".

Bibliografía

Bartolomé DJ, Posado R, Bodas R, Tabernero de Paz MJ, García JJ, Olmedo S (2013). Caracterización del consumo eléctrico en las granjas de vacuno lechero de Castilla y León. Archivos de Zootecnia 62 (239): 447-455.

Bartolomé DJ, Posado R, García JJ, Bodas R, Fonseca B, Tabernero de Paz MJ, Río G (2011). Manual de buenas prácticas de ahorro y eficiencia energética en explotaciones de vacuno lechero. Consejería de Agricultura y Ganadería. Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León. 62 p.

Béguin E, Caillaud D, Dollé JB, Capitain M, Chambaut H, Charroin T (2008). Les consommations d'énergie dans les systèmes bovins laitiers. Repères de consommation et pistes d'économie. Institut de l'Élevage. 32 p. Disponible en: http://www.orne-agri.com/iso_album/consommations_energie_systemes_laitiers_07_11_08.pdf

Castro A, Pereira JM, Amiama C, Bueno J (2012). Estimating efficiency in automatic milking systems. Journal of Dairy Science 95: 929-936.

EECA (2009). Improving energy efficiency. A guide for New Zealand dairy farms. Energy Efficiency and Conservation Authority, Wellington, New Zealand. 24 pp. Disponible en: http://www.eeca.govt.nz/sites/all/files/dairy-farm-energy-efficiency-guide-march-09.pdf

Edens WC, Pordesimo LO, Wilhelm LR, Burns RT (2003). Energy use analysis of major milking center components at a dairy experiment station. Applied Engineering in Agriculture 19 (6): 711-716.

Gutiérrez P (2009). Manual práctico de manejo de una explotación de ganado vacuno lechero. Servicio de Formación Agraria e Iniciativas, Junta de Castilla y León. 124 p.

IDAE (2010). Auditorías energéticas en instalaciones ganaderas. Parte 1: Manual para la realización de auditorías energéticas en instalaciones ganaderas. Serie "Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura". Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Madrid. 83 p.

Ludington D, Johnson EL (2003). Dairy farm energy audit summary report. New York State Energy Research and Development Authority. 25 pp. Disponible en: http://www.nyserda.ny.gov/-/media/Files/Publications/Research/Energy-Audit-Reports/dairy-farm-energy.pdf

Murgia L, Caria M, Pazzona A (2008). Energy use and management in dairy farms. En: Innovation technology to empower safety, health and welfare in agriculture and agro-food systems. International conference. 15-17 Septiembre. Ragusa, Italia. Disponible en: http://www.ragusashwa.it/CD_2008/lavori/TOPIC9/orale/MURGIA.pdf

NSAC (2011). Farm Energy Booklet Series, #2 Dairy Farms. Nova Scotia Agricultural College. Disponible en: http://nsac.ca/fens/factsheets/fens_energy_booklet_2_dairy.pdf

Rotz CA, Coiner CU, Soder KJ (2003). Automatic milking systems, farm size, and milk production. Journal of Dairy Science 86: 4167-4177.

Trimble D (2009). Report of Pilot Energy Benchmarking Project 2007/2008. College of Agriculture, Food and Rural Enterprise (CAFRE) Cuts Carbon. 6 p. Disponible en: http://www.dardni.gov.uk/ruralni/dairy_energy_report.pdf

Upton J, Murphy M, French P, Dillon P (2010). Dairy farm energy consumption. En: Dairying: Entering a decade of opportunity. Teagasc National Dairy Conference 2010. Teagasc, Agriculture and Food Development Authority. pp. 87-97 pp. Disponible en: http://www.teagasc.ie/publications/2010/52/52_NationalDairyConf2010Proceedings.pdf

Wagner A, Palmer RW, Bewley J, Jackson-Smith DB (2001). Producer satisfaction, efficiency, and investment cost factors of different milking systems. Journal of Dairy Science 84: 1890-1898.

Wagener-Storch A, Palmer RW (2003). Feeding behaviour, milking behaviour, and milk yields of cows milked in a parlour versus an automatic milking system. Journal of Dairy Science 86: 1494-150.

WDATCP. 2006. Dairy farm energy management guide. 51 p. Wisconsin Dept. of Agriculture, Trade and Consumer Protection. Disponible en: http://www.wistatedocuments.org/cdm/singleitem/collection/p267601coll4/id/298

(Aceptado para publicación el 23 de diciembre de 2014)

Posibilidades de implantación de una plataforma virtual para la mejora de la comercialización de los cítricos en Andalucía. Necesidades de información de los productores y exportadores

M.D. García-Brenes[1,*], P. Rallo[2], F.J. Arenas-Arenas[2], A. Morales-Sillero[2] y M.P. Suárez[2]

[1] Departamento de Economía Aplicada II. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica (ETSIA). Universidad de Sevilla. Carretera de Utrera Km 1. 41013. Sevilla

[2] Departamento de Ciencias Agroforestales. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica (ETSIA). Universidad de Sevilla. Carretera de Utrera Km 1. 41013. Sevilla

Resumen

Andalucía es la segunda región productora de cítricos de España, teniendo por tanto una extraordinaria importancia económica y social. Sin embargo, la cadena de valor de los cítricos comprende un sector productor bastante atomizado frente a unos compradores muy concentrados y organizados, y un mercado poco transparente. El objetivo de esta investigación fue determinar las necesidades de información de los principales agentes implicados en la cadena de valor de los cítricos y estudiar las posibilidades que tendría la implantación de una plataforma virtual para mejorar las decisiones empresariales en la comercialización de los productos. Para ello, se emplearon fuentes primarias, centradas en la realización de entrevistas a expertos de la producción de cítricos en Andalucía, segmentando el análisis sobre la base de la naturaleza jurídica y la actividad de los entrevistados. Esta acción estratégica puede ser viable puesto que hay una clara demanda de información por parte de la población encuestada, que representa el 65% de la producción citrícola andaluza. Además, se constató que el modelo de gestión debería ser mixto, público-privada. La responsabilidad de la misma debería ser privada, ya que en general se percibió cierta reticencia en la Administración. La mayoría de los encuestados estarían dispuestos a pagar por los servicios que suministre la plataforma, si bien señalaron restricciones en cuanto al acceso, calidad del servicio y precio.

Palabras clave: Cadena de valor, distribución, formación de precios, cooperativas, servicios.

Abstract

Possible implementation of a virtual platform to improve citrus marketing in Andalusia (southern Spain). Information needs of producers and exporters

Andalusia is the second largest citrus producer in Spain, and thus, the citrus industry has an extraordinary economic and social importance in the region. However, the citrus value chain comprises a scattered primary sector in contrast to a very concentrated and well organized purchase and distribution sector, as well as a non-transparent market. The aim of this research was to explore the information needs of the different agents in the citrus value chain and to study the possibilities of implementing a

* Autor para correspondencia: mdgarcia@us.es

http://dx.doi.org/10.12706/itea.2015.018

virtual platform to share information in order to improve their marketing decisions. Primary sources were used for this work: a survey was conducted among citrus production experts in Andalusia. Survey results were analysed according to the legal nature and the activity of the respondents. The strategic action of implementing an information platform may be feasible since a clear demand for information has been detected from the survey population which represents 65% of the Andalusia citrus production. In addition, a public-private management model was preferred by the respondents to control the platform although the responsibility for it should be private. The majority of respondents would be willing to pay for the services provided by the platform, although some aspects regarding access restrictions service quality and price should be considered.

Key words: Value chain, distribution, price formation, cooperatives, services.

Introducción

España es el sexto productor y el primer exportador mundial de naranjas y mandarinas en fresco (FAO, 2013). Andalucía se ha posicionado en los últimos años como la segunda región productora de cítricos en España, detrás de la Comunidad Valenciana. Además, este protagonismo se consolidará en los próximos años en relación al resto de zonas productoras españolas (Arenas *et al.* 2009, 2011; Arenas y Hervalejo, 2013). Este aumento está relacionado con el incremento de la superficie cultivada que se ha extendido de unas 47.000 ha en el año 2.000 a 86.162 ha en 2010 (Consejería de Agricultura Pesca y Desarrollo Rural, 2013). A nivel provincial destaca Sevilla con 29.699 ha y Huelva con 20.152 ha, le siguen Málaga, Córdoba y Almería con un total de 32.068 ha (MAGRAMA, 2013).

Este sector alcanzó en el 2011 un valor de la producción de 681 millones de euros, lo que supone el 7% de toda la Producción de la Rama Agraria Andaluza, y generó 3,9 millones de jornales/año, ocupando el tercer puesto como sector agrario generador de empleo (Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, 2013).

En relación al destino de la producción citrícola andaluza destaca el consumo interior en fresco (50,7%), seguido de la industria de transformación (24,6%) y la exportación (19,5%). Aunque gran parte del consumo interior acaba en la exportación a través de empresas localizadas en otras comunidades autónomas. La Unión Europea (UE) es el principal cliente y representa el 95% del total de las exportaciones. No obstante, cada vez es mayor la competencia de otros países productores del Mediterráneo, debido a la formalización de acuerdos con terceros países que favorecen la entrada de sus producciones en los mercados de la UE (Eraso, 2010).

La cadena agroalimentaria de los cítricos es bastante compleja pues se obtienen productos en fresco (naranjas, limones, mandarinas, etc.) y productos transformados (fundamentalmente zumos). Además, en el proceso de producción, transformación y comercialización participan productores, organizaciones de tipo cooperativo, exportadores y la Distribución Moderna (supermercados e hipermercados) que están interrelacionados pero tienen diferentes intereses. Desde esta perspectiva, el conocimiento de una serie de variables, como los precios en origen, precios en destino, normativa, costes, etc., resulta básico para la rentabilidad de los operadores, y principalmente para los productores agrarios, pues constituyen el eslabón más débil de la cadena agroalimentaria de los cítricos frente a la fuerte concentración de la Distribución Moderna, lo que implica grandes desequilibrios en sus relaciones. Eraso (2010) señala que los principales problemas de los productores son: la opa-

cidad del mercado, los elevados costes de producción y de recolección, las altas garantías de cobro de algunas operaciones y los altos estándares de calidad exigidos por la comercialización y los consumidores.

Asimismo, los cambios acaecidos en el pasado más reciente han configurado un sistema agroalimentario en el que la Distribución Moderna domina y dirige la cadena agroalimentaria. Tanto es así que, en 2009, la Distribución Moderna alcanzó el 63,1% de las ventas en alimentación a los hogares españoles, mientras que las tiendas tradicionales tuvieron una cuota del 27,7% y otros canales de comercialización el 9,2% restante (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2010). Sin embargo, las peculiaridades de la comercialización de la alimentación fresca y el importante papel de la red pública de Mercas que abastecen al pequeño comercio hacen que las tiendas tradicionales tengan un importante peso específico en la venta de la alimentación fresca, y que el canal tradicional conserve su protagonismo frente a los formatos de la Distribución Moderna. Así, las tiendas tradicionales tuvieron una cuota de mercado del 45,5% en la alimentación en fresco en 2009, y la Distribución Moderna del 43% (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2010).

Las ventas de frutas y hortalizas constituyen un sector estratégico para la Distribución Moderna puesto que son unos alimentos muy importantes en la dieta alimenticia para los hogares españoles y acuden frecuentemente a los establecimientos comerciales para comprarlos. Son productos clave ya que el 64% de los españoles compran frutas y verduras entre dos y tres veces por semana. España es el país de Europa que más valora el consumo de productos frescos. Si las cadenas de la Distribución Moderna logran atraer al cliente para que compren estos productos, se aseguran dos visitas a la semana. Y con este reclamo, los clientes suelen comprar otros productos en el establecimiento (Delgado, 2013).

Una de las consecuencias más notables de la concentración de la distribución comercial es el incremento de su poder de negociación frente a los proveedores y suministradores. La existencia de una oferta muy atomizada y una demanda muy concentrada en el mercado hace que acabe dándose de facto un oligopolio de demanda que genera un evidente desequilibrio en la cadena de suministro. Las consecuencias más destacadas de esta situación es la imposición de protocolos muy exigentes (condiciones de entrega, estándares de calidad y seguridad, práctica de pago, etc.) a sus proveedores, y una presión a la baja de los precios pagados (Aznar-Sánchez *et al*., 2013).

El análisis de la evolución de la parte del precio pagado por los consumidores que revierte en los productores de productos frescos, revela que entre 2004 y 2011, la participación media de los productores en los precios finales fue del 33%. En el caso de los cítricos, sólo alcanzó el 14,3% (Rebollo-Arévalo, 2012). Existe por tanto, una importante fuga de valor añadido que se escapa de los productores de productos frescos y que llega a otras etapas de la cadena agroalimentaria.

En el entorno actual de creciente competitividad en el que se encuentra el sistema agroalimentario andaluz y en particular la cadena de valor de los cítricos, las diferentes fases se coordinan para responder de un modo eficiente a las necesidades de los consumidores. Las fases de la cadena agroalimentaria se integran mediante relaciones de capital, mecanismos contractuales u otras formas de integración vertical, lo cual requiere compartir información y métodos de gestión. En todos estos procesos siempre hay una fase que lidera, alejándose cada vez más de las fases más próximas a la producción agraria y afianzándose en la Distribución Moderna, que finalmente es la que mantiene las relaciones con el consumidor y debe captar sus preferencias y cambios de gustos (Langreo, 2012). Al mismo tiempo, la formación de estas ca-

denas globales supone una profunda segmentación del mercado, formando básicamente dos grupos operadores: uno muy reducido con altos niveles de rentabilidad e información y otro muy numeroso, marginado y con grandes problemas para continuar con su actividad.

A pesar de que en los últimos años la Administración nacional y autonómica han desarrollado diversos mecanismos para favorecer la transparencia del mercado y la difusión de los precios en origen y en destino, un número importante de citricultores venden a resultas, es decir entregan la producción sin saber el precio al que le van a liquidar la misma.

En este contexto, el objetivo de este trabajo ha sido identificar las necesidades de información y tecnología de los componentes de la cadena de valor (fundamentalmente productores y exportadores) del sector de los cítricos en Andalucía, y considerar la posible implantación de una plataforma de servicios para responder a sus demandas utilizando el marco teórico del concepto de la cadena de valor y la teoría de las decisiones empresariales.

Material y métodos

Sobre el concepto de cadena agroalimentaria

La producción de alimentos se ha convertido en un proceso complejo. En la actualidad, la agricultura suministra las materias primas a la industria agroalimentaria que las transforma en productos finales, y adquiere unos *inputs* intermedios que son fundamentales para el proceso agrario. Esto ha provocado la progresiva integración del sector agrario en otros sectores de la economía así como una menor participación de la agricultura en el valor final de los alimentos (Mili, 1996).

En este contexto es necesario introducir el concepto teórico de la cadena agroalimentaria para estudiar las interrelaciones de la agricultura con otras actividades y analizar su peso específico en el sistema agroalimentario. Es una esquematización de la secuencia vertical de las etapas de producción/transformación/distribución del conjunto del sistema agroalimentario, tanto en lo que respecta a las empresas pertenecientes al sistema agroalimentario como a las vinculadas económicamente al mismo mediante relaciones de compra-venta de bienes o de prestación de servicios. Se hace hincapié en la aportación de cada una de las etapas a la formación del producto de consumo final, en términos tales como flujos de cantidades físicas, de valor de mercado, de energía, de trabajo o de capital (Sanz, 1997).

Porter (2010) introduce el concepto de cadena de valor para estudiar las fuentes que suponen una ventaja competitiva para las empresas, señalando que se trata de una herramienta básica para examinar todas las actividades que la empresa realiza y su manera de interactuar. La cadena de valor permite dividir a la empresa en sus actividades estratégicamente relevantes a fin de entender el comportamiento de los costes, así como las fuentes actuales y potenciales de diferenciación. La ventaja competitiva se logra cuando la realiza mejor o con menor coste que los competidores.

La salida de la crisis de los años setenta provocó la reestructuración del sistema agroalimentario intensificando las relaciones de espacios geográficos distantes y la integración de los mercados nacionales, dando paso a lo que se conoce como globalización (Koc, 1994). El sistema agroalimentario se organiza a nivel mundial con provisión de *inputs* en todo el mundo, para la producción de alimentos a nivel global. Las industrias alimentarias transnacionales, y en particular las grandes empresas de la distribución comercial, tienen una alta capacidad de influir en los hábitos

de consumo de la población, controlando el tipo de producto que se presentan en el mercado, aislando al productor agrario de la demanda final (Etxezarreta, 2006).

Además, la empresa en red se ha convertido en un elemento central de las relaciones entre los diferentes agentes. Se define como una estructura sinérgica, que articula contractualmente, a medio plazo, relaciones interempresariales, a fin de responder conjunta y solidariamente, de manera flexible, bajo la dirección de una empresa donadora de órdenes, a una demanda final o intermediaria volátil. La logística tiene una creciente importancia con la puesta en marcha de redes de circulación de información, entre los distintos operadores, con sistemas informáticos comunes. Así, el recurso a la información permite disminuir el coste de movimientos innecesarios de mercancías, que se desplazan sólo en el momento y hacia el lugar necesario (Green y Dos Santos, 1992).

Estamos asistiendo, por lo tanto, a la implantación de redes mundiales de producción, o como algunos prefieren llamarlo, a redes de producción transnacional. La principal causa de esta mayor dispersión geográfica ha sido la revolución en las tecnologías de las comunicaciones y los transportes (Dicken, 2007).

La dispersión global de la producción y el consumo de los productos sugiere el concepto de la cadena productiva global, pues facilita la comprensión de la estructura y la dinámica de las industrias globales. Gereffi (2001) introduce la dimensión internacional en el análisis de cadena productiva y estudia la gobernanza de la cadena, identificando a las empresas que ejercen el poder en los diferentes segmentos de la cadena productiva y contempla la coordinación como una fuente clave para conseguir una ventaja competitiva. Y diferencia entre cadenas productivas dirigidas al productor que son aquellas en las que los grandes fabricantes transnacionales juegan los papeles centrales en la coordinación de las redes de producción, y las cadenas productivas destinadas al comprador que se refieren a aquellas en las que son los grandes detallistas, comerciantes y fabricantes de marca, los que ejercen los roles centrales.

El concepto de gobernanza es un punto central en el análisis de las cadenas agroalimentarias. El término gobernanza se refiere a las diferentes formas de control/ coordinación que las empresas líderes ejercen en la cadena de valor global. De tal modo que, las empresas líderes influyen directamente o indirectamente en la organización de la producción, en la logística y comercialización de los productos. Esta influencia puede extenderse a la definición de los productos, los procesos y los estándares que utilizan las empresas que integran la cadena específica (Gereffi *et al*., 2001).

Humphrey y Schmitz (2004) distinguen cuatro tipos de relaciones en la cadena de valor global:

- De *mercado* entre agentes independientes, el comprador y el vendedor no desarrollan relaciones cercanas o de colaboración porque el producto es estándar. Esto implica que los requisitos de los compradores pueden ser satisfechas por una serie de empresas-proveedores y que los costes de cambio para ambas partes son bajos.
- Las empresas configuran *redes,* intercambian la información y dividen las competencias de la cadena de valor entre ellas. Las relaciones se caracterizan por la coordinación y la dependencia reciproca.
- Cuasi jerárquicas. Una empresa ejerce un alto grado de control sobre otras empresas de la cadena, especificando las características del producto a fabricar, y a veces especifica los procesos a seguir y los mecanismos de control que deben cumplir.
- Jerárquica. La empresa principal tiene la propiedad directa de algunas operaciones en la cadena ejerciendo un importante control de los productos y los procesos.

La información en las decisiones empresariales

La principal característica de la administración de la empresa es convertir la información en acción, a través de un proceso de decisión. De este modo, la relación información-decisión-acción representa el eje central de todo el sistema de dirección. El proceso de decisión puede estudiarse sobre la base de una matriz en la que se recogen los sucesos posibles o estados del entorno, las probabilidades de la ocurrencia de éstos, las estrategias o alternativas y los resultados. Sobre esta matriz se desarrollará el proceso de decisión en función del grado de conocimiento del entorno, de la verosimilitud en la estimación de los resultados y, en definitiva, de las características de la información disponible (Bueno-Campos, 2004).

Además, la adopción de decisiones se halla condicionada por un amplio conjunto de factores de diversa naturaleza, entre los que pueden destacarse: factores de carácter estrictamente objetivo, como son los que representan la estructura básica del problema que requiere la decisión adoptar; factores de carácter subjetivos, que se encuentran íntimamente asociados al grado de conocimiento por parte de sujeto del problema presentado y de su entorno; y los factores institucionales, tales como el tipo de leyes sociales vigente en la comunidad, el ordenamiento jurídico, etc. (López-Cachero, 1989). De este modo, la toma de decisiones resulta muy compleja, y exige un alto nivel de información sobre los factores más influyentes y con mayor repercusión.

El proceso de decisión tiende a buscar la mejor opción posible. Es evidente que la solución óptima está condicionada por el riesgo de las variables de decisión y por la incertidumbre originada por el grado de conocimiento o de información supuestos en la decisión. Por consiguiente, la decisión puede plantearse en función del riesgo e incertidumbre a que se somete. Según el contenido estimado de aleatoriedad y de información, se establecen tres modelos de decisión. En primer lugar, el modelo determinista, que sigue el método de las ciencias exactas, apoyándose en mediciones precisas y cálculos matemáticos. De este modo, la aleatoriedad de las variables de decisión se reduce a cero. En oposición al modelo matemático determinista y en función del elemento aleatorio, se encuentra el modelo probabilístico, a veces llamado estocástico. El concepto de probabilidad es cuestionable cuando se intenta aplicar a la economía, ya que el cálculo de la probabilidad no está exento de objeciones y la interpretación que puede hacerse de la probabilidad matemática es siempre discutible. El tercero es el modelo de información, que sugiere que las decisiones están determinadas por las condiciones que determinan el éxito o el fracaso de los resultados o consecuencias de la decisión. Esto se conoce como *estado de naturaleza*, comprendiendo el conjunto de circunstancias o características que particularizan la decisión. Por consiguiente, la información del estado de naturaleza describe el estado del problema según el contexto en que actúa la decisión. El modelo de información precisamente analiza la toma de decisiones según la información que se tiene sobre los estados de naturaleza (Soldevilla-García, 1984).

Esta investigación constituye una aproximación al estudio de los modelos de información, pues se centra en detectar las necesidades de información de los productores fundamentalmente y plantea una herramienta para mejorar el proceso de toma de decisiones en la comercialización de sus productos.

Metodología

La investigación empleó fuentes primarias fundamentalmente, centradas en la realización de entrevistas a los agentes relevantes (productores, productores-exportadores, ex-

portadores y asociaciones) de la cadena de valor del sector de los cítricos en Andalucía. Entre las fuentes bibliográficas y documentales, destacamos los estudios realizados recientemente por instituciones autonómicas sobre el sector de los cítricos en Andalucía: Consejería de Agricultura y Pesca (2009) y Analistas Económicos de Andalucía (2011). La principal aportación de esta investigación es la identificación de las necesidades de información que tienen los agentes de la cadena de valor de los cítricos, las posibilidades que tendría la implantación de una plataforma virtual para mejorar sus decisiones empresariales en la venta de los productos, las áreas temáticas más valoradas y el modelo de gestión que debería seguir la plataforma.

Para cumplir el objetivo principal de la investigación, se diseñó un cuestionario que se estructuró en nueve partes. La primera tenía como meta conocer los rasgos básicos del agente entrevistado y sus actividades productivas. Con la segunda y tercera se perseguía conocer las desventajas competitivas de los agentes en la cadena de valor, y las necesidades de información sobre el nivel de precios en cada uno de los canales de comercialización de los productos, respectivamente. Entre los capítulos cuarto y octavo, se incluyeron una serie de preguntas con las que se trataba de conocer las necesidades de información sobre los temas siguientes: operaciones financieras, transporte y logística, aduanas y legislación, seguridad alimentaria y las acciones de promoción del consumo de cítricos. La última parte del cuestionario tenía como finalidad conocer la disposición que presentan los agentes de la cadena de valor para remunerar los servicios que les suministraría la plataforma virtual e identificar la naturaleza (pública o privada) de la entidad gestora.

En el primer semestre de 2012 se realizaron 32 entrevistas personales a agentes de la cadena de valor entre los que se encontraban los principales productores y asociaciones de productores de Sevilla, Huelva y Córdoba, así como la Federación de cooperativas que representan 65% de la producción de cítricos en Andalucía, y las empresas comercializadoras más importantes con el 50% de la exportación total. Se trata por tanto de una muestra con una importante representatividad en el conjunto del sector de los cítricos en Andalucía. También se entrevistó al responsable Frutas y Hortalizas del SOIVRE (Servicio Oficial de Inspección, Vigilancia y Regulación del Comercio Exterior) que se encarga del control del comercio exterior de productos agroalimentarios. Los agentes locales y expertos entrevistados comprenden las siguientes tipologías sobre la base de la forma jurídica: 9 Cooperativas de primer grado, 2 Cooperativas de segundo grado, 7 Sociedades Agrarias de Transformación (SAT), 5 Sociedades Limitadas (SL), 3 Sociedades Anónimas (SA), 4 Asociaciones de productores (AP), un Grupo de Desarrollo Rural y el Servicio Oficial de Inspección y Vigilancia Aduanera. Para el análisis estadístico de los datos obtenidos con la encuesta se ha utilizado el paquete informático SPSS (2006).

Resultados y discusión

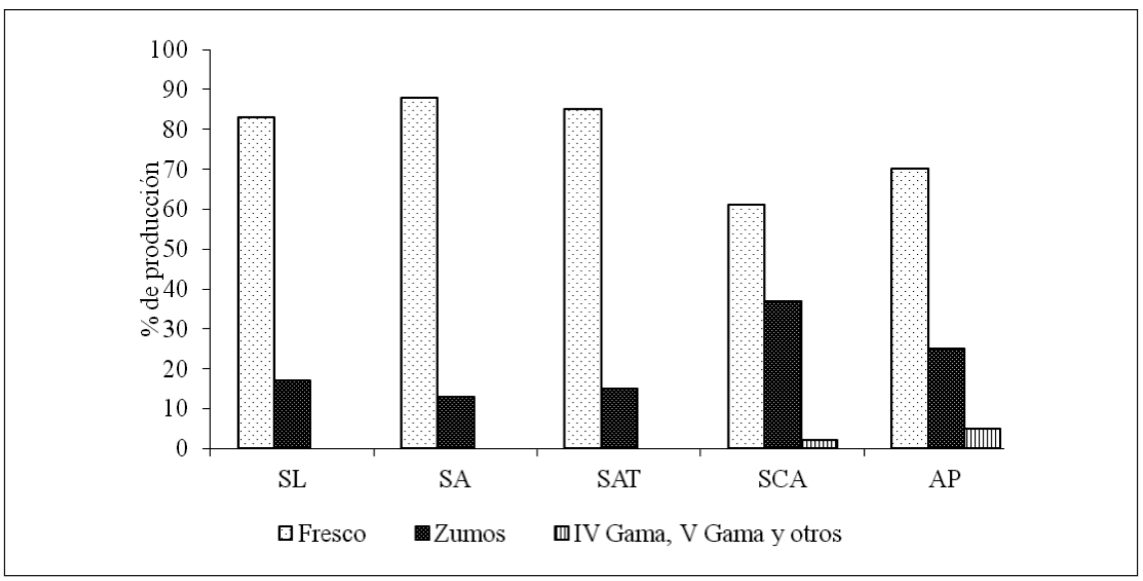
Caracterización de la población encuestada

Como se ha comentado en material y métodos, la población encuestada consistió en 32 agentes de la cadena de valor de cítricos en Andalucía, correspondientes a diversas tipologías jurídicas.

En cuanto al tipo de cítrico que producen las empresas entrevistadas, destaca la producción de naranja, relacionada con el espectacular crecimiento de la superficie cultivada de naranjo dulce que en los últimos años se ha producido en las principales zonas productoras andaluzas, y mandarina, ambas claramente superiores a la de otros cítricos (limón, po-

melo, etc.). La producción comercializada por las entidades de tipo asociativo (Sociedades Cooperativas Andaluzas SCA y Sociedades Agrícolas de Transformación SAT) es mayoritariamente de sus socios, mientras que las Sociedades Anónimas producen y venden su propia cosecha, aunque también comercializan fruta de terceros, y en las Sociedades Limitadas tiene cierta relevancia la compra a agricultores de la zona. No obstante, en los últimos años, las empresas encuestadas reconocen un aumento de las importaciones de cítricos procedentes de otros países del Mediterráneo y del Hemisferio Sur (especialmente Sudáfrica), lo que está provocando un descenso de los precios.

La mayoría de las empresas encuestadas comercializan más del 75% de la fruta en fresco y el resto a la industria del zumo. La producción de IV y V gama, y de otros transformados tiene una escasa participación en las ventas totales. Según la forma jurídica, excepto las SCA, que diversifican en mayor proporción la producción (61% en fresco, 37% de zumos y 2% de V gama), las demás empresas comercializan en fresco más del 80% de la fruta y el resto lo destinan a la producción de zumos (Figura 1). La Unión Europea es el principal destino de las exportaciones de cítricos aunque las empresas encuestadas reconocen que probablemente una gran parte de la producción es exportada a través de la Comunidad Valenciana. Esto supone una importante merma de la rentabilidad de las empresas andaluzas y la necesidad de mejorar sus estructuras comerciales. En general, las empresas disponen de al menos un técnico comercial para la venta de la producción. Mientras que las entidades privadas cuentan con personal



Fuente. Elaboración propia a partir de la encuesta realizada en 2012.

Figura 1. Destino de la producción comercializada según la forma jurídica de las entidades.
S.L.: Sociedad Limitada; S.A.: Sociedad Anónima; SAT: Sociedad Agraria de Transformación; SCA: Sociedad Cooperativa; AP: Asociación de Productores.
Figure 1. Products destination according to the legal nature of the entity.

especializado para la comercialización de la producción, en las entidades asociativas es muy frecuente que el gerente desarrolle tanto tareas administrativas como comerciales.

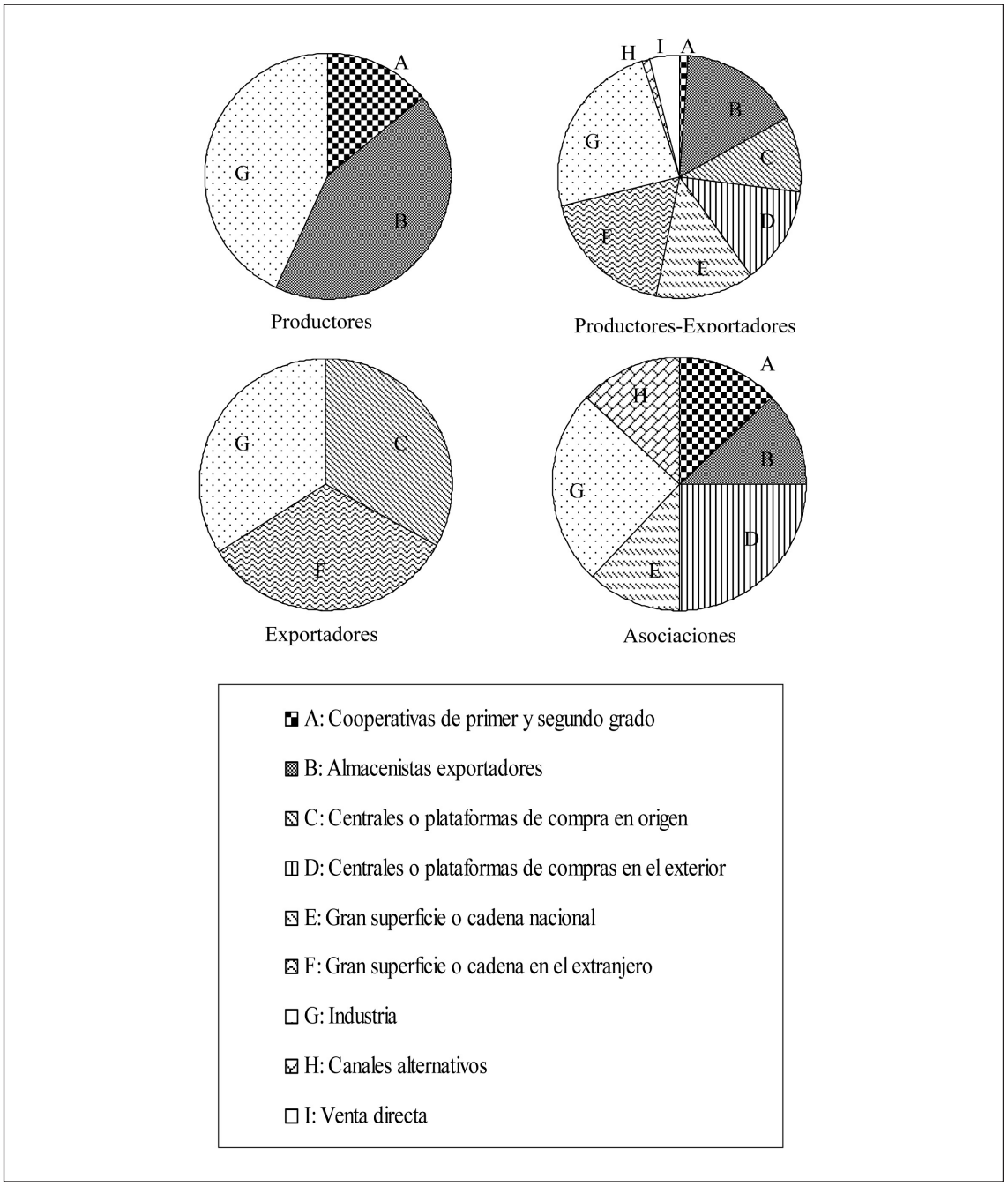
Los productores entrevistados venden sus productos en tres canales: a la industria y almacenistas/exportadores, que reciben el 43% de las ventas totales cada uno, y a las SCA (Sociedad Cooperativa) de primer y segundo grado, que reciben el 14% restante (Figura 2). El exportador vende su producción en tres canales que tienen la misma representatividad: el 34% a la industria, 33% a centrales o plataformas de compras en origen y el restante 33% se vende a los grandes supermercados o cadenas en el extranjero.

Los productores-exportadores tienen una gran variedad de canales para vender su producción, destacando la industria con el 24% de las ventas totales, los grandes supermercados o cadenas extranjeras con el 18%, los almacenistas/exportadores con el 16%, los grandes supermercados o cadenas nacionales con el 13%, las centrales o plataformas de compra en el exterior con el 13%, las centrales o plataformas de compra en origen con el 10%, las ventas directas con el 4% y los canales alternativos y las cooperativas de primer y segundo grado con el 1% cada uno de ellos. Las asociaciones encuestadas manifiestan que la producción de cítricos en Andalucía se comercializa del siguiente modo: 25% a la industria, 25% a centrales o plataformas de compra en el exterior, 13% a SCA de primer y segundo grado, 13% canales alternativos, 12% a almacenista/exportador y 12% a gran supermercado o cadena nacional. El comercio electrónico (webs, venta por teléfono, etc.) tiene una escasa importancia en las ventas totales, probablemente por la falta de confianza en este tipo canales no relacionales, y no se producen ventas al canal HORECA (HOstelería, REstauración, CAterings). Se trata por tanto, de importantes nichos de mercado que probablemente mejorarían la rentabilidad de los productores.

Necesidades de información

En relación a las temáticas consultadas, los encuestados señalan que tienen altas necesidades sobre la "Organización de la Oferta" y la "Cadena de valor de los cítricos" y los "Mecanismos de formación de los precios de venta", indicando que la fuente de información más utilizada para conocer la cadena de valor de los cítricos es la fuente relacional (clientes y empresas del sector), con un alto nivel de confianza. Además, los agentes indican que el Observatorio de Precios en Origen y Destino de la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural de la Junta de Andalucía y el Panel de Consumo del MAGRAMA son fuentes de información poco examinadas por los agentes de la cadena de valor para conocer los precios de los productos cítricos. Una posible explicación sería que las fuentes públicas no permiten obtener una información en tiempo real sobre los niveles de precios para favorecer sus operaciones comerciales. Esto dificulta el nivel de eficiencia del proceso de toma de decisiones empresariales de los productores y perjudica seriamente su nivel de rentabilidad.

Por lo que se refiere a la "Seguridad de las operaciones financieras", los encuestados señalan que necesitan más información sobre la fiabilidad y solvencia de sus clientes, porque de ello depende el cobro de sus ventas y también la posibilidad de asegurarlas. Sus principales fuentes de información son las empresas de seguros. En cuanto al "Transporte y la Logística", los encuestados tienen unas necesidades medias o altas, en temas como la solvencia, puntualidad de las empresas transportistas y seguros asociados. En materia de "Legislación y aduanas", los encuestados muestran unas necesidades altas, pero los servicios de los que dispone la Administración no resultan atractivos para ellos, pues la mitad de los entrevistados no conoce los protocolos de internacionalización de las empresas españolas del Instituto de Comer-



Fuente. Elaboración propia a partir de la encuesta realizada en 2012.

Figura 2. Relaciones con otros agentes de la cadena de valor según la actividad de los agentes.
Figure 2. Relationships with other Value Chain agents according to their activity.

cio Exterior (ICEX) y Extenda (Agencia Andaluza para el comercio exterior), ni consulta las bases del ICEX sobre productos fitosanitarios y residuos permitidos en cítricos.

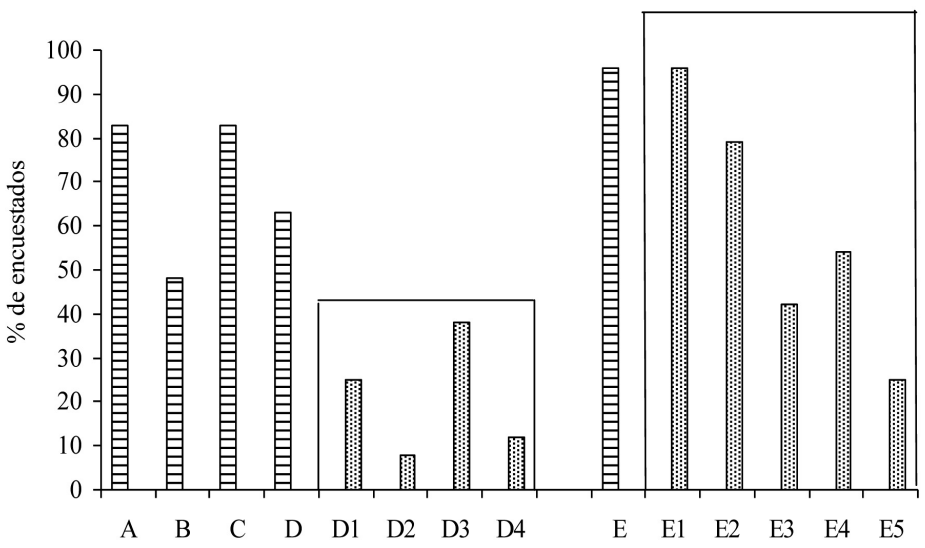
Además, se detectan altas necesidades de información en la implantación de los sistemas de "Trazabilidad y seguridad alimentaria". Sólo el 83% de los agentes encuestados tiene implantado un sistema de trazabilidad básico y obligatorio (debería ser del 100%), el 83% dispone del sistema de Autocontrol y el 50% tiene el sistema APPCC (Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos) (Figura 3). Asimismo, el nivel de implantación de las normas privadas de certificación de la calidad es muy superior al de las públicas. Entre las normas privadas hay un claro liderazgo de GlobalGAP (el 96% de los encuestados la tienen implantada en campo y el 79% en almacén). Destacan también las normas BRC (British Retail Consortium), IFS (International Food Standard) y a más distancia otros protocolos como Nature Choice. Entre las normas públicas, las más frecuentes son las certificaciones de calidad de Producción Integrada y Producción Ecológica. Las razones indicadas por los agentes entrevistados para implantar dichos protocolos de certificación son: la imposición del cliente, el aumento de las posibilidades de venta y, en menor medida, el incremento de calidad, pero en ningún caso los asocian a un mayor precio del producto. Para los distribuidores, estos sellos de calidad certificada son una garantía de que los alimentos cumplen con los niveles establecidos de calidad y seguridad, y de que se han elaborado siguiendo criterios de sostenibilidad, respetando la seguridad, higiene y el medio ambiente, lo que reduce los costes de transacción entre los productores y distribuidores.

Grazia y Hammoudi (2012) distinguen dos sistemas de seguridad alimentaria: los instrumentos públicos de regulación para asegurar la verificación del cumplimiento de la legislación sobre piensos y alimentos y toda una serie de estándares privados, bien "internos" de cada empresa o en el contexto de las relaciones de compradores-proveedores, especialmente impuestos por los grandes minoristas de alimentos, fabricantes y operadores de servicios para acceder al mercado.

El grado de conocimiento de los "Hábitos de consumo de los cítricos" es en general medio-bajo, con claras diferencias entre los diferentes tipos de mercado: hay un mayor desconocimiento del mercado local o nacional que del mercado internacional, lo que pone de manifiesto la vocación exportadora del sector de cítricos. Las fuentes de información más utilizadas por los agentes encuestados son los viajes de prospección de mercados y los Informes elaborados por las Interprofesionales, así lo indican el 37% y 34% de los encuestados, respectivamente. Le siguen el Observatorio del Consumo y la Distribución Alimentaria (OCDA) del MAGRAMA, indicado por el 27% de los encuestados, y los Informes del ICEX, por el 23%. Además, el 23% consultan otras fuentes (Informes de FAECA, Asociafruit, clientes, etc.) (Figura 4). De este modo, las fuentes de información de organismos oficiales, como el MAGRAMA o el ICEX están peor valoradas que las fuentes privadas: viajes de prospección o encuestas propias. Además, el tema de la promoción y el consumidor final despierta gran interés entre los agentes encuestados, los cuales demandan información sobre ayudas directas a la promoción, canales de promoción de bajo coste, estructura comercial de potenciales países de destino, tendencias de consumo de fruta fresca y zumos, datos de consumo detallado a nivel varietal y por países, etc.

Potencialidad de la plataforma de información

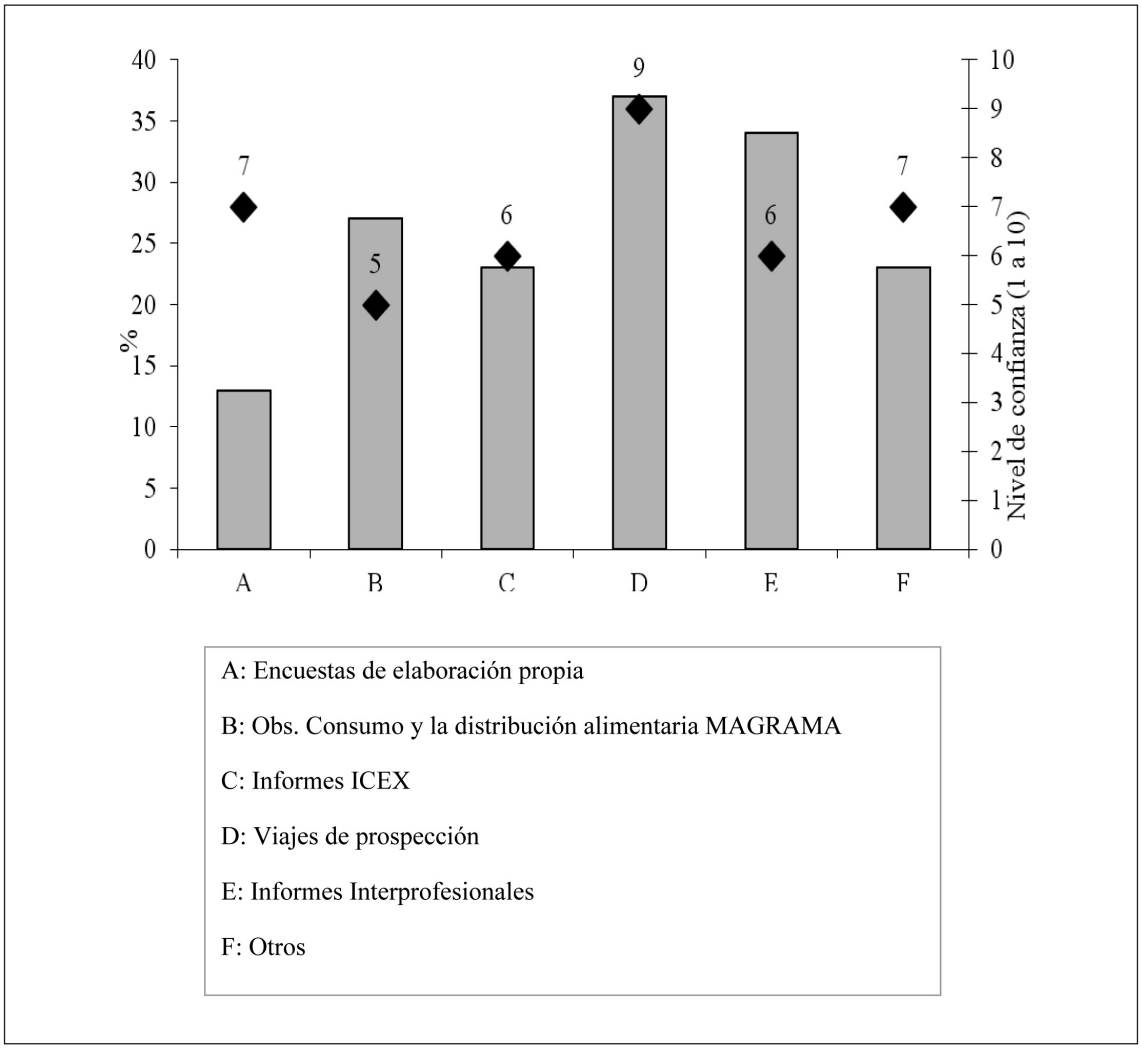
La población encuestada está familiarizada con las herramientas informáticas puesto que usa frecuentemente tecnologías TIC para la búsqueda de información, fundamentalmente



A.- Sistema de Trazabilidad básico y obligatorio
B.- Sistema APPCC
C.- Sistema autocontrol
D.- Normas Públicas
D1.- Producción ecológica en campo
D2.- Producción ecológica almacén
D3.- Producción integrada en campo
D4.- Producción Integrada almacén
E.- Normas Privadas
E1.- Globalgap campo
E2.- Globalgap almacén
E3.- International Food Standard(IFS)
E4.- British Retail Consortium (BRC)
E5.- Otras

Fuente. Elaboración propia a partir de la encuesta realizada en 2012.

Figura 3. Sistema de trazabilidad implantado.
En barras con línea horizontal se presentan los principales niveles de trazabilidad.
Los niveles dentro de las Normas públicas y privadas están detallados en las barras de puntos.
Figure 3. Traceability system implemented.



Fuente. Elaboración propia a partir de la encuesta realizada en 2012.

Figura 4. Fuentes de información y nivel de confianza en el tema de "Promoción y hábitos de consumo".
Figure 4. Information Sources and trust level with regard to the topic "Promotion and consumption habits".

Internet a través del ordenador (100%) y además a través del móvil (87%), aunque el uso de las redes sociales y los foros es menor (36% y 23%, respectivamente). Entre las notables potencialidades que tendría la plataforma de información destacan la posibilidad de compartir información en tiempo real y el rápido acceso al conocimiento, lo que favorecería la eficiencia en la toma de decisiones y la coordinación de las acciones de los productores.

Los agentes encuestados indican que las temáticas prioritarias que debe contener la plataforma son: la Organización de la oferta y estructura de la cadena de valor de los cítricos, Mecanismos de formación de precios y Promoción y consumidor final, Transporte y logística, Legislación y aduanas, y Trazabilidad y seguridad alimentaria. Los productores demandan más información agronómica que de otros aspectos, sin embargo la mayoría no conocen los productos que demanda el consumidor final. Cuando proyectan una nueva plantación de cítricos, consultan al viverista y a otros productores, pero lo lógico sería deducir esa información de las necesidades de sus futuros compradores.

Los agentes, entre ellos todos los productores y el único exportador, estarían dispuestos a compartir información sobre precios y clientes. No obstante, el 63% ponen algún tipo de condicionante, como "solo con empresas muy relacionadas con el sector", "condicionado a que la plataforma funcione bien", etc.

Propuestas

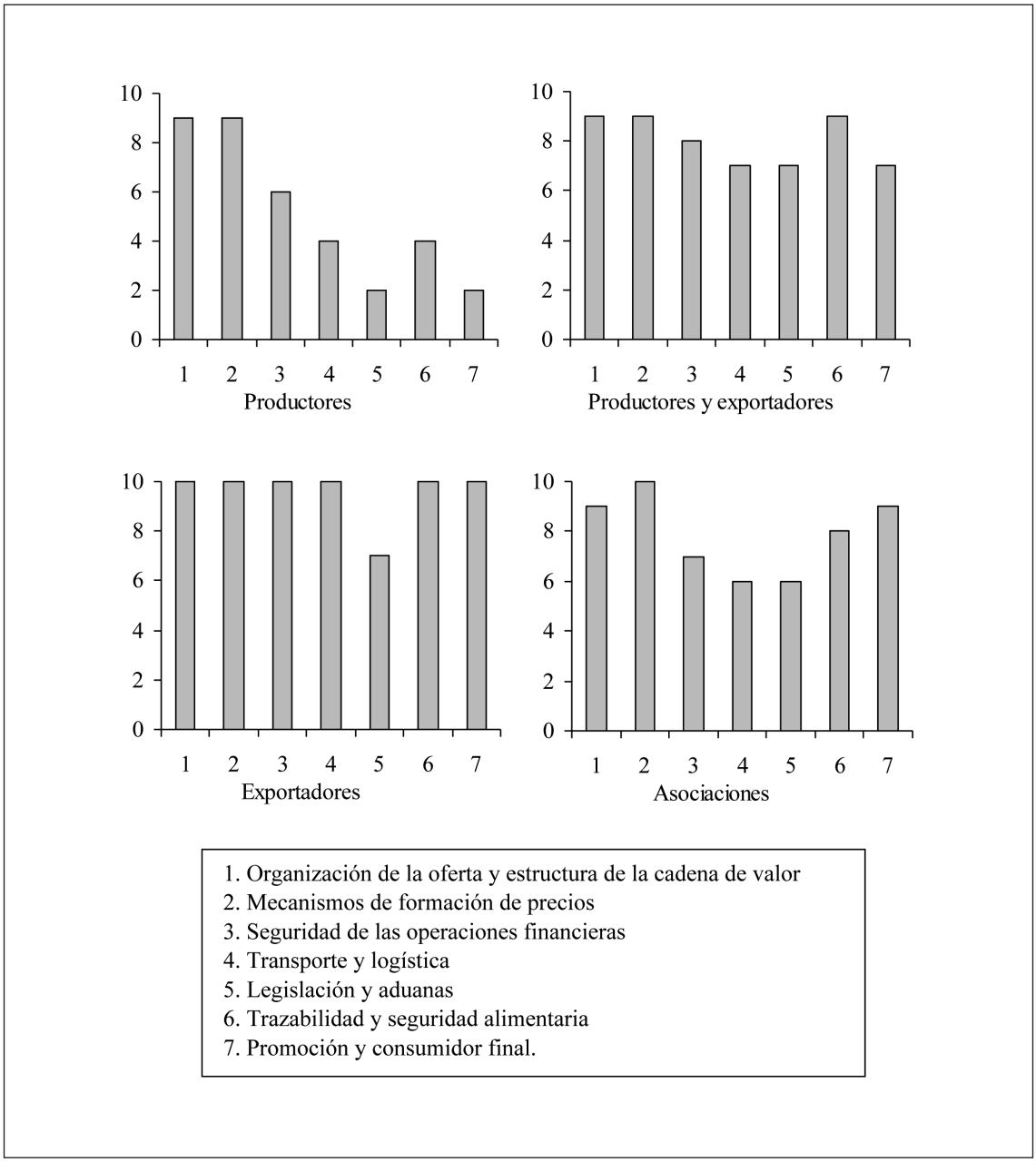
Los agentes manifiestan ciertas diferencias en la ordenación de prioridades de información en la hipotética plataforma virtual. Los productores valoran fundamentalmente las temáticas que afectan a su actividad y precio, especialmente la Organización de la oferta y estructura de la cadena de valor y los Mecanismos de formación de precios (valoración media 9). Las temáticas menos valoradas son la Legislación y aduanas y Promoción del consumidor final (valoración media 2) posiblemente porque están especializados en la etapa productiva y no se dedican al comercio exterior ni a la comercialización del producto final (Figura 5). El resto de agentes manifiestan un importante interés por todas las temáticas (valoración media mayor o igual a 6) y de forma mucho más homogénea.

El 73% de los encuestados estarían dispuestos a pagar por la información de la plataforma, mientras que un 20% tiene claro que no pagaría y el 7% NS/NC. De los que contestan afirmativamente, el 68% pondría restricciones a dicho pago, fundamentalmente en función del "tipo de información y precio" y puntualmente un encuestado estaría dispuesto a pagar "en función de la calidad del servicio". Las diferencias entre las actividades de los agentes suponen distintas disposiciones para remunerar la información. Todos los productores y exportadores estarían dispuestos a retribuir la información que suministraría la plataforma y el 24% de los productores-exportadores y el 33% de las asociaciones no pagarían por ello (Figura 6).

La mayoría de los agentes piensa que la plataforma debe ser gestionada de forma mixta, entre la Administración pública y empresas o asociaciones privadas. Creen, por su experiencia, que si la plataforma es gestionada por la Administración, no llegaría a ser una plataforma dinámica y viva, y por el contrario si fuera exclusivamente gestionada por una empresa o asociación, ésta la intentaría utilizar para su propio beneficio o el de sus socios. Se propone, por ejemplo, que sea la Administración quien desarrolle la plataforma, y que los agentes le den vida. Deberían también participar organismos públicos de investigación, como la Universidad y el IFAPA, utilizando esta plataforma para informar a los agentes de los estudios y los proyectos en curso.

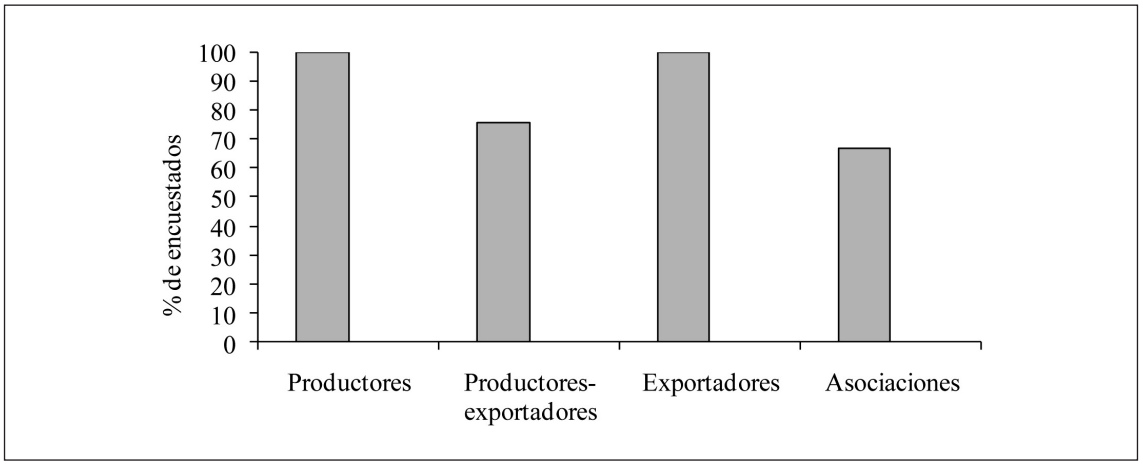
Conclusiones

Los agentes encuestados en este trabajo son representativos del sector citrícola de Andalucía occidental, particularmente de las provincias de Sevilla y Huelva. Fundamentalmente producen naranjas y mandarinas, y comercializan su producción en fresco, siendo su principal destino el mercado exterior, sobre todo países de la Unión Europea. En su mayoría se trata de SCA y SAT, con una media de 10 trabajadores fijos y 100 eventuales.



Fuente. Elaboración propia a partir de la encuesta realizada en 2012.

Figura 5. Preferencias (1 a 10) de los agentes por las diferentes temáticas para la hipotética plataforma virtual.
Figure 5. Preferences of the agents for the different subject matters for the hypothetical virtual platform.



Fuente. Elaboración propia a partir de la encuesta realizada en 2012.

Figura 6. Disposición a pagar por la información en la futura plataforma según actividad de los agentes.
Figure 6. Willingness to pay for the information provided by the potential platform according to the activity of the respondent.

El proyecto de implantación de una plataforma de información en el sector de los cítricos en Andalucía puede ser viable puesto que hay una clara demanda de información por parte de la población encuestada, que supone el 65% de la producción citrícola andaluza y el 50% de la exportación total. La demanda es clara en todo lo relacionado con la organización de la oferta y estructura en la cadena de valor de los cítricos, mecanismos de formación de precios y promoción y consumidor final. Se advierte una gran necesidad de información sobre los niveles de los precios. Algunos agentes señalan que sería interesante especificar precios según variedades, calibres y tipos de envases de los productos vendidos a la industria.

El modelo de plataforma debería ser de gestión mixta, público-privada. La Administración se encargaría de implantar la herramienta y del control de la información, y los agentes le aplicarían un carácter dinámico y vivo. También deberían participar organismos públicos de investigación como la Universidad y el IFAPA (Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria y Pesquera), que informarían de los resultados de sus trabajos de investigación. La mayoría de los encuestados estarían dispuestos a pagar por los servicios que suministre la plataforma, si bien indican algunas limitaciones en cuanto al acceso, calidad del servicio y precio.

Agradecimientos

Esta investigación se ha desarrollado por encargo de la Fundación Corporación Tecnológica de Andalucía (CTA), a través del Contrato de Investigación 1480/0565, con el fin de utilizar los resultados para su proyecto Trading. Los autores quieren expresar su agradecimiento a los agentes sociales entrevistados por su colaboración en el desarrollo de esta investigación y a Mariana Sánchez Ocaña por su apoyo técnico.

Bibliografía

Analistas Económicos de Andalucía (2011). Competencia y Cadena de valor en la producción y distribución de cítricos. Unicaja, Málaga. 134 pp.

Arenas F, Carmona A, Salguero A, Hervalejo A, Martínez-Ferri E, Alfonso JM (2009). El cultivo de los cítricos en Andalucía. Levante Agrícola 397: 272-278.

Arenas F, Castillo C, Hervalejo A (2011). Continúa aumentando la producción de cítricos en Andalucía con nuevas variedades tardías. Vida Rural 328: 40-44.

Arenas F, Hervalejo A (2013). Análisis del cultivo de los cítricos en Andalucía. Vida Rural 362: 34-40.

Aznar-Sánchez JA, Galdeano-Gómez E, Álvarez-Ramos J, Tapia-León J, Godoy A (2013). El sector de la comercialización hortícola en Almería. Concentración, prospectiva y logística. Cajamar, Serie Economía, Almería. 121 pp.

Bueno-Campos E (2004). Curso básico de Economía de la Empresa. Un enfoque de organización. Ediciones Pirámide, Madrid. 710 pp.

Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural (CAPDR) (2013). Anuarios de Estadísticas Agrarias y Pesqueras de Andalucía. Disponible en http://www.cap.junta-andalucia.es (03 abril 2014).

Consejería de Agricultura y Pesca (2009). Análisis del sector citrícola en Andalucía. Dirección General de Planificación y análisis de mercados. Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía, Sevilla. 66 pp.

Delgado C (2013). La cesta doblega al carrito. El País. 10 de noviembre.

Dicken P (2007). Global Shift. Mapping the changing contours of the world economy.Sage Publications, London. 632 pp.

Eraso E (2010). Análisis de la comercialización del sector de los cítricos en Andalucía. En. Analistas Económicos de Andalucía Informe sectorial Agrario en Andalucía 2009. Málaga: 303-320.

Etxezarreta M (2006). Los elementos que conforman la evolución de la agricultura. En: La agricultura española en la era de la globalización (Ed. Etxezarreta M), pp. 27-213. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.

FAO, 2013. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponible en http://faostat.org (14 marzo 2013).

Gereffi G (2001). Las cadenas productivas como marco analítico para la globalización. Problemas del Desarrollo 125: 9-37.

Gereffi G, Humphrey J, Kaplinsky R, Sturgeon T (2001). Introduction: Globalisation, Value Chains and Development. Institute of Development Studies, Bulletin 32.3. 12 pp.

Grazia C, Hammoudi A (2012). Las cadenas de valor globales y la heterogeneidad en los estándares de seguridad alimentaria: una panorámica sobre las principales cuestiones económicas. Cuadernos de Estudios Agroalimentarios 04: 47-68.

Green RH, Dos Santos R (1992). Economía de Red y reestructuración del sistema agroalimentario. Estudios Agro-Sociales 162:37-61.

Humphrey J, Schmitz H (2004). Chain governance and upgrading: taking stock. In: Local enterprises in the global economy (Ed. H Schmitz), pp. 349-381. Massachusetts, USA.

Koc M (1994). La globalización como discurso. En: Globalización del sector agrario y alimentario (A Bonanno), pp. 51-78. Ministerio de Agricultura y Pesca y Alimentación. Madrid, España.

Langreo A (2012). La estrategia de la gran distribución y su incidencia en la cadena producción. Cuadernos de Estudios Agroalimentarios 4: 29-46.

López-Chachero M, (1989). Análisis y adopción de decisiones. Ediciones Pirámide, Madrid.447 pp.

MAGRAMA (2013) Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Anuario de Estadística 2010. Disponible en http://www.magrama.gob.es. (14 marzo 2013).

Mili S (1996). Organización de mercados y estrategias empresariales en el subsector del aceite de oliva. Ministerio de Agricultura y Pesca y Alimentación, Madrid. 390 pp.

Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (2010). La distribución comercial en España. Boletín económico de ICE 2993: 9-223.

Porter M (2010). Ventaja Competitiva. Creación y sostenibilidad de un rendimiento superior. Pirámide, Madrid. 592 pp.

Rebollo-Arévalo A (2012). Evolución de los márgenes comerciales de los productos frescos de alimentación. Distribución y Consumo 122: 1-13.

Sanz J (1997). El Sistema Agroalimentario Español. Cambio estructural, poder de decisión y organización de la cadena agroalimentaria. En: Agricultura y sociedad en la España contemporánea (Ed. J Gómez C y González), pp. 355-396. CIS, Madrid.

Soldevilla-García E (1984). Decisiones empresariales con riesgo e incertidumbre. Editorial Hispano Europea, Barcelona. 473 pp.

SPSS Inc. (2006). *Manual del Usuario de SPSS Base 15.0.* SPSS Inc., Chicago. 177 pp.

(Aceptado para publicación el 3 de diciembre de 2014)

PREMIOS DE PRENSA AGRARIA 2015
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 2015. 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 (2015)

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, Economía agroalimentaria. Se aceptan contribuciones en formato de artículo de investigación, de revisión o de nota técnica. El envío de un artículo implicará que el mismo no haya sido publicado o enviado para publicar en cualquier otro medio de difusión o lenguaje, y que todos los coautores aprueben dicha publicación. Los derechos sobre todos los artículos o ilustraciones publicados serán propiedad de ITEA, que deberá recibir por escrito la cesión o copyright, una vez aceptado el artículo. La publicación de un artículo en ITEA no implica responsabilidad o acuerdo de ésta con lo expuesto, significando solamente que el Comité de Redacción lo considera de suficiente interés para ser publicado.

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/). 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 una carta de presentación en la que figure el título, los autores y un listado con 4 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 2 revisores que conocerán la identidad de los autores, no así al contrario. En caso de que las evaluaciones de los 2 revisores difieran significativamente, el manuscrito podrá ser enviado a un tercer revisor. 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, estarán obligados a modificar el artículo en el plazo de 3 meses desde su comunicación, antes de que sea aceptado definitivamente. Los manuscritos revisados se enviarán a través de la página web de AIDA. 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 justificarlo debidamente al editor. Una vez recibidas las pruebas de imprenta del manuscrito, los autores deberán devolver dicho manuscrito corregido en el plazo de 1 semana. Si el editor no recibe una respuesta por parte de los autores tras 6 meses el artículo será rechazado.

2. Preparación del manuscrito

Los artículos de investigación y las revisiones tendrán una extensión máxima de 30 páginas a doble espacio en hojas de tamaño DIN A4, tablas y figuras incluidas. Se utilizará la fuente Times New Roman (tamaño 12), se numerarán las líneas de manera consecutiva y las páginas, y se fijarán cuatro márgenes de 2,5 cm. Las referencias bibliográficas, tablas y figuras se incluirán en hojas separadas.

Los manuscritos incluirán en la primera página:

- Título: 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. En caso de que pertenezcan a distintas instituciones, indicar a cada autor con números superíndices diferentes. Si un autor desea aparecer con dos apellidos, éstos deberán unirse con un guión.
- Nombre y dirección postal profesional de los autores. Si se quiere poner la dirección actual, deberá indicarse con una letra minúscula como superíndice.
- Correo electrónico del autor a quien se va a dirigir la correspondencia

Ejemplo:

J. Smith[1,a],* P.E. Jones[2], J.M. Garcia[1,3] and P.K. Martin Jr[2]

[1]Department of Animal Nutrition, Scottish Agricultural College, West Main Road, Edinburgh EH9 3JG, Reino Unido

[2]Animal Science Department, North Carolina State University, Raleigh, NC 27695-7621, EE. UU.

[3]Laboratorio de Producción Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza, C. Miguel Servet, 177, 50013, Zaragoza, España

[a]Dirección actual: Dairy Science Laboratory, AgResearch, Private Bag 11008, Palmerston North, Nueva Zelanda

*Autor para correspondencia: jsmith@edi.uk

El manuscrito incluirá a continuación:

- Resumen, que deberá tener un máximo de 250 palabras, e incluirá brevemente los objetivos del trabajo, el material y métodos, 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.
- Apartados de los artículos de investigación: Introducción, Materiales y métodos, Resultados, Discusión y Referencias bibliográficas (ver especificaciones en el siguiente apartado), tablas y figuras. Los resultados y discusión se pueden presentar de manera conjunta.

Las notas técnicas, referidas a trabajos experimentales de extensión reducida, no excederán de 2.000 palabras, incluidas Tablas y/o Figuras, y deberán incluir la traducción al inglés del Título del artículo, Resumen, Palabras clave, título de tablas y pie de figuras.

3. Apartados del manuscrito

El formato de títulos de los apartados será en negrita, pero el de los subapartados no.

- **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, valores medios y medidas de variabilidad.
- **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 tener la mayor información.
- **Discusión**: deberá interpretar los resultados obtenidos, teniendo en cuenta además otros trabajos publicados. Finalizará indicando las conclusiones a las que han llegado los autores del manuscrito, así como las posibles implicaciones prácticas que de ellas puedan derivarse.
- **Agradecimientos**: podrá mencionarse el apoyo prestado por personas, asociaciones, instituciones y/o fuentes de financiación del trabajo realizado.

- **Referencias bibliográficas**: sólo se citarán aquellas referencias relacionadas con el trabajo o que contribuyan a la comprensión del texto. Como máximo se podrán utilizar 60 citas en los artículos de investigación. En las revisiones podrán figurar las citas que sean necesarias. En el manuscrito, se mantendrá el orden cronológico en caso de citar varios autores. Las referencias en el texto deben hacerse siguiendo los siguientes ejemplos:
  * un autor (Padilla, 1974)
  * dos autores (Vallace y Raleigh, 1967)
  * más de 3 autores: (Vergara *et al*., 1994)

Los nombres de entidades u organismos que figuren como autores, por ejemplo Dirección General de la Producción Agraria (DGPA), deberán citarse completos en la Bibliografía la primera vez. Las referencias múltiples se harán según se indica en el siguiente ejemplo: (Martínez et al., 1971 y 1979). Se añadirá una letra al año de publicación para identificar artículos del mismo autor y del mismo año (2012a, b). La cita podrá formar parte de la frase en el texto, como sigue "como indicaban Gómez *et al*. (1969)".

Al final del trabajo se citarán en orden alfabético por autor todas las referencias utilizadas en el texto. Se podrán citar trabajos "en prensa", siempre que el documento haya sido aceptado para su publicación. En casos excepcionales, se aceptarán menciones como "Comunicación personal" o "Resultados no publicados", aunque no constarán entre las referencias bibliográficas. Se indican a continuación ejemplos de cita bibliográfica (artículo, libro, capítulo de libro, acta de Congreso, fuente electrónica, documento de trabajo, documento legal).

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. JG Cunningham), pp. 430-467. W.B. the Saunders Company, an Elsevier imprint.

Libro

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

Acta de congreso

– Bispo E, Franco D, Monserrat L, González L, Pérez N, Moreno T (2007). Economic considerations of cull dairy cows fattened for a special market. Proceedings of 53rd International Congress of Meat Science and Technology, 5-10 agosto 2007, Beijing, China, pp. 581-582.

Fuente electrónica

– FAO (2011). Food and Agriculture Organization statistical database. Disponible en http://faostat.fao.org/default.aspx (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.

En la pagina web de AIDA se puede descargar el fichero de estilo de endnote "ITEA.ens".

- **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. Se incluirán en el mismo documento, pero en hojas separadas al texto, y señalando su emplazamiento aproximado. 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 no se usarán tabulaciones. 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	Tipo de carne	Origen	Sistema
1	22 €/kg	Lechal	Nacional	Convencional
2	22 €/kg	Cebo	Extranjero	Ecológico
3	18 €/kg	Lechal	CLM	Ecológico
4	18 €/kg	Ternasco	Extranjero	Convencional
5	18 €/kg	Cebo	Nacional	Convencional
6	14 €/kg	Lechal	Extranjero	Convencional
7	14 €/kg	Cebo	CLM	Convencional
8	22 €/kg	Ternasco	CLM	Convencional
9	14 €/kg	Ternasco	Nacional	Ecológico

Fuente: 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 en las gráficas 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.

4. Normas de estilo

- Se aplicará el Sistema Internacional de Unidades.
- Los decimales se indicarán en español con una coma (,) y en inglés con un punto (.).
- Las abreviaturas se definirán la primera vez que se citen en el texto.
- Las frases no podrán comenzar con una abreviatura o un número.
- Los nombres latinos de géneros, especies y variedades se indicarán en cursiva y los nombres de cultivares entre comillas simples (p. ej. 'Sugar Baby').
- Los nombres de hormonas o productos químicos comenzarán con minúsculas (sulfato de metilo, en vez de Sulfato de Metilo).
- Las fórmulas químicas se nombrarán según las normas IUPAC (p. ej. H2SO4 en vez de SO4H2) y los nombres comerciales comenzarán con mayúscula (p.ej. Foligón).
- Las llamadas en nota a pie de página o cuadro deberán ser las menos posibles y, en todo caso, se indicarán mediante números correlativos entre paréntesis (p. ej. (1), (2), evitando el uso de asteriscos, letras o cualquier otro signo).
- Los niveles de significación estadística no necesitan explicación (* = P<0,05; ** = P<0,01; ***= P<0,001; NS = no significativo).

Volumen 111
Número 3
Septiembre 2015

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