itea

información técnica económica agraria

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO



Volumen 117

Número 4

Septiembre 2021

aida-itea.org

itea

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

2021- AÑO LII Vol. 117 N.º 4 http://dx.doi.org/10.12706/itea	**DIRECCIÓN Y REDACCIÓN** Avda. Montañana, 930 50059 ZARAGOZA (ESPAÑA) Tel.: 34-976 716305 Fax.: 34-976 716335 E-mail: direccion@aida-itea.org	Depósito legal: Z-577-82 ISSN: 2386-3765 INO Reproducciones, S.A. Pol. Malpica, calle E, 32-39 (INBISA II, nave 35) 50016 Zaragoza

DIRECCIÓN: Albina Sanz, CITA de Aragón. España

EDICIÓN CIENTÍFICA: José Manuel Alonso, CITA de Aragón. España
Javier Álvarez, Universidad de Lleida. España
Alicia Cirujeda, CITA de Aragón. España
Paula Gaspar, Universidad de Extremadura. España
Gabriel Pardo, CITA de Aragón. España
Ana Pina Sobrino, CITA de Aragón. España
Helena Resano, IA2-Universidad de Zaragoza. España.
Guillermo Ripoll, CITA de Aragón. España
Ana Isabel Sanjuán, CITA de Aragón. España

EDICIÓN TÉCNICA: María Salillas, Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario. España

COMITÉ DE REDACCIÓN: Alfonso Abecia, Universidad de Zaragoza. España.
Jorge Álvaro, EEAD Zaragoza. España
Arancha Arbeloa, EEAD Zaragoza. España
Carlos Calvete, CITA de Aragón. España
Fernando Escriu, CITA de Aragon. España
Vicente González, CITA de Aragón. España
Cristina Mallor, CITA de Aragón. España
Javier Rodrigo, CITA de Aragón. España

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

ITEA-Información Técnica Económica Agraria aparece indexada en SCI Expanded, Journal Citation Reports/Science Editions, ICYT,CABI, SCOPUS y EBSCO. 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.

https://www.aida-itea.org/index.php/revista-itea/presentacion-itea



Foto y Texto de Noelia Aldai Elkoro-Iribe

Ejemplares de la raza Caballo de Monte de País Vasco en la Sierra de Aralar (Navarra, Guipúzcoa). Las explotaciones de equino orientadas a la producción de carne tienen un importante papel en el desarrollo sostenible de las zonas de montaña, tanto a nivel económico, ambiental como social, colaborando en el mantenimiento del medio ambiente bajo sistemas extensivos basados en el pastoreo de los recursos disponibles, con un importante papel en el desbroce y limpieza del monte y con ello implicados de forma directa en la prevención de incendios forestales; así como en el desarrollo económico y mantenimiento de la actividad rural, tan necesaria en estas zonas donde la despoblación y la falta de alternativas empresariales condiciona su futuro.

Sumario

Producción Vegetal

Compatibilidad del portainjerto CM-334 y su respuesta sobre el rendimiento, calidad fisicoquímica y contenido de capsaicinoides en frutos de *Capsicum pubescens*.
Compatibility of the rootstock CM-334 and its response on the yield, physicochemical quality and content of capsaicinoids in Capsicum pubescens.
Mario Pérez-Grajales, Tabita Queren Pérez-Reyes, Oscar Cruz-Álvarez, Rogelio Castro-Brindis y María Teresa Martínez-Damián 332

Reutilización del sustrato post-cultivo de hongos en semillero de hortícolas.
Reuse of the spent mushroom substrate in a vegetable seedbed.
María R. Yagüe y M. Carmen Lobo 347

Producción Animal

Factores determinantes de la rentabilidad de las granjas de vacuno de leche en Castilla y León.
Determining factors of the profitability of dairy farms in Castilla y León.
María José Fernández de la Cal, Ángel Ruiz Mantecón y Alfonso Moral 360

¿Cómo afecta la disponibilidad de espacio y el tamaño de grupo al bienestar de los animales de granja?
How does space allowance and group size affect the welfare of farm animals?
Rubí Elena Sánchez-Casanova, Germani Adrián Muñoz-Osorio y L.A. Sarmiento-Franco 375

Caracterización parcial del sector ganadero ecológico español y problemática actual.
Partial characterization of the Spanish organic livestock sector and current problems.
Carmen L. Manuelian, Elena Albanell, Xavier Such y Massimo De Marchi 390

Economía Agraria

Conocimiento y percepción sobre técnicas de riego deficitario controlado por parte de agricultores y técnicos agrarios del sudeste español.
Farmers' and agricultural technical advisors' knowledge and perceptions about regulated deficit irrigation techniques in SE Spain.
David Martínez-Granados y Javier Calatrava 415

Preferencias ante el empleo en el sector agrario: un análisis de género, generacional y de trabajadores actuales y futuros.
Job preferences in the agrarian sector: a gender, generation and present and future employees' analysis.
Deiyalí Angélica Carpio-Pacheco y Beatriz Urbano 436

Determinantes de la adopción de instrumentos de gestión del riesgo en la agricultura de regadío.
Factors explaining the adoption of risk management instruments in irrigated agriculture.
M. Dolores Guerrero-Baena, José A. Gómez-Limón y Sandra Sánchez-Cañizares 449

Compatibilidad del portainjerto CM-334 y su respuesta sobre el rendimiento, calidad fisicoquímica y contenido de capsaicinoides en frutos de *Capsicum pubescens*

Mario Pérez-Grajales[1], Tabita Queren Pérez-Reyes[1], Oscar Cruz-Álvarez[2], Rogelio Castro-Brindis[1] y María Teresa Martínez-Damián[1,*]

[1] Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia, Carretera México-Texcoco, km 38,5, C.P. 56230, Texcoco, Estado de México, México

[2] Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Avenida Pascual Orozco s/n, Campus 1, Santo Niño, C.P. 31350, Chihuahua, México

Resumen

En este estudio se evaluó la compatibilidad del chile serrano criollo de Morelos CM-334 como portainjerto, así como su efecto sobre el rendimiento, calidad fisicoquímica y contenido de capsaicinoides en frutos de chile manzano (*Capsicum pubescens*). El estudio se realizó durante los años 2017 y 2018 en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, México. Los híbridos 'Maruca', 'Jhos' y 'Dali' presentaron un nivel de compatibilidad del 92 %, 98 % y 96 %, respectivamente; donde el diámetro del tallo de las plantas injertadas fue significativamente mayor. Con excepción del grosor de la peridermis y el número de semillas, los valores de rendimiento y morfología del fruto se mantuvieron sin variación estadística. El uso del injerto permitió la cosecha de frutos más firmes (15,27 Newtons, 15,54 Newtons y 16,95 Newtons) y con menor pérdida de peso, aunque esta última variable soló fue sobresaliente para 'Jhos' y 'Dali'. Por otro lado, el contenido de capsacinoides fue estadísticamente similar entre los híbridos injertados y sin injertar con CM-334. El uso del cultivar CM-334 como portainjerto puede ser considerado como una alternativa en la producción de chile manzano, con la ventaja adicional de poder incluir su uso en el manejo integrado de *Phytophtora capsici*, principal limitante en la producción de chile.

Palabras clave: *C. annuum* L., componentes de rendimiento, morfología de fruto, manejo agronómico, resistencia a oomicetos, Scoville Heat Units.

Compatibility of the rootstock CM-334 and its response on the yield, physicochemical quality and content of capsaicinoids in *Capsicum pubescens*

Abstract

In this study the compatibility of the serrano pepper type Criollo of Morelos 334 as a rootstock, as well as its response at the yield, physicochemical quality and content of capsaicinoids in rocoto (*Capsicum pubescens*) was evaluated. The study was carried out during the years 2017 and 2018 in the Department

* Autor para correspondencia: teremd13@gmail.com

Cita del artículo: Pérez-Grajales M, Pérez-Reyes TQ, Cruz-Álvarez O, Castro-Brindis R, Martínez-Damián MT (2021). Compatibilidad del portainjerto CM-334 y su respuesta sobre el rendimiento, calidad fisicoquímica y contenido de capsaicinoides en frutos de *Capsicum pubescens.* ITEA-Información Técnica Económica Agraria 117(4): 332-346. https://doi.org/10.12706/itea.2021.003

of Plant Science of Universidad Autonoma Chapingo, Mexico. The hybrids 'Maruca', 'Jhos' and 'Dali' had a compatibility level of 92 %, 98 %, and 96 %, respectively; where the stem diameter of the grafted plants was significantly larger in relation to the non-grafted control. With exception of the thickness of the peridermis and the number of seeds, the yield and morphology values of the fruit remained without statistical variation. The use of grafting allowed the harvest of firmer fruits (15.27 Newtons, 15.54 Newtons and 16.95 Newtons) and less weight loss, although this last variable was only outstanding for 'Jhos' and 'Dali'. On the other hand, the capsacinoids content was statistically similar between the grafted and ungrafted hybrids with CM-334. The use of the cultivar CM-334 as rootstock can be considered as an alternative in the production of chili pepper, with the additional advantage of being able to include its use in the integrated management of *Phytophtora capsici*, the main limitation in the chili production.

Keywords: *Capsicum annuum* L., yield components, fruit morphology, agronomic management, oomycetes resistance, Scoville Heat Units.

Introducción

Entre las hortalizas de mayor consumo a nivel mundial se encuentra el chile (*Capsicum* spp.), un cultivo cuya diversidad morfológica y genética se encuentra integrada en alrededor de 30 especies, no obstante, solo cinco son domesticadas y de importancia económica: *C. annuum* L., *C. baccatum* L., *C. chinense* Jacq., *C. frutescens* L. y *C. pubescens* Ruiz & Pav. (Ibiza *et al*., 2012; Naegele *et al*., 2016; Ayala-Arias *et al*., 2017). En conjunto con el maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y tomate (*Solanum lycopersicum* L.) constituyen la base de la alimentación diaria de los países de América Latina (Edelstein *et al.,* 2017; Martínez-Damián *et al*., 2019).

C. pubescens Ruiz & Pav. es una especie originaria de la región de los Andes en Sudamérica (Bolivia, Ecuador y Perú), donde la altura de las áreas de adaptación y domesticación es entre 1500-3000 m s.n.m., cuyo clima es templado y con vegetación predominante de pino y encino (Cruz-Pérez *et al*., 2007). Esto contrasta con lo indicado para otras especies de chile que se desarrollan en zonas con menor altitud y en condiciones climáticas de tipo tropical y subtropical (Ibiza *et al.,* 2012). El fruto de *C. pubescens* posee un color amarillo intenso y características morfológicas que se asemejan a la manzana, razón por la que en México es llamado como chile manzano (Pérez-Grajales *et al.,* 2019). Esta especie de chile ha mostrado un incremento significativo en cuanto al área y el volumen de producción (Ayala-Arias *et al*., 2017), como consecuencia de los elevados precios que puede alcanzar como producto para consumo en fresco y del uso de invernaderos que permiten controlar de manera eficiente los factores edafoclimáticos adversos (Chang *et al.,* 2012).

La producción de chile, no solo de *C. pubescens,* se encuentra amenazada por el ataque de patógenos radiculares. Entre estos, el marchitamiento bacteriano (*Ralstonia solanacearum*) (Chang *et al.,* 2012), la pudrición de la raíz (*Phytophtora capsici)* (García-Rodríguez *et al.,* 2010; Sánchez-Chávez *et al*., 2017) y la marchitez del chile (*Fusarium* sp.) (Gisbert *et al.,* 2010), cuyos niveles de afectación pueden fluctuar entre 10 % y 80 % de la superficie plantada (Osuna-Ávila *et al.,* 2012; Sánchez-Chávez *et al.,* 2015). Sin embargo, *P. capsici* se presenta con mayor frecuencia, debido al amplio margen de condiciones medioambientales en las que se puede desarrollar (Flores-Córdova *et al.,* 2018). Además, la aplicación de fungicidas químicos ha provocado la resistencia del patógeno, contaminación ambiental y dificultad para un control eficiente de los síntomas (Louws *et al.,* 2010).

En los últimos años, una de las estrategias de manejo integrado más eficientes para el control de *P. capsici* sobre todo en *C. annuum* (especie más cultivada), es el uso de portainjertos resistentes, tal como los describen Osuna-Ávila *et al.* (2012) para chiles de tipo 'Cayene', 'Jalapeño' y 'Chilaca' (Flores-Córdova *et al*., 2018), 'pimiento morrón' (García-Rodríguez *et al.,* 2010) y 'chile ancho', entre otros (Abebe *et al.,* 2016). Lo anterior se asocia con la presencia de genes que coadyuvan a la expresión de resistencia, característica tan deseada en los portainjertos (Leal-Fernández *et al.,* 2013; Naegele *et al.,* 2016), donde se busca disminuir el efecto negativo provocado por problemas de humedad (sequia o exceso), suelos sobreexplotados y con deficiencias nutrimentales, contaminantes orgánicos, entre otros (Chang *et al.,* 2012; Sánchez-Chávez *et al.,* 2015).

Entre la gran diversidad de portainjertos disponibles en el mercado a nivel mundial, el cultivar de chile serrano criollo de Morelos CM-334 (Leal-Fernández *et al.,* 2013), es una de las principales fuentes de resistencia a *P. capsici* empleadas para el desarrollo de nuevas variedades comerciales en este cultivo (Osuna-Ávila *et al.,* 2012; Naegele *et al.,* 2016). En diversas investigaciones, se ha descrito que su uso incide en el comportamiento del rendimiento, vigor, área foliar, acumulación de biomasa y la calidad fisicoquímica de los frutos cosechados (Flores *et al.,* 2010; García-Rodríguez *et al.,* 2010; Hernández-González *et al*., 2014; Flores-Córdova *et al.,* 2018). Estos efectos pueden estar relacionados con una incompatibilidad vegetativa, es decir, una alteración en el transporte de metabolitos a través de floema y una modificación de procesos fisiológicos vía la síntesis hormonal (Leal-Fernández *et al.,* 2013; García-Bañuelos *et al.,* 2017), por lo que es necesario estudiar el comportamiento de diferentes variedades sobre cada portainjerto.

Los resultados obtenidos en muchas especies, incluido el chile, presentan alta variabilidad en el desempeño de la asociación portainjerto-injerto, debido a las condiciones edafoclimáticas, genotipo y condiciones de manejo (Rouphael *et al.,* 2010; Chávez-Mendoza *et al.,* 2015; Fallik e Ilic, 2015). Es por ello, que en este estudio se eligieron tres híbridos intervarietales registrados de *C. pubescens* ('Maruca', 'Jhos' y 'Dali'), considerados de alto rendimiento y buena calidad de fruto (SNICS, 2017). El objetivo de este trabajo fue de evaluar la compatibilidad de dichos híbridos con el cultivar de chile serrano criollo de Morelos CM-334 empleada como portainjerto, así como su efecto sobre el rendimiento, calidad fisicoquímica y contenido de capsaicinoides en frutos de *Capsicum pubescens*.

Material y métodos

Material vegetal, ubicación del experimento y manejo del cultivo

La técnica de injerto involucró el uso de los híbridos 'Maruca', 'Jhos' y 'Dali', obtenidos del programa de mejoramiento genético en chile manzano (establecido en 1994) de la Universidad Autónoma Chapingo y registradas en el Sistema Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) con los números 1351, 1298 y 1299, respectivamente. Como portainjerto se empleó el cultivar de chile serrano Criollo de Morelos 334 (CM-334) (*C. annuum* L.). El cultivo se realizó en condiciones de invernadero (tipo doble cenital y 50 % de sombra), ubicado en el Campo Agrícola experimental de la Universidad Autónoma Chapingo (UACh), Estado de México, México (19° 29′ 23″ N, 98° 52′ 24″ O), 2,269 m s.n.m. y temperatura media anual de 15,9 °C.

El portainjerto e híbridos fueron sembrados en charolas de poliestireno con 200 cavidades, rellenas con turba negra y cubiertas con ver-

miculita en una proporción 2:1 (v:v). Con el propósito de homogeneizar el diámetro de los tallos, la siembra de CM-334 (crecimiento anual) se realizó el 20 de abril de 2017, quince días previos a la siembra de los híbridos (5 de mayo de 2017) (crecimiento perenne). Además, para facilitar el proceso de injertado manual, 30 días después de la siembra, las plántulas de CM-334 fueron trasplantadas en charolas con 60 cavidades. El injerto utilizado fue de tipo empalme (García-Bañuelos *et al.,* 2017) y se realizó a los 77 días después de la siembra. Para mejorar la cohesión y desdiferenciación celular, se hizo coincidir el cambium de los tallos del portainjerto y de los híbridos. Dicho proceso fue llevado a cabo en una cámara de crecimiento provista con un sistema de microaspersores, donde la temperatura se mantuvo a 24 °C y humedad relativa inicial de 90 % con una disminución gradual a 50 % (10 días después del injerto (ddi)).

El día 4 de octubre de 2017 (90 ddi), las plantas de 'Maruca', 'Jhos' y 'Dali' injertadas sobre CM-334, así como también las plantas sin injertar (control), fueron trasplantadas en bolsas de plástico calibre 600 con capacidad de 60 l rellenas con tezontle rojo (roca de origen volcánico tipo ígnea) como sustrato y en condiciones de invernadero, con distancias de 0,8 m entre éstas y 1,6 m entre hileras. Se empleó un sistema de nebulización y tutoreo. El suministro de nutrientes se implementó mediante la aplicación de una solución nutritiva adaptada de Pérez y Castro (2012) a través de un sistema de riego por goteo, con un gasto medio de 3 l h^{-1} distribuidos en tres riegos durante el día. Las condiciones prevalecientes al interior del invernadero fueron: temperatura diurna de 18,3 °C, humedad relativa 70 %, radiación fotosintéticamente activa de 525 μmoles m^{-2} s^{-1} y 80 % de humedad del sustrato. La determinación de variables se realizó en el laboratorio de fisiología de frutales, así como en el de anatomía de frutales del Departamento de Fitotecnia (UACh).

Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 10 repeticiones, donde se seleccionó como unidad experimental una planta de cada híbrido evaluado (injertado y sin injertar). Se colectaron 2 frutos por planta evaluada en cuatro repeticiones y sobre dichos frutos se determinó la acidez titulable (AT), color, vitamina C (VC), sólidos solubles totales (SST), carotenoides totales y (CT). En el caso de capsaicinoides totales (CiT) el número de repeticiones y tamaño de muestra fue similar, no obstante, su cosecha se realizó por separado. Por otro lado, para la determinación de firmeza y pérdida de peso, se emplearon 10 repeticiones con 1 fruto por planta evaluada. Los frutos seleccionados para el análisis de laboratorio presentaron un peso promedio de 80 ± 2 g, color amarillo intenso y uniforme (madurez de consumo), donde se inspeccionaron de manera visual la ausencia de daños mecánicos y/o el causado por factores bióticos (plagas y enfermedades).

Parámetros evaluados

Anatomía de la zona de injerto

La evaluación de la anatomía de los tejidos vasculares en la zona del injerto se realizó de acuerdo con lo descrito por Lee *et al.* (2010), sufriendo ligeras modificaciones. Para ello, se llevaron a cabo 4 muestreos (5 ddi, 10 ddi, 15 ddi y 20 ddi), donde se tomó una porción de 5 mm del sitio de unión del injerto de cada híbrido evaluado. El material vegetal fue sumergido en fijador FAA (solución con 50 % etanol al 96 % + 5 % ácido acético glacial + 10 % formaldehído con 40 % de pureza + 35 % agua destilada) durante una semana, y posteriormente transferido al fijador GAA (solución de 25 % de glicerol + 50 % etanol al 100 % + 25 % agua destilada + 0,0002 de fast green). Los procesos de deshidratación, aclaramiento e inclusión en parafina de las

muestras se efectuaron mediante el empleo de un procesador automático de tejidos modelo 2000 (Histokinette Leica®, Alemania). Se realizaron cortes transversales y longitudinales de 12 µm de espesor con micrótomo rotatorio modelo Hyrax 25 (Zeiss®, Alemania). Para eliminar el exceso de parafina y realizar la tinción del tejido, se montaron en portaobjetos y se aplicó la combinación safranina-fast green, respectivamente. La captura de fotografías se llevó a cabo con cámara digital (Canon®, USA) montada en microscopio óptico estéreo Discovery v.20 (Zeiss®, Alemania).

Compatibilidad del injerto (unión variedad-patrón)

Se midió el diámetro del tallo en el sitio de unión (mm) con un calibre digital (Truper®, México) durante un año cada tres meses. Las evaluaciones se realizaron en la posición de 1 cm por debajo y por encima del sitio de unión.

Rendimiento

La cosecha se inició el 6 de marzo de 2018 y se realizó en periodos de ocho días hasta completar 10 cosechas (cosechas parciales). En cada cosecha se determinó el número de frutos por planta (NFP), peso de fruto por planta (PFP) y rendimiento en t ha^{-1} (R). Los valores de NFP y PFP fueron obtenidos con la suma de las cosechas parciales, mientras que el R se obtuvo como producto del PF y la densidad de plantación del cultivo (0,694 plantas m^{-2}).

Calidad fisicoquímica del fruto

Se seleccionaron frutos de las plantas escogidas como unidades experimentales, en la que se evaluó el volumen promedio de fruto (VPF), el peso promedio de fruto (PPF), el número de lóculos por fruto (NLF), el grosor de pericarpio (GP), el número de semillas (NS) y el peso de semillas (PS). El VPF se obtuvo de la cantidad de agua desplazada en ml por un fruto colocado en una probeta graduada de 1 l, y la suma de todos los volúmenes se dividió entre el número de frutos cosechados por planta de cada cosecha para obtener el valor medio. El PPF se obtuvo como producto del cociente del PFP y NFP de cada cosecha. La cuantificación del NLF se realizó mediante un corte trasversal en la parte media de cada fruto, que de manera simultánea se midió el GP (mm) con un calibre digital (Truper®, México). Se contabilizó el número de semillas (NS) y peso de semillas (PS) utilizando la balanza electrónica portátil Scout Pro SP202® (Ohaus, USA) con sensibilidad de 0,01 g.

La firmeza se determinó en la zona ecuatorial del fruto, mediante un texturómetro digital Compact Gauge® (Mecmesin CE, USA) fijado en una mesa con puntal en forma de cono con diámetro de 0,6 mm y altura de 9 mm, registrándose la lectura en Newtons (N), que es la fuerza aplicada hasta la penetración del puntal. Se determinó la pérdida de peso de los frutos por 12 días con una frecuencia de 72 horas y su calculó se realizó con la expresión:

$$\text{pérdida de peso (\%)} = \frac{\text{peso inicial-peso final}}{\text{peso inicial}} \times 100$$

El color se evaluó sobre la parte ecuatorial del fruto con un colorímetro ColorTec-PCM™ (Cole Palmer, USA) con escala Hunter Lab y con los valores de a* y b* se calculó el matiz (°h) y pureza del color (croma) (C*). Los parámetros de AT y TSS fueron determinados mediante la homogeneización de 10 g de fruto para obtener jugo. Para la evaluación del porcentaje de ácido cítrico (AT) se tomaron 5 ml de jugo que fueron neutralizados con NaOH 0,1 N, utilizando fenolftaleína al 1 % como indicador. Los SST se cuantificaron con un refractómetro digital manual portátil PAL-1® (ATAGO, USA). El contenido de ácido ascórbico (VC) fue determinado de acuerdo con el método de Tillman (AOAC, 1990) conocido como DFI-2,6 diclorofenol-in-

dofenol. Los resultados se expresaron en µg·100 g. Así mismo, se cuantificó la concentración de CT de acuerdo con la técnica propuesta por Lichtenhaler (1987), la cual consiste en homogeneizar 5 g de fruto en acetona al 80 % (v:v), se filtró con papel tipo Watmann poro 40 y aforo a 50 ml. Se obtuvieron los valores de absorbancia a 476 nm, 646 nm y 663 nm con un espectrofotómetro Genesys™ 10S UV VIS (Thermo Scientific, USA). Los resultados se expresaron µg·100 g.

Contenido de capsaicinoides

Para la extracción y cuantificación de capsaicinoides, los frutos se colocaron en bolsas de polietileno de baja densidad Ziploc® (Dow Chemical Company, USA) con dimensiones de 27 cm x 28 cm, las cuales fueron transportadas a laboratorio, donde fueron liofilizados durante 4 días y posteriormente homogenizados con una licuadora Oster® (Oster, USA). La extracción de los compuestos se realizó de acuerdo con el método descrito por Cruz-Pérez *et al.* (2007), para ello se tomó 1 g de muestra liofilizada, agregando 10 ml de acetonitrilo; la mezcla se colocó en un baño por 5 horas a 60 °C, se tomó una alícuota de 3 ml la cual se filtró mediante una membrana de nylon con poro de 45 µm y 25 mm de diámetro. La cuantificación se realizó a través de la inyección de 20 µl del extracto al cromatógrafo HP-1100 (Agilent®, USA), equipado con detector de UV y columna Supelcosil LC-18 (25 cm x 4,6 mm, 5 µm), cuya fase móvil consistió en acetonitrilo: agua (45:55), 1,5 ml de flujo, 23 ± 3 °C y longitud de onda de 280nm. Se usaron norhidrocapsaicina, capsaicina, y dihidrocapsaicina (Sigma®, USA) como estándares. La cuantificación se determinó mediante el método 995.03 (AOAC, 1995) con la aplicación de las expresiones:

$$N = \left[\left(\frac{Pn}{Ps}\right) x \left(\frac{Cs}{Wt}\right) x \left(\frac{10}{0.98}\right)\right] x\ 9300\ ;$$

$$C = \left[\left(\frac{Pc}{Ps}\right) x \left(\frac{Cs}{Wt}\right) x \left(\frac{10}{0.89}\right)\right] x\ 16100\ \text{ y}$$

$$D = \left[\left(\frac{Pd}{Ps}\right) x \left(\frac{Cs}{Wt}\right) x \left(\frac{10}{0.93}\right)\right] x\ 16100\ ;$$

donde N = nordihidrocapsaicina; C = capsaicina; D = dihidrocapsaicina; Pn, Pc, Pd corresponden al área del pico para N, C y D; Ps es el área del pico del estándar correspondiente; Cs es la concentración de la solución del estándar (mg ml^{-1}) y Wt es el peso de la muestra (g). Los resultados son Scoville Heat Unit (SHU) y de acuerdo con Collins *et al*. (1995) 1 µg de capsaicinoides g^{-1} es equivalente con 15 SHU.

Análisis estadístico

A los datos obtenidos se les verificó la normalidad y homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov y Bartlett, respectivamente (Sokal y Rohlf, 1995). De forma subsecuente, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y una comparación múltiple de medias mediante la prueba de "t" de Student ($P \leq 0,05$) para dos poblaciones (plantas injertadas y sin injertar). En todos los procedimientos, se empleó el programa de análisis estadístico SAS 9.1.3.

Resultados y discusión

Anatomía de la zona de injerto

El prendimiento final de 'Maruca', 'Jhos' y 'Dali' fue de 92 %, 98 % y 96 %, respectivamente (Fig. 1. G y H). Resultados similares han sido descritos por Osuna-Ávila *et al.* (2012) en chile 'Cayene', 'Jalapeño' y 'Chilaca' (*C. annuum* L.) injertados sobre CM-334. Lee *et al.* (2010) señalan que las plantas de *Capsicum*

son compatibles con especies del mismo género, lo cual se manifiesta con crecimiento y desarrollo normal del vástago, sin embargo, pueden presentarse casos de compatibilidad parcial, dado que CM-334 modifica la absorción de nutrientes, reguladores del crecimiento y agua (García-Rodríguez *et al.,* 2010), donde a nivel comercial, valores superiores al 90 % de prendimiento se consideran aceptables (Osuna-Ávila *et al.,* 2012). Además, no se presentaron síntomas de rechazo (abertura del patrón y la posterior necrosis de los tejidos), tal como lo señalan Abebe *et al.* (2016). Por otro lado, un incremento del prendimiento puede asociarse con la mejora en el control de la humedad relativa, humedad del sustrato y temperatura ambiental (Schwarz *et al.,* 2010), donde de manera adicional se tendría que considerar el tipo de injerto empleado, el genotipo, la técnica y la habilidad del injertador (Jeffre y Yeoman, 1983), así como la aplicación externa de ácido ascórbico para coadyuvar a disminuir el estrés generado por el corte y la posterior formación de callo (Johkan *et al.,* 2008).

Con respecto a la evolución en el desarrollo del sitio de unión portainjerto-injerto (Figura 1), en los primeros 5 ddi, se logró apreciar un conjunto de células muertas que forman una línea oscura y el nivel de cohesión entre las zonas del cambium vascular fue mayor en 'Maruca' con 20 % respecto a 'Jhos' y 'Dali'. Hartmann *et al.* (2011) indican que diámetros similares de tallo entre el portainjerto-injerto al momento de realizar su unión, facilita una mayor área de contacto del cambium vascular y se mejora la cicatrización, con lo que se evita el riesgo de muerte por obstrucción de los haces vasculares. Moore (1984) afirma que el desarrollo de un injerto compatible comprende tres fases principales: cohesión del injerto y portainjerto, proliferación de células de callo en la interfase del injerto y rediferenciación vascular a través de la interfase. Al respecto, Parkinson *et al.* (1987) encontraron en tomate (*S. lycopersicum* L.) que la cohesión inicia con la secreción de sustancias pécticas en el sitio de unión. Dicha fase tiene el objetivo de proporcionar un soporte mecánico inicial en el punto de unión, sin ser elementos que garanticen el éxito del injerto, debido a que estos procesos no requieren de reconocimiento celular. Así mismo, en este periodo de tiempo también se inicia con el entrelazamiento de las nuevas células del callo entre portainjerto-injerto, así como el inicio de la absorción de la línea de corte (Martínez-Ballesta *et al.,* 2010).

El proceso de unión, es decir, el restablecimiento de haces vasculares en 'Maruca' y 'Jhos', ya puede ser observado a los 10 ddi (Figura 1. C y D), y en 'Dali' no fue tan visible, siendo atribuido a una menor área de contacto entre los cambiums en el momento de realizar el injerto. En este período de tiempo, el sitio de unión se encuentra conformado por células muertas, las cuales en una proporción aproximada al 50 % fue eliminada y sustituida por células del parénquima, con excepción de la parte central, la cual se aprecia un espacio poroso (Figura 1. D). En este sentido, Hartmann y Kester (1984) mencionan que los espacios vacíos entre el portainjerto y el injerto se van rellenando con células de parénquima para la formación de tejido de callo.

En el tercer período de evaluación, ningún híbrido presentó espacios porosos y se observó un incremento del entrelazamiento de células de parénquima que visualmente se pudo constatar con 70 % de cicatrización, así como la capacidad de las plántulas de continuar con su desarrollo fuera de la cámara de crecimiento. Jeffree y Yeoman (1983) afirman que conforme se va desarrollando el tejido de callo, la capa necrótica es absorbida, debido al aumento del tamaño de las nuevas células, lo que confiere resistencia mecánica en el punto de unión. En el caso particular de 'Dali', la línea de unión fue más visible con respecto a 'Maruca' y 'Jhos', no obstante, en

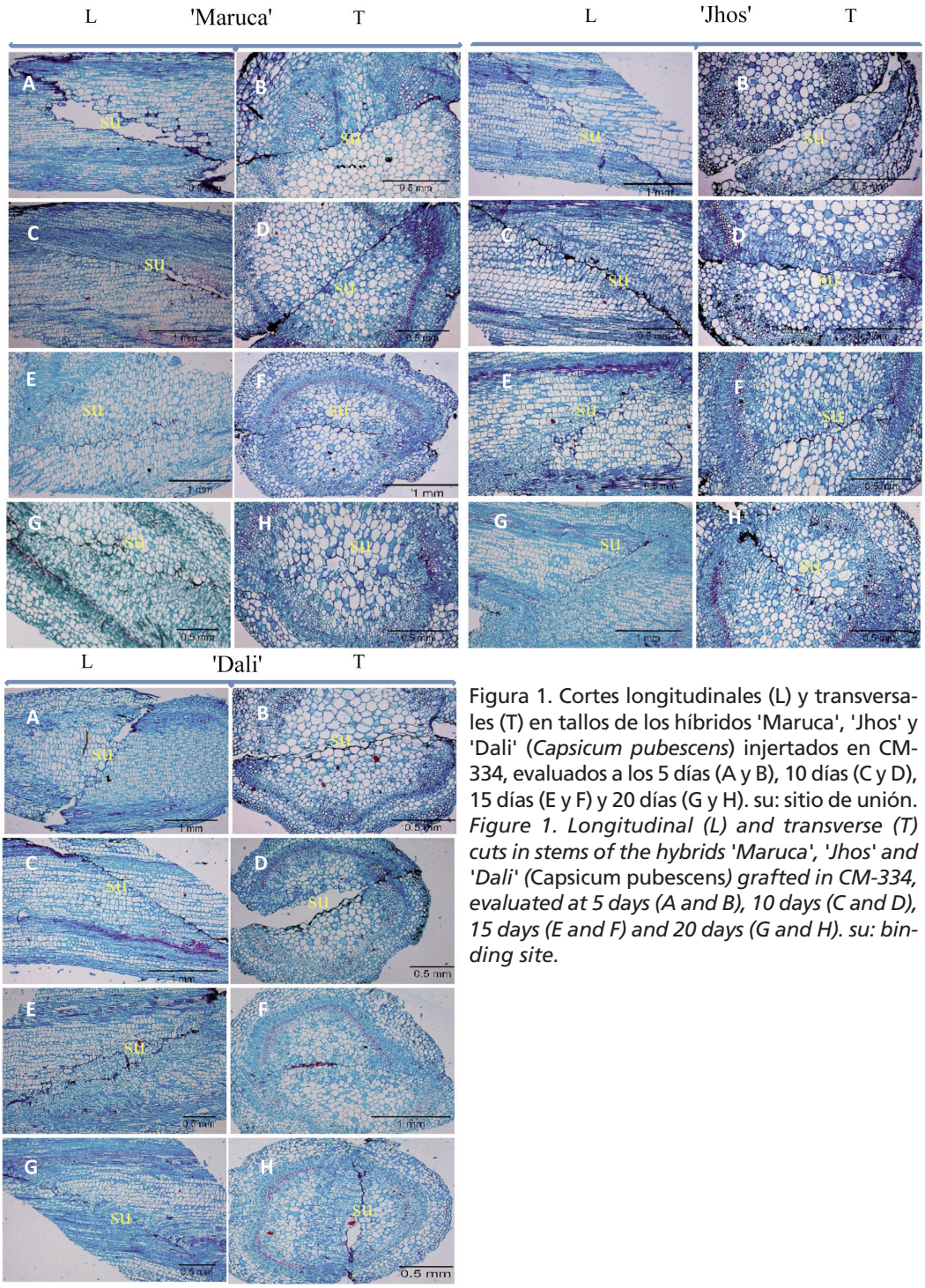


Figura 1. Cortes longitudinales (L) y transversales (T) en tallos de los híbridos 'Maruca', 'Jhos' y 'Dali' (*Capsicum pubescens*) injertados en CM-334, evaluados a los 5 días (A y B), 10 días (C y D), 15 días (E y F) y 20 días (G y H). su: sitio de unión.
Figure 1. Longitudinal (L) and transverse (T) cuts in stems of the hybrids 'Maruca', 'Jhos' and 'Dali' (Capsicum pubescens*) grafted in CM-334, evaluated at 5 days (A and B), 10 days (C and D), 15 days (E and F) and 20 days (G and H). su: binding site.*

estas últimas también se observó la rediferenciación del sistema vascular, dado el establecimiento continuo de los elementos del xilema. Es importante señalar que desde el día 5 ddi, los cortes longitudinales permitieron observar en 'Jhos' y 'Dali' una curvatura en los haces vasculares, sin embargo, este comportamiento fue más notorio a los 15 ddi. Fallik e Ilic (2015) indican la existencia de un sistema de reconocimiento celular que impide a los haces vasculares unirse con las células de la médula o de la corteza, sino que se curvan a conveniencia para buscar su contraparte correspondiente. Hartmann *et al.* (2011) señalan la importancia que tiene durante el injerto la presencia de tallos con diámetros similares, debido a que se facilita el hacer coincidir las partes cortadas, de tal manera que una porción considerable de las regiones cambiales de portainjerto-injerto queden en contacto y de esta manera disminuye el tiempo para la rediferenciación celular.

El último período de evaluación se caracterizó por la formación de la cicatriz en la línea de unión con 90 % de absorción del tejido y la unión vascular completa. En este período también se observó una ligera curvatura de los haces vasculares en 'Maruca' y 'Dali' (Figura 1. G y H), sin embargo, dicha curvatura no afectó la rediferenciación del sistema de haces vasculares, y un proceso característico de esta etapa es la conclusión del proceso de lignificación del xilema y del sitio de unión (Leal-Fernández *et al.,* 2013), lo cual coincide con la alta compatibilidad con el portainjerto. Johkan *et al*. (2008) afirman que las conexiones del xilema pueden diferenciarse desde el primer día, después de realizar el injerto en zonas muy pequeñas (<1 %), pero para que la unión del injerto se considere exitosa se necesita que varias conexiones de xilema y floema atraviesen la interface del injerto.

Compatibilidad del injerto (union portainjerto-injerto)

Una característica importante que se asocia con la compatibilidad portainjerto-injerto es el desarrollo continuo y sincronico de los tejidos conectivos y de soporte (Sánchez-Chávez *et al.,* 2015). Las evaluaciones trimestrales permitieron observar diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) entre plantas injertadas y sin injertar con respecto al diámetro del tallo de los híbridos con valores mínimos (3 meses) y máximos (12 meses) de 13,03 mm y 30,09 mm en 'Maruca' y 'Dali', respectivamente, donde la mayor fluctuación se presentó en las plantas sin injertar de 'Dali' con una variación de 24,80 % (Tabla 1). Un mayor diámetro de tallo puede asociarse con una mayor acumulación de biomasa y de área foliar (Martínez-Ballesta *et al.,* 2010; Turhan *et al.,* 2011), los cuales son aspectos muy apreciados por los productores (Juárez-Rosete *et al.,* 2019). De igual manera, valores altos de diámetro de

Tabla 1. Diámetro de tallo (mm) en híbridos de chile manzano injertados en CM-334 y cultivados en condiciones de invernadero.
Table 1. Stem diameter (mm) in manzano hot pepper hybrids grafted in CM-334 and grown in greenhouse conditions.

Híbrido	Meses			
	3	6	9	12
Maruca[i]	13,03*	23,95*	26,72*	27,29*
Maruca	10,85	21,04	22,82	23,39
Jhos[i]	13,38*	25,26*	27,25*	29,68*
Jhos	11,02	19,99	20,82	22,64
Dali[i]	13,42*	25,59*	28,49*	30,09*
Dali	10,66	20,68	22,23	22,63

[i]: injertado. Los datos mostrados son medias (n = 10). *Significativo de acuerdo con la prueba "t" de Student ($p \leq 0,05$).

tallo en plantas injertadas sugieren la formación de células indiferenciadas conocidas como tejido de callo, las cuales son producidas para proporcionar soporte mecánico a la unión del portainjerto-injerto (Hernández-González *et al.,* 2014; Edelstein *et al.,* 2017). No obstante, la acumulación de este tipo de células fue de 2 mm a 7 mm, con relación a los 30 mm de diámetro de tallo observados durante el período de evaluación.

Rendimiento

Como se puede observar en la Tabla 2, el empleo de CM-334 como portainjerto no implicó variabilidad significativa con respecto al comportamiento del rendimiento, ni sobre el NFP, PFP y PPF entre las plantas injertadas. Es por ello que el uso de CM-334 podría limitarse a reducir el efecto negativo de la presencia de *P. capsici*. en el área de la rizosfera

Tabla 2. Rendimiento y caracteres morfológicos en híbridos de chile manzano injertados en CM-334 y cultivados en condiciones de invernadero.
Table 2. Yield and morphological characters in manzano hot pepper hybrids grafted in CM-334 and grown under greenhouse conditions.

Híbrido	R (t ha^{-1})	NFP	PFP (kg)	VPF (ml)	PPF (g)
Maruca[i]	62,93^{ns}	114,44^{ns}	9,06^{ns}	91,67^{ns}	81,03^{ns}
Maruca	71,06	125,63	10,04	90,28	79,80
Jhos[i]	65,27^{ns}	121,33^{ns}	9,40^{ns}	88,61^{ns}	78,01^{ns}
Jhos	71,05	129,56	10,23	87,22	80,84
Dali[i]	62,23^{ns}	118,11^{ns}	8,96^{ns}	86,94^{ns}	77,35^{ns}
Dali	68,72	126,67	9,90	83,33	78,68

Híbrido	NLF	GP (mm)	NS	PS (g)
Maruca[i]	3,58^{ns}	5,90^{ns}	121,33^{ns}	2,36*
Maruca	3,57	5,87	109,56	1,86
Jhos[i]	3,55^{ns}	5,90*	115,56^{ns}	2,23^{ns}
Jhos	3,95	6,55	107,89	1,97
Dali[i]	3,89^{ns}	5,88^{ns}	119,67^{ns}	2,17^{ns}
Dali	3,78	6,08	106,78	2,01

[i]: injertado. NFP: Número de frutos por planta; PFP: Peso de frutos por planta. VPF: Volumen promedio de fruto; PPF: Peso promedio de fruto; NLF: Número de lóculos por fruto; GP: Grosor del pericarpio; NS: Número de semillas; PS: Peso de semillas. Los datos mostrados son medias (n = 10). ^{ns}: No significativo. *significativo de acuerdo con la prueba "t" de Student ($P \leq 0,05$).

del cultivo, ya que se ha demostrado su resistencia al ataque de este oomiceto (García-Rodríguez *et al.,* 2010; Louws *et al.,* 2010). Las diferencias en la tasa de crecimiento y desarrollo del sistema radical entre portainjerto y el vástago no fueron un factor significativo para modificar la eficiencia de absorción de agua, nutrimentos, así como la biosíntesis y

suministro hormonal (citocininas y auxinas) que pudiesen incidir en el rendimiento tal como lo indican Lee (1994) y García-Bañuelos *et al*. (2017). Resultados similares han sido descritos por Flores *et al*. (2010) en tomate ('Kyndia'/'UC82B') con diferentes hábitos de crecimiento e incluso reportan una disminución de rendimiento. En contraste, Flores-Córdova *et al*. (2018) reportan que el uso del portainjerto comercial 'Terrano' (*C. annuum* L.) mostró un efecto significativo sobre la acumulación de nitrógeno y proteína en los tejidos de hoja en chile pimiento (*C. annuum* L.) 'Janette', condición que se observó en el vigor y coloración de la planta. Así mismo, incrementos de 53,47 % y 49,40 % son referidos por Sánchez-Chávez *et al*. (2015) en plantas de chile pimiento 'Fascinato'/Terrano y 'Janette'/Terrano, respectivamente. El contraste de resultados podría vincularse con las características intrínsecas del portainjerto, así como con su capacidad para modificar el comportamiento fisiológico del injerto (Schwarz *et al.,* 2010), entre estos, la eficiencia del aprovechamiento de los factores que inciden en el rendimiento (luz difusa, nutrimentos, concentración de CO_2, entre otros) (Turhan *et al.,* 2011; Hernández-González *et al*., 2014).

De forma similar a lo observado con el rendimiento y sus compontes (NFP, PFP y PPF), tampoco se observó efecto significativo de CM-334 sobre los caracteres de VPF, NLF y NS, al mostrar datos estadísticamente similares entre los frutos cosechados de los híbridos evaluados. Sin embargo, 'Jhos' y 'Maruca' presentaron valores de GP y PS de 5,9 mm y 2,36 g, respectivamente, los cuales superaron a lo observado en las pni (Tabla 3) ($P \leq 0,05$). En este sentido, se ha encontrado en chile manzano que caracteres como el NS y GP muestran una correlación positiva y significativa con el rendimiento (Ayala-Arias *et al*., 2017). No obstante, en nuestro caso, este último parámetro no mostró variación entre los materiales analizados. El uso de portainjetos en *C. annuum* ('Almuden'/'Charlot', 'Almuden'/'Foc', 'Coyote'/Charlot' y 'Coyote'/Foc'), no afectó al grosor del pericarpio y número de lóculos por efecto de injerto. Gisbert *et al.* (2010), no obstante, si describen una reducción del 50 % en el NS para 'Almuden'/'Foc'. En otras especies como tomate (*Solanum licopersicum* Mill) 'Yeni Talya'/Beaufort', 'Yeni Talya'/Arnold', 'Swanson'/ 'Beaufort', 'Swanson'/'Arnold', 'Beril'/'Beaufort' y 'Beril'/'Arnold', el comportamiento de algunos parámetros como el diámetro y longitud del fruto son modificados por efecto del injerto (Turhan *et al.,* 2011).

Los datos de color, acidez titulable, SST, AA, CT y CiT de los frutos provenientes de las plantas injertadas fueron estadísticamente similares. Sin embargo, no ocurrió lo mismo para la firmeza y pérdida de peso, donde esta última sólo fue significativa para 'Jhos' y 'Dali' con valores de 11,48 % y 12,92 %, respectivamente (Tabla 3). El uso de CM-334 como portainjerto permite mejorar el manejo poscosecha mediante la producción de frutos con mayor firmeza y menor pérdida de peso. Además, no interfiere con la síntesis y acumulación de compuestos relacionados con el sabor (acidez titulable, SST y capsaicinoides), nutrición (vitamina C) y color de los frutos. Estos resultados contrastan con lo reportado en otros estudios, como el realizado por Chávez-Mendoza *et al.* (2015) en chiles pimientos ('Jeanette', 'Sweet', 'Fascinato' y 'Orangela') (*Capsicum annuum* L.) con epidermis de diferente tonalidad e injertados en los portainjertos 'Terrano' y 'Robusto', donde la combinación portainjerto-variedad y la fecha de recolección de datos fueron factores importantes para poder encontrar variación significativa en la concentración de β-carotenos, vitamina C, licopeno y fenoles totales.

Por otro lado, Flores *et al.* (2010) en seis líneas endogámicas recombinantes de tomate (L21, L64, L164, L214, L299 y L36) sobre *S. cheesmaniae,* exponen un incremento significativo en los valores de AT y SST, lo que a conside-

Tabla 3. Calidad fisicoquímica de frutos cosechados en híbridos de chile manzano injertados en CM-334 y cultivados en condiciones de invernadero.
Table 3. Physicochemical quality of fruits harvested in manzano hot pepper hybrids grafted in CM-334 and grown under greenhouse conditions.

Híbrido	F	PP	Color			AT
			L*	C*	°h (h*)	
Maruca[i]	15,27*	12,98^{ns}	51,83^{ns}	39,57^{ns}	48,61^{ns}	3,48^{ns}
Maruca	11,59	11,46	46,93	40,09	44,90	2,57
Jhos[i]	15,54*	11,48*	52,75^{ns}	51,16^{ns}	42,76^{ns}	2,22^{ns}
Jhos	12,53	20,66	53,79	49,52	44,59	2,21
Dali[i]	16,95*	12,92*	47,04^{ns}	50,39^{ns}	45,11^{ns}	3,37^{ns}
Dali	11,57	24,95	50,69	53,93	44,87	2,72

Híbrido	SST	VC	CT	CiT		
				Nhc	Ci	Dhc
Maruca[i]	5,34^{ns}	625,50^{ns}	651,5^{ns}	53433^{ns}	75290^{ns}	131420^{ns}
Maruca	5,59	768,69	659,5	52945	73240	126954
Jhos[i]	6,06^{ns}	768,69^{ns}	655,4^{ns}	60985^{ns}	80322^{ns}	145987^{ns}
Jhos	6,37	740,05	684,5	62220	84200	139490
Dali[i]	5,80^{ns}	595,15^{ns}	612,8^{ns}	21516^{ns}	37800^{ns}	37500^{ns}
Dali	6,28	638,33	641,2	27345	35420	40853

[i]: injertado. F: Firmeza (Newtons); PP: Pérdida de peso (%); AT: Acidez titulable (% ácido cítrico); SST: Sólidos Solubles Totales (°Brix); VC: Vitamina C (µg·100 g); CiT: Capsaicinoides totales (Nhc: Norhidrocapsaicina; Ci: Capsaicina; Dhc: Dihidrocapsaicina). La concentración de capsaicionoides es expresada en SHU (Scoville Heat Units). ^{ns}: No significativo de acuerdo con la prueba "t" de Student ($P \leq 0,05$) *significativo de acuerdo con la prueba "t" de Student ($P \leq 0,05$).

ración de Fallik e Ilic (2015) puede estar asociado con las características propias de cada portainjerto y las condiciones en las que se desarrolla (estrés hídrico o condiciones de salinidad). La ausencia de modificaciones en el comportamiento del rendimiento y calidad de fruto, son indicativo de que CM-334 puede ser un buen portainjerto en chile manzano (Gisbert *et al.*, 2010; Sánchez-Chávez *et al.,* 2017).

Conclusiones

El uso de CM-334 como portainjerto en los híbridos de chile manzano evaluados en este estudio superó el 90 % de prendimiento, sin afectar el rendimiento y la mayoría de caracteres morfológicos del fruto. Sin embargo, 'Jhos' y 'Maruca' presentaron mayor grosor de pericarpio y peso de semillas con valores

de 5,90 mm y 2,36 g, respectivamente. Por otro lado, los frutos cosechados de los híbridos injertados fueron más firmes (15,27-16,95 N) con respecto a los provenientes de los testigos sin injertar (11,57-12,57 N). Adicionalmente, la menor pérdida de peso se presentó en 'Jhos' y 'Dali', manteniendo sin cambios los parámetros asociados con color, sabor y contenido de capsaicinoides. Los resultados indican que CM-334 puede ser considerado como portainjerto en la producción de chile manzano, dado que no afectó el rendimiento, morfología, calidad fisicoquímica y contenido de capsaicionoides de los frutos cosechados en los híbridos estudiados, con la ventaja adicional de poder incluir su uso dentro del manejo integrado de *P. capsici,* principal limitante en la producción de chile.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Autónoma Chapingo (UACh) y a la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH) por los apoyos técnico y administrativo otorgados para la realización de esta investigación.

Referencias bibliográficas

Abebe AA, Wai KPP, Siddique MI, Mo HS, Yoo HJ, Jegal Y, Byeon SE, Jang KS, Jeon SG, Hwang JE, Kim BS (2016). Evaluation of *Phytophthora* root rot- and bacterial wilt-resistant inbred lines and their crosses for use as rootstocks in pepper (*Capsicum annuum* L.). Horticulture, Environment, and Biotechnology 57: 598-605. https://doi.org/10.1007/s13580-016-0050-8.

AOAC (1990). Official Methods of Analysis. 15th. Ed. AOAC International, MD, EE. UU. 770 pp.

AOAC (1995). Association of Official Analytical Chemists. Official Method 995.03. Capsaicinoids in capsicums and their extractives liquid chromatographic method.

Ayala-Arias B, Mejía-Carranzal J, Martínez-Estrada I, Rubi-Arriaga M, Vázquez-García L (2017). Morphological characterization of manzano pepper hybrids. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 8: 825-836. https://doi.org/10.29312/remexca.v8i4.10.

Chang YC, Chen S, Chiu YC, Lin LH, Chang YS (2012). Growth and union acclimation process of sweet pepper grafted by a tubing-grafting robotic system. Horticulture, Environment, and Biotechnology 53: 93-101. https://doi.org/10.1007/s13580-012-0085-4.

Chávez-Mendoza C, Sánchez E, Muñoz-Márquez E, Sida-Arreola JP, Flores-Córdova MA (2015). Bioactive compounds and antioxidant activity in different grafted varieties of bell pepper. Antioxidants 4: 427-446. https://doi.org/10.3390/antiox4020427.

Collins DM, Mayer WL, Bosland WP (1995). Improved method for quantifying capsaicinoids in *Capsicum* using high-performance liquid chromatography. HortScience 30: 137-139. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.30.1.137.

Cruz-Pérez AB, González-Hernández VA, Soto-Hernández RM, Gutiérrez-Espinosa MA, Gardea-Béjar AA, Pérez-Grajales M (2007). Capsaicinoids, vitamin C and heterosis during fruit development of manzano hot pepper. Agrociencia 41: 627-635.

Edelstein M, Cohen R, Gur A, Elkabetz M, Pivonia S, Grosch R, Forster P, Schwarz D (2017). Performance of interspecific *Cucurbita* rootstocks compared to their parental lines. Scientia Horticulturae 216: 45-50. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.12.031.

Fallik E, Ilic Z (2015). Grafted vegetables – the influence of rootstock and scion on postharvest quality. Folia Horticulturae 26: 79-90. https://doi.org/10.2478/fhort-2014-0008.

Flores FB, Sánchez-Bel P, Estañ MT, Martínez-Rodríguez MM, Moyano E, Morales B, Campos JF, García-Abellan JO, Egea MI, Fernández-García N, Romojaro F, Bolarin MC (2010). The effectiveness of grafting to improve tomato fruit quality. Scientia Horticulturae 126: 211-217. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.03.026.

Flores-Córdova MA, Sánchez-Chávez E, Soto-Parra J (2018). Influence of rootstock "Terrano" on the accumulation of organic elements and the quality of bell pepper. Agronomía Mesoamericana 29: 403-413. https://doi.org/10.15517/ma.v29i2.29178.

García-Bañuelos M, Sánchez E, Gardea-Béjar A, Muñoz-Márquez E, Soto-Parra J, Ojeda-Barrios D (2017). Nitrogen use efficiency and yield in response graft bell pepper cultivars. Emirates Journal of Food and Agriculture 29: 420-428. https://doi.org/10.9755/ejfa.2016-09-1182.

García-Rodríguez MA, Chiquito-Almanza E, Loeza-Lara PD, Godoy-Hernández H, Villordo-Pineda E, Pons-Hernández JL, González-Chavira MM, Anaya-López JL (2010). Production of ancho chili graft on criollo de Morelos 334 for the control of *Phytophthora capsici*. Agrociencia 44: 701-709.

Gisbert C, Sánchez-Torres P, Raigón MD, Nuez F (2010). *Phytophthora capsici* resistance evaluation in pepper hybrids: Agronomic performance and fruit quality of pepper grafted plants. Journal of Food, Agriculture & Environment 8: 116-121.

Hartmann HT, Kester DE (1984). Propagación de plantas. 2ª ed. Continental, S.A., México.

Hartmann HT, Kester DE, Davies FT, Geneve RL (2011). Propagation: principles and practice. 8th ed. Prentice Hall, USA.

Hernández-González Z, Sahagún-Castellanos J, Espinosa-Robles P, Colinas-León MT, Rodríguez-Pérez J (2014). Efecto del patrón en el rendimiento y tamaño de fruto en pepino injertado. Revista Fitotecnia Mexicana 37: 41-47.

Ibiza VP, Blanca J, Cañizares J, Nuez F (2012). Taxonomy and genetic diversity of domesticated *Capsicum* species in the Andean region. Genetic Resources and Crop Evolution 59: 1077-1088. https://doi.org/10.1007/s10722-011-9744-z.

Jeffree CE, Yeoman MM (1983). Development of intercellular connections between opposing cells in a graft union. New Phytologist 93: 491-509. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1983.tb02701.x.

Johkan M, Oda M, Mori G (2008). Ascorbic acid promotes graft-take in sweet pepper plants (*Capsicum annuum* L.). Scientia Horticulturae 116: 343-347. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.02.004.

Juárez-Rosete CR, Aguilar-Castillo JA, Aburto-González CA, Alejo-Santiago G (2019). Biomass production, nutritional requirement of nitrogen, phosphorus and potassium, and concentration of the nutrient solution in oregano. Revista Chapingo Serie Horticultura 25: 17-28. https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2018.02.006.

Leal-Fernández C, Godoy-Hernández H, Núñez-Colín CA, Anaya-López JL, Villalobos-Reyes S, Castellanos JZ (2013). Morphological response and fruit yield of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) grafted onto different commercial rootstocks. Biological Agriculture & Horticulture 29(1): 1-11. https://doi.org/10.1080/01448765.2012.746063.

Lee JM (1994). Cultivation of grafted vegetables I. Current status, grafting methods, and benefits. HortScience 29: 235-239. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.29.4.235.

Lee JM, Kubota C, Tsao SJ, Bie Z, Hoyos-Echevarría P, Morra L, Oda M (2010). Current status of vegetable grafting: Diffusion, grafting techniques, automation. Scientia Horticulturae 127: 93-105. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.08.003.

Lichtenhaler KH (1987). Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology 148: 350-382. https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1.

Louws FJ, Rivard CL, Kubota RC (2010). Grafting fruiting vegetables to manage soilborne pathogens, foliar pathogens, arthropods and weeds. Scientia Horticulturae 127: 127-146. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.09.023.

Martínez-Ballesta MC, Alcaraz-López C, Muries B, Mota-Cadenas C, Carvajal M (2010). Physiological aspects of rootstock-scion interactions. Scientia Horticulturae 127: 112-118. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.08.002.

Martínez-Damián M, Cruz-Álvarez O, Moreno-Pérez E, Valle-Guadarrama S (2019). Intensity of color and bioactive compounds in collections of guajillo chili from Northern Mexico. Revista

Mexicana de Ciencias Agrícolas 10(1): 35-49. https://doi.org/10.29312/remexca.v10i1.465.

Moore R (1984). A model for graft compatibility-incompatibility in higher plants. American Journal of Botany 71: 752-758. https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1984.tb14182.x.

Naegele RP, Mitchell J, Hausbeck MK (2016). Genetic diversity, population structure, and heritability of fruit traits in *Capsicum annuum*. PLoS ONE 11: e0156969. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156969.

Osuna-Avila P, Aguilar-Solis J, Fernandez-Pavia S, Godoy-Hernandez H, Corral-Diaz B, Flores-Margez JP, Borrego Ponce A, Olivas E (2012). Grafting in Cayenne, jalapeno and chilaca chili peppers in northwestern Chihuahua, Mexico. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 3: 739-750. https://doi.org/10.29312/remexca.v3i4.1427.

Parkinson M, Jeffre CE, Yeoman MM (1987). Incompatibility in cultured explant-grafts between members of the solanaceae. New Phytologist 107: 489-498. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1987.tb02919.x.

Pérez GM, Castro BR (1998). Guía técnica para la producción intensiva de chile manzano. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México.

Pérez-Grajales M, Martínez-Damián MT, Cruz-Alvarez O, Potrero-Andrade SM, Peña-Lomelí A, González-Hernández VA, Villegas-Monter A (2019). Content of capsaicinoids and physicochemical characteristics of manzano hot pepper grown in greenhouse. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 47: 119-127. https://doi.org/10.15835/nbha47111241.

Rouphael Y, Schwarz D, Krumbein A, Colla G (2010). Impact of grafting on product quality of fruit vegetables. Scientia Horticulturae 127: 172-179. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.09.001.

Sánchez-Chávez E, Torres-González A, Flores-Córdova MA, Preciado-Rangel P, Márquez-Quiroz C (2015). Uso de portainjerto sobre el rendimiento, calidad del fruto y resistencia a *Phytophthora capsici* Leonian en pimiento morrón. Nova Scientia 7: 227-244. https://doi.org/10.21640/ns.v7i15.302.

Sánchez-Chávez E, Silva-Rojas HV, Leyva-Mir G, Villarreal-Guerrero F, Jiménez-Castro JA, Molina-Gayosso E, Gardea-Béjar A, Ávila-Quezada GD (2017). An effective strategy to reduce the incidence of *Phytophthora* root and crown rot in bell pepper. Interciencia 42: 229-235.

Schwarz D, Rouphael Y, Colla G, Venema JH (2010). Grafting as a tool to improve tolerance of vegetables to abiotic stresses: Thermal stress, water stress and organic pollutants. Scientia Horticulturae 127: 162-171. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.09.016.

SNICS (2017). Guía técnica para la descripción varietal de chile manzano (*Capsicum pubescens* Ruiz y Pavón). Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Social, Pesca y Alimentación. Servicio nacional de inspección y certificación de semillas. 21 pp.

Sokal RR, Rohlf FJ (1995). Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. 3rd ed. New York W.H. Freeman.

Turhan A, Ozmen N, Serbeci MS, Seniz V (2011). Effects of grafting on different rootstocks on tomato fruit yield and quality. Horticultural Sciences (Prague) 38: 142-149. https://doi.org/10.17221/51/2011-HORTSCI.

(Aceptado para publicación el 25 de enero de 2021)

Reutilización del sustrato post-cultivo de hongos en semillero de hortícolas

María R. Yagüe* y M. Carmen Lobo

Departamento de Investigación Agroambiental, Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (IMIDRA). Finca El Encín, Autovía A-2. Km. 38,2. 28805, Alcalá de Henares (Madrid), España

Resumen

El uso agronómico de sustratos post-cultivo de hongos (SPCHs) en semillero para hortícolas podría ser una alternativa interesante para la reutilización de estos residuos en línea con la estrategia europea de economía circular. En este trabajo se evalúa el potencial uso de cuatro tratamientos con diferentes SPCHs, champiñón (-Ch), seta (-St), compostado de champiñón (-CO), y una mezcla (SPCH-Ch y SPCH-St) como sustratos para germinación de semillas de lechuga y guindilla. El ensayo se realizó en cámara de germinación utilizando como tratamiento control, compost comercial. La evaluación se realizó en base a sus características químicas (salinidad, contenido de N y C), físicas (densidad aparente y real, porosidad y retención de agua) y el efecto en la planta (germinación y biomasa). De las propiedades químicas estudiadas, la alta salinidad en SPCH-Ch y SPCH-CO, fue un factor limitante para el desarrollo de las especies hortícolas evaluadas (conductividad eléctrica 1:2,5; p/v; ~11 dS m^{-1}), observándose bajos porcentajes de germinación. En cuanto a las propiedades físicas, porosidad y retención de agua, los tratamientos SPCH-CO, SPCH-St y mezcla presentaron algunos valores fuera del rango óptimo establecido para sustratos de germinación. En el caso de SPCH-St, su alta relación C/N podría suponer una limitación para suministrar N al cultivo. En relación a la producción de biomasa (aérea y radicular) de lechuga y guindilla, todos los tratamientos evaluados obtuvieron valores similares al tratamiento control. El tratamiento mezcla presentó los mayores valores de biomasa, significativamente mayores en el cultivo de lechuga. En general, el tratamiento mezcla resulto ser la mejor alternativa para su uso en semillero.

Palabras clave: Guindilla, lechuga, propiedades físicas, plantero de hortícolas, propiedades químicas, sustratos orgánicos.

Reuse of the spent mushroom substrate in a vegetable seedbed

Abstract

The agronomic use of spent mushrooms substrate (SPCHs) in a substrate seedbed could be an interesting alternative for the reuse of these residues in line with the European circular economy strategy. This work evaluates the potential use of four treatments with different SPCHs, *Agaricus* mushroom (-Ch), *Pleurotus* mushroom (-St), composting of *Agaricus* (-CO), and a mixture of SPCH (SPCH-Ch and SPCH-St), as a substrate for lettuce and chilli pepper seedbeds. The experiment was performed in a germination chamber using commercial compost as a control treatment. The evaluation was carried out based on

* Autor para correspondencia: mariarosa.yague@madrid.org

Cita del artículo: Yagüe MR, Lobo MC (2021). Reutilización del sustrato post-cultivo de hongos en semillero de hortícolas. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 117(4): 347-359. https://doi.org/10.12706/itea.2021.004

its chemical characteristics (salinity, N and C content), physical properties (bulk and real density, porosity and water retention) and the effect on the plant (germination and biomass). According to the chemical properties studied, the high salinity in SPCH-Ch and SPCH-CO was a limiting factor for the development of the horticultural species evaluated (electrical conductivity1:2.5; w/v; ~11 dS m^{-1}), low percentages of germination were observed. Regarding the physical properties, porosity and water retention, it was the SPCH-CO, SPCH-St, and mixture treatments that presented some values outside the optimal range established for germination substrates. In the case of SPCH-St, its high C/N ratio could be a limitation in the supply of N to the crop. In relation to the biomass production (aerial and root) of lettuce and chilli pepper, all the evaluated treatments obtained similar values to the control treatment. The treatment of the mixture showed the largest biomass which was significantly higher in lettuce crop. In general, the mixed treatment seems to be the best alternative for use in the seedbed.

Keywords: Chilli, lettuce, physical properties, chemical properties, vegetables nursery, organic substrates.

Introducción

Las industrias agroalimentarias generan un importante volumen de residuos cuya reutilización supone una gestión eficiente de los mismos y la recuperación de nuevos recursos que pueden ser utilizados como fuente de producción en otras actividades agrarias. Esta utilización de materias primas secundarias es uno de los objetivos que impulsa el plan europeo de economía circular (EU, 2019).

La industria de producción de hongos comestibles, genera una cantidad de material orgánico tras su producción, de alrededor de cinco kilogramos de sustrato post-cultivo de hongos en fresco por cada kilogramo de hongos producido (Finney *et al.,* 2009). La previsión en la próxima década para esta industria es de un incremento notable (Industry report, 2018), lo que supondría el incremento de la producción de residuos asociados. La eliminación de estos residuos generados después del cultivo de hongos, representa un problema en las industrias de cultivo de hongos (Kulshreshtha, 2019). Las especies de hongos que más se producen en el mundo son las de champiñón (*Agaricus* spp. 15 %) y seta (*Pleurotus* spp. 19 %) (Royse *et al.*, 2017), siendo la producción de hongos comestibles a nivel mundial en 2017 de alrededor de 10,2 millones de toneladas. España ocupa la quinta posición (160.000 toneladas anuales; FAOSTAT, 2019), estando la producción geográficamente concentrada en Castilla la Mancha y La Rioja. Tras el cultivo de los hongos, (~3-4 fructificaciones), se genera el denominado sustrato post-cultivo de hongos (SPCH).

El SPCH se puede utilizar agronómicamente como fertilizante, enmienda del suelo o sustrato de plántulas (contenedor medio o en semillero). Mediante estas alternativas se incorporan estos residuos como recurso en otro sistema agrario según las directrices de la economía circular (Rinker, 2017; Grimm y Wösten, 2018; Hanafi *et al.*, 2018; Jasińska, 2018). La aplicación de los SPCHs en los sistemas agrarios además de contribuir a reducir los costes de producción supone una reducción de su impacto ambiental (Pardo-Giménez, 2008).

Este sustrato podría ser utilizado directamente o tras un proceso de compostaje, como semillero para producción de hortícolas. En ambos casos, supondría una alternativa interesante al uso de compost comercial convencional. El compost de restos de sustrato del cultivo de hongos, está incluido el listado de productos orgánicos como sustratos de cultivo o como mezcla de sustratos de cultivo (BOE, 2010 –anexo 1–; BOE, 2016).

En una revisión reciente de Stewart-Wade (2020) sobre la eficacia de los residuos orgá-

nicos utilizados en la producción de plantas de contenedores, se concluyó que las características, los inconvenientes y la idoneidad deberían revisarse en cada residuo específico.

En este sentido su reutilización supone la necesidad de evaluar su potencial tanto desde el punto de vista de sus características químicas (Postemsky y López-Castro, 2016), y propiedades físicas (Yeager *et al.,* 1997; Bilderback *et al.,* 2005), como por su efecto en la germinación y la producción de plántulas en el semillero (biomasa aérea y radicular).

En este estudio se evaluaron cuatro tratamientos con residuos de sustratos post-cultivo de hongos respecto a un tratamiento de compost comercial para la germinación de semillas y crecimiento de plantero de lechuga y guindilla en una cámara en condiciones controladas.

Material y métodos

Origen de los materiales de post-cultivo de hongos utilizados

Los sustratos post-cultivo del champiñón (*Agaricus*) y de la seta (*Pleurotus* sp.) proceden del Centro Tecnológico de Investigación del Champiñón (CTICH, La Rioja, España) y son el material orgánico resultante tras el proceso de cultivo del hongo, por lo que su composición está condicionada por las materias primas utilizadas en su elaboración-compostaje y los restos de micelio de los hongos tras su cultivo.

Las materias primas para la elaboración del sustrato de cultivo de champiñón fueron paja de trigo, gallinaza, yeso, urea y agua. Esta mezcla inicia el proceso de biodegradación cuando alcanza una humedad del 76 %. En condiciones aeróbicas alcanza temperaturas hasta 80 °C, con volteos sucesivos; esta fase dura entre 17-20 días y posteriormente se procede a la pasteurización y acondicionamiento termófilo. El sustrato obtenido se mezcla con el micelio y se traslada a la sala de cultivo, donde el hongo coloniza el sustrato, tras lo cual se aplica una capa de cobertura basada en turba (corregida con $CaCO_3$) sobre la que se produce la fructificación. Tras el fin de la producción de champiñón se obtiene el sustrato post-cultivo de hongos de champiñón (SPCH-Ch), que incluye el compost degradado y la capa de cobertura.

En el caso del sustrato para setas, se produce a partir de paja de trigo que es humedecida y volteada en condiciones aeróbicas hasta obtener una humedad alrededor 65-70 %. Posteriormente se somete a un proceso de pasteurización al sustrato generado y se añade el micelio. Tras finalizar la producción de seta, se obtiene el sustrato post-cultivo de hongos de seta (SPCH-St).

Para el compostaje del SPCH-Ch se utiliza un sistema abierto de mesetas que son volteadas durante un periodo mínimo de 8 semanas en condiciones de temperatura y humedad controladas para la maduración. En esas condiciones se genera un producto denominado sustrato post-cultivo de hongos compostado (SPCH-CO). En este proceso, la biodegradación hace desaparecer el micelio, se homogeneiza y se reduce la humedad del sustrato resultante, modificando los parámetros físico-químicos y la materia orgánica del producto original. Como tratamiento control se utilizó un compost comercial para semillero de hortícolas (mezcla de turba negra, turba rubia y compost vegetal).

El procedimiento para preparar los sustratos de hongos, el origen y la composición de mezcla de los materiales fueron siempre los mismos. La composición de SPCH es estable entre lotes a lo largo del tiempo, lo que hace que el producto obtenido sea relativamente homogéneo en cuanto a su composición.

Descripción del ensayo

En la realización del ensayo se utilizaron los sustratos post-cultivo de hongos, SPCH-Ch, SPCH-St, SPCH-CO y la mezcla de SPCH-Ch y SPCH-St (50 % en peso de cada sustrato) en comparación con un compost comercial, como tratamiento control (Tabla 1). Para evaluar las características químicas y físicas de los tratamientos SPCHs como sustratos de semillero, se determinaron los parámetros químicos: pH y conductividad eléctrica (CE) en solución 1:2,5 (p/v) sobre muestra fresca, determinación de la materia seca (MS) a 105 °C (MAPA, 1994), carbono orgánico mediante el método de oxidación con dicromato potásico (Walkley y Black, 1934) considerando un factor de recuperación (1,29), el N total por Kjeldahl (MAPA, 1994) y los parámetros físicos determinados sobre muestra fresca (smf): densidad aparente (Da) y densidad real (Dr) en muestras inalteradas de sustrato según Hao *et al.* (2006). La Da se determinó con una probeta, estableciendo la relación entre el peso y el volumen que ocupa, y la Dr se determinó basándose en la metodología del picnómetro, determinando el volumen que ocupa un determinado peso del sustrato. La relación entre ambas densidades permite el calcular de la porosidad total (ε) de la muestra.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos y condiciones de humedad inicial para la germinación de los cultivos de lechuga y guindilla.
Table 1. Description of treatments and initial humidity conditions for the germination of lettuce and chilli pepper crops.

Tratamiento	Peso sustrato por alveolo fresco (g)	Humedad inicial (%)	Contenido de agua inicial por alveolo (g)
SPCH-Ch	25	72	18
SPCH-St	17	82	14
SPCH-CO†	24	44	13
Mezcla†	21	41	12
Compost	17	73	12

SPCH-Ch: sustrato post-cultivo de champiñón; SPCH-St: sustrato post-cultivo de seta; SPCH-CO: SPCH-Ch compostado; Mezcla: SPCH-Ch y SPCH-St; Compost: compost comercial. †En el momento inicial a los tratamientos SPCH-CO y mezcla se aportaron 2,5 mL de agua destilada.

La determinación de la retención de agua se realizó según UNE 77332:2003, que consiste en saturar el sustrato en fresco con agua destilada, ocupando todos los poros por agua, y después dejar drenar el agua por gravedad libremente hasta su cese (24-48 h). La diferencia entre el peso del sustrato antes de saturar y tras el drenaje es el agua retenida, expresado en peso fresco del sustrato.

El agua de constitución del sustrato (humedad del sustrato) se obtiene por secado de la muestra fresca a 105 °C.

Para evaluar el efecto de los diferentes tratamientos en la germinación y en el desarrollo de las plántulas se realizaron ensayos en cámara de germinación durante 40 días con semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L., variedad 'Venegia Seminis') recubierta con trata-

miento fungicida (thiram) (16 julio-26 agosto 2019) y semillas de guindilla de Ibarra (*Capsicum annuum* L., variedad 'Ibarroria') (5 noviembre-17 diciembre 2019).

Se evaluó la germinación a los 10 días, pero debido a que se observó en determinados tratamientos un retraso en la germinación, se calculó el porcentaje a partir de los datos de conteo de plántulas viables antes de la cosecha. Tras finalizar el ensayo, se recolectaron las plantas y se separó parte aérea y raíz en las que se determinó la biomasa.

Ambos ensayos se desarrollaron en condiciones controladas: 16 h de luz, 25 °C día y 18 °C noche. La humedad ambiental se mantuvo alta, mediante la colocación de bandejas con agua destilada en la parte inferior de la cámara.

Al inicio de cada ensayo se procedió a humectar los tratamientos para conseguir 12-18 g de agua por alveolo para garantizar la germinación (Tabla 2). El riego fue de unas 3 veces por semana, controlando que no se produjera lixiviación.

Cada ensayo constaba de 3 bloques (3 réplicas), uno por bandeja de alvéolos, y en cada bloque 3 semillas por tratamiento (total 9 semillas por tratamiento).

Tabla 2. Caracterización de los principales parámetros químicos de los materiales utilizados como sustratos.
Table 2. Characterization of the main chemical parameters of the materials used by substrates.

Material	pH (1:2,5) Ud. pH	CE (1:2,5) dS m^{-1}	Materia seca % smf	Carbono orgánico % sms	N total (N mineral) % sms	C/N
SPCH-Ch	7,36 ± 0,01^{c}	10,87 ± 0,06^{b}	29,4 ± 0,9^{b}	29,9 ± 0,5^{c}	2,7 ± 0,07^{a} (0,5)	11
SPCH-St	8,14 ± 0,04^{a}	2,79 ± 0,02^{d}	22,7 ± 0,7^{c}	48,1 ± 0,8^{a}	1,1 ± 0,03^{d} (0,2)	43
SPCH-CO	7,44 ± 0,20^{c}	11,20 ± 0,20^{a}	54,7 ± 0,4^{a}	24,4 ± 0,3^{d}	1,8 ± 0,04^{c} (0,3)	13
Mezcla	7,93 ± 0,05^{b}	7,62 ± 0,15^{c}	23,3 ± 1,9^{c}	34,0 ± 1,1^{b}	2,1 ± 0,02^{b} (NA)	17
Compost	7,14 ± 0,05^{d}	1,14 ± 0,08^{e}	55,7 ± 1,1^{a}	18,6 ± 0,5^{e}	0,7 ± 0,01^{e} (NA)	27
Significación	***	***	***	***	***	–

SPCH-Ch: sustrato post-cultivo de champiñón; SPCH-St: sustrato post-cultivo de seta; SPCH-CO: SPCH-Ch compostado; Mezcla: SPCH-Ch y SPCH-St; Compost: compost comercial.CE: conductividad eléctrica; smf: expresado sobre material fresca; sms: expresado sobre materia seca, la determinación del carbono orgánico por oxidación considera 58 % de la materia orgánica como carbono orgánico (n = 3 ± desviación estándar). NA: no analizado. N mineral: $N\text{-}NH_4^+$+$N\text{-}NO_3^-$.

Letras diferentes entre sustratos en cada columna indican diferencias significativas $p < 0,05$; test de Duncan.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante el paquete estadístico del programa SAS v8 (SAS Institute, 1999-2001), a partir del análisis de varianza (complementos 1 a 4), considerando los niveles de significación (p): * ($0,05 \leq p < 0,01$); ** ($0,01 \leq p < 0,001$); *** ($0,001 \leq p < 0,0001$). Los valores de $p > 0,05$, se consideran no significativos (NS). La separación de medias se realizó mediante el test DUNCAN.

Resultados y discusión

Caracterización química de los materiales utilizados como sustratos para semillero

Las propiedades químicas de los materiales utilizados (Tabla 2) muestran un pH entre neutro y básico (7,1-8,1), que no supone limitación a la disponibilidad de nutrientes como sustrato de hortícolas. La CE muestra importantes diferencias entre los sustratos utilizados, variando entre 1,1 dS m^{-1} a 11,2 dS m^{-1}. Los tratamientos SPCH-Ch y SPCH-CO presentan los mayores valores, lo que condiciona la germinación de las semillas de ambos cultivos (Figura 2). Estos datos están en consonancia con los encontrados por Postemsky y López-Castro (2016), indicando que altos valores de CE están relacionados con los efectos de sequía osmótica y toxicidad por acumulación de sales. El efecto de la salinidad en SPCH-Ch no tuvo efecto cuando su aplicación se realizaba como enmienda en suelo para la producción de lechugas (Paredes *et al.,* 2016), presumiblemente por un efecto de dilución en el suelo.

En relación al contenido de MS, los sustratos SPCH-CO y compost presentaron alrededor del doble (~55 %) respecto al resto (29-23 %). En general, la pérdida de peso de los sustratos depende de la fuente de carbono de partida (Owaid *et al.,* 2017). Estas diferencias van a tener implicaciones desde el punto de vista del manejo y transporte de estos materiales. Los resultados obtenidos en relación al contenido de carbono orgánico y N total muestran diferencias entre todos los tratamientos, destacando el SPCH-St con el mayor contenido de carbono y un bajo contenido de N total, lo que conduce a una alta relación C/N superior a 40. La relación C/N es un indicador químico apropiado para conocer la estabilidad de un sustrato vegetal. El valor de esta relación no debería ser mayor a 30, ya que en valores superiores los microorganismos pueden inmovilizar el N, compitiendo por este nutriente con la planta (Dar *et al.*, 2009). En estos casos, la adición de N mineral al sustrato evitaría su inmovilización (Postemsky y López-Castro, 2016). El compost comercial fue el que menor contenido de carbono orgánico y N total presentó, con una relación C/N ligeramente por debajo de 30. El resto de los tratamientos presentaron relaciones C/N entre 11 y 17, que favorecen la disponibilidad de N para el cultivo.

El contenido de N mineral en SPCH-Ch se presentó en forma amoniacal, representando un 19 % del N total. Este valor puede ser atribuido en parte a la presencia de gallinaza en su composición inicial. En el caso de SPCH-CO, el proceso de compostaje supuso una reducción del N mineral atribuido a las pérdidas que se producen durante el proceso y a la mineralización de parte del N amoniacal a nitrato (Wong *et al.,* 2017).

Caracterización física de los materiales utilizados como sustratos para semillero

Los parámetros físicos como densidad (real y aparente), retención de agua, espacio de aire y porosidad total se muestran en la Tabla 3 y Figura 1.

Aunque no hay aceptados unos estándares en relación a las propiedades físicas de los sustratos, algunos autores han observados los rangos óptimos más utilizados para horticultura (Yeager *et al.,* 1997; Bilderback *et al.,* 2005). Estos rangos expresados en volumen

Tabla 3. Valores medios de la densidad aparente (Da), real (Dr), porosidad total (ε) y retención de agua del material utilizado.
Table 3. Average values of the bulk (Da), real (Dr) density, total porosity (ε) and water retention of the material used.

Material	Da kg smf m^{-3}	Dr kg smf m^{-3}	ε % (v/v)	Agua retenida kg agua t^{-1}smf
SPCH-Ch	472 ± 36 (140)^{b}	1050 ± 137^{ab}	54,5 ± 6,9^{c}	649 ± 72^{c}
SPCH-St	224 ± 13 (50)^{d}	964 ± 21^{b}	76,9 ± 1,2^{a}	820 ± 108^{b}
SPCH-CO	640 ± 34 (350)^{a}	1148 ± 64^{a}	44,2 ± 0,9^{d}	606 ± 89^{c}
Mezcla	387 ± 24 (90)^{c}	979 ± 56^{b}	60,5 ± 3,5^{b}	486 ± 18^{d}
Compost	472 ± 4 (263)^{b}	1116 ± 58^{a}	57,7 ± 1,9^{bc}	952 ± 25^{a}
Significación	***	**	***	***

SPCH-Ch: sustrato post-cultivo de champiñón; SPCH-St: sustrato post-cultivo de seta; SPCH-CO: SPCH-Ch compostado; Mezcla: SPCH-Chy SPCH-St; Compost: compost comercial. smf: sobre materia fresca; n = 6 ± desviación estándar. Valor entre paréntesis de la columna de Da es expresado kg sms m^{-3}.
Letras diferentes entre sustratos en cada columna indican diferencias significativas $p < 0,05$; test de Duncan.

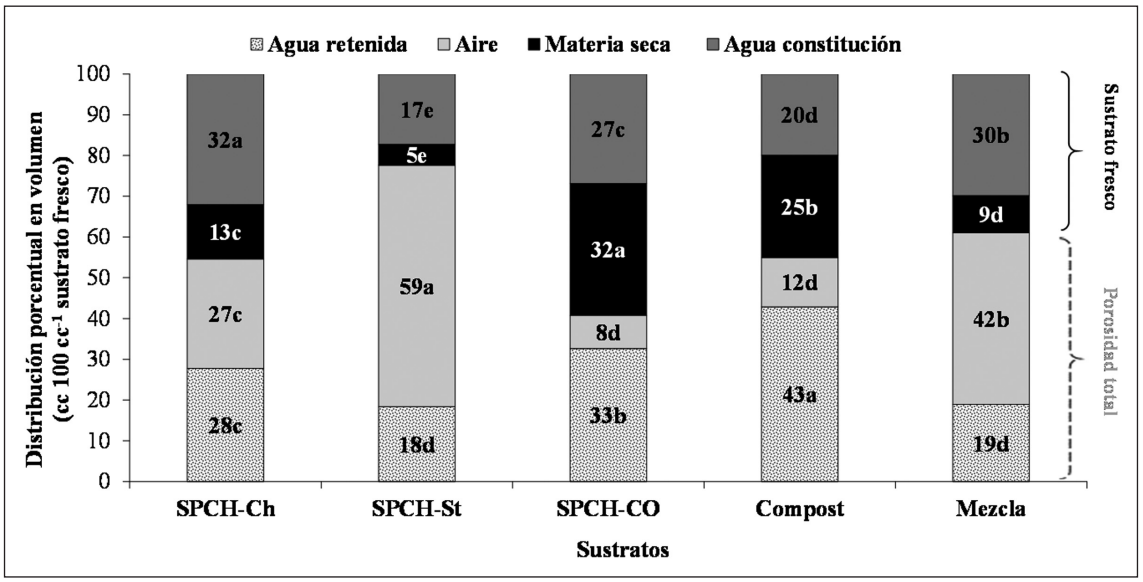


Figura 1. Distribución porcentual en volumen (n = 6) en porosidad total: agua retenida tras 24 h de drenaje y el volumen de aire, y sustrato fresco: materia seca y el agua de constitución (secado sustrato a 105 °C). SPCH-Ch: sustrato post-cultivo de champiñón; SPCH-St: sustrato post-cultivo de seta; SPCH-CO: SPCH-Ch compostado; Mezcla: SPCH-Ch y SPCH-St; Compost: compost comercial. Letras diferentes entre sustratos en cada parámetro indican diferencias significativas ($p < 0,05$; test de Duncan).
Figure 1. Percentage of distribution in volume (n = 6) in total porosity: water retained after 24 h of drainage and the volume of air, and fresh substrate: dry matter and constitution water (drying at 105 °C). SPCH-Ch: Agaricus *mushroom substrate; SPCH-St:* Pleurotus *mushroom substrate; SPCH-CO: composting of SPCH-Ch; Mezcla: mixture of SPCH-Ch and SPCH-St; Compost: commercial compost. Different letter between substrates in each parameter indicate significant differences (p < 0.05; test de Duncan).*

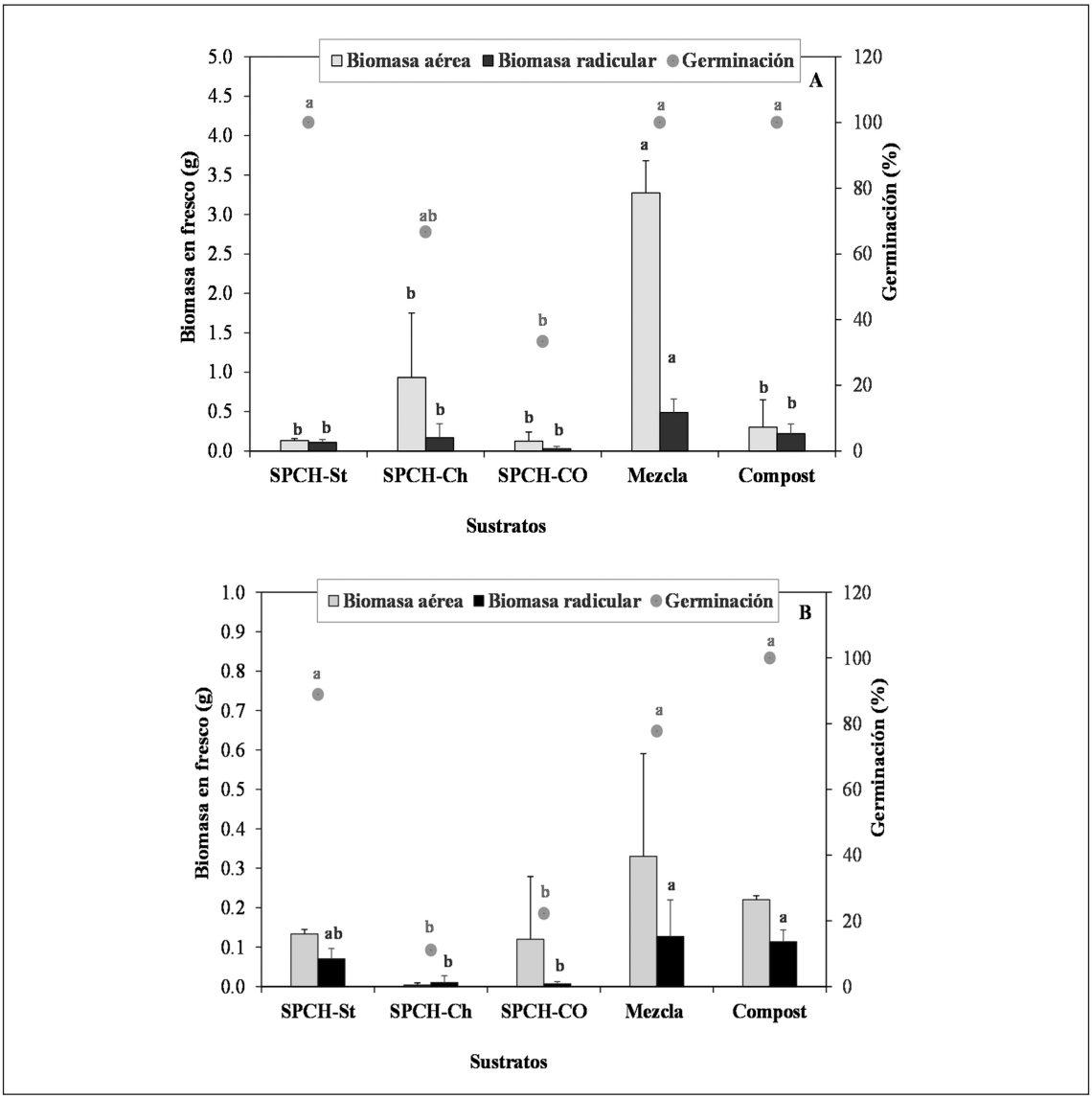


Figura 2. Valores medios (n = 3) de los parámetros evaluados de biomasa en fresco en lechuga (A) y en guindilla (B) al final del ensayo. Barras representan la desviación estándar.

SPCH-St: sustrato post-cultivo de seta; SPCH-Ch: sustrato post-cultivo de champiñón; SPCH-CO: SPCH-Ch compostado; Mezcla: SPCH-Ch y SPCH-St; Compost: compost comercial. Letras diferentes entre sustratos en cada parámetro indican diferencias significativas ($p < 0,05$; test de Duncan).

Figure 2. Average values (n = 3) of the parameters evaluated for fresh biomass in lettuce (A) and chilli pepper (B) after the experiment. Bars represent the standard deviation.

SPCH-Ch: Agaricus *mushroom substrate; SPCH-St:* Pleurotus *mushroom substrate; SPCH-CO: composting of SPCH-Ch; Mezcla: mixture of SPCH-Ch and SPCH-St; Compost: commercial compost. Different letter between substrates in each parameter indicate significant differences (p < 0.05; test de Duncan).*

son: porosidad total entre 50 % y 85 %, espacio de aire entre 10 % y 30 %, agua disponible de 25 % a 35 %, agua no disponible (agua de constitución) entre 20 % y 35 % y densidad aparente expresado sobre materia seca (sms) entre 150 kg sms m^{-3} y 700 kg sms m^{-3}. En relación a los valores obtenidos en este ensayo, la porosidad total en todos los sustratos está en el rango propuesto, excepto SPCH-CO (44 %) que presenta un valor ligeramente inferior. En pequeños volúmenes de contenedor, el sustrato debe poseer una máxima retención de agua sin perder capacidad de aireación (Ansorena Miner, 1994). Por ello, ambas propiedades físicas, la porosidad ocupada por el aire junto con la retención de agua de los sustratos son consideradas importantes propiedades cuando los sustratos son utilizados en contenedores pequeños, debido a su impacto en las condiciones de las plantas para garantizar el adecuado suministro de oxígeno y agua. En relación al espacio de aire el SPCH-St y la mezcla, superan el límite del rango óptimo (59 % y 42 % respectivamente *vs*. óptimo 10-30 %), y presentan valores inferiores al rango óptimo, tanto en relación al agua disponible (18 % y 19 % respectivamente *vs*. óptimo 25-35 %, equivalente expresado sobre materia fresca (smf) a 820 kg agua t^{-1} smf y 486 kg agua t^{-1} smf) como en la Da (50 kg sms m^{-3} y 90 kg sms m^{-3}). Estas diferencias posiblemente estarían asociadas a la presencia de macroporos, en el SPCH-St, es identificable visualmente la presencia de paja (poco evolucionada).

Por el contrario, SPCH-CO presenta un porcentaje de aire ligeramente inferior (8 % *vs*. óptimo 10-30 %), si bien el porcentaje de retención de agua es ligeramente superior (43 % *vs*. óptimo 25-35 %) a los valores óptimos. La propiedad de retención de agua de un sustrato se relaciona con la mayor proporción de poros de pequeño tamaño, por su capacidad para adsorber agua en sus paredes y la forma de las partículas (Postemsky y López-Castro, 2016). Por lo que el origen de los materiales orgánicos afecta a la porosidad y la capacidad de retención de agua del sustrato, presumiblemente asociado la forma y el tamaño de las partículas (Gayosso-Rodríguez *et al.,* 2018). Un proceso de triturado o picado condiciona el tamaño de partícula por lo que en estos tratamientos, SPCH-St y mezcla, este proceso además de uniformizar el producto y reducir los macroporos, incrementaría la Da y favorecería la retención de agua (Postemsky y López-Castro, 2016).

En ese sentido, en relación a las propiedades físicas de los sustratos, el tratamiento menos adecuado sería el SPCH-St para su utilización en fresco, debido a que esta fuera de todos los rangos en los parámetros analizados excepto en porosidad total de acuerdo con los estándares para un sustrato óptimo según Yeager *et al.* (1997) y Bilderback *et al.* (2005).

Las propiedades físicas de los sustratos se evaluaron antes de realizar el semillero, un hecho a considerar cuando se utilizan SPCH para cultivar plantas en contenedores debido a la baja estabilidad de MO, la Da y la porosidad, parámetros que pueden resultar afectados a lo largo del cultivo vegetal y esto es perceptible porque el sustrato "se contrae" en el contenedor (Postemsky y López-Castro, 2016). Esta reducción del volumen de los sustratos en el alveolo fue detectado visualmente en todos los tratamientos, incluido el sustrato comercial a medida que transcurría el tiempo en ambos ensayos.

Efecto de los diferentes tratamientos en la germinación y plántula

En referencia a la germinación de lechuga a los 10 días, los tratamientos SPCH-St, mezcla y compost germinaron las 9 semillas (100 %), en los tratamientos con SPCH-Ch y SPCH-CO solo germinaron 1 de 9 semillas por tratamiento. Pero al final de este ensayo en estos tratamientos germinaron 6 de 9 semillas en el SPCH-Ch y 3 de 9 en SPCH-CO (67 % y 33 %

respectivamente), lo que supone que se produjo un retraso en la germinación. En estudios realizados con frijoles, los autores encontraron el máximo de germinación después de 21 días independientemente del sustrato utilizado (Harp *et al.,* 2015). En el ensayo de guindilla, la germinación fue evaluada al final del ensayo y mostró que el tratamiento compost fue el único en que germinaron 100 % de las semillas; en SPCH-St y mezcla, germinaron 8 y 7 semillas de 9 por cada tratamiento respectivamente (89 % y 78 % respectivamente), y en SPCH-Ch y SPCH-CO solo germinaron 1 y 2 de 9 semillas por tratamiento (11 % y 22 % respectivamente). En estos dos últimos tratamientos, en ambos ensayos el efecto supresor de la germinación (Figura 2) se atribuye a la salinidad debido a sus altos valores en CE (Tabla 1) que afectarían significativamente a la germinación de la semilla.

La biomasa (aérea y radicular), presentó valores significativamente mayores en el tratamiento mezcla respecto al resto de tratamientos, en el ensayo de lechuga. En el caso de la guindilla, también el mayor valor de biomasa se obtuvo en la mezcla, pero no se detectaron diferencias presumiblemente por la elevada variabilidad entre repeticiones.

Considerando la baja disponibilidad de N mineral en SPCH-St, asociada a su alta relación C/N y la elevada salinidad del SPCH-Ch y SPCH-CO que podrían afectar al desarrollo de los cultivos evaluados, la mezcla SPCH-St y SPCH-Ch supone una adecuada opción que además de reducir la salinidad y la relación C/N incorpora N mineral en forma amoniacal.

La sensibilidad del cultivo hortícola puede ser determinante para la respuesta del cultivo al sustrato utilizado, Collela *et al.* (2019) evaluaron SPCH-St como sustrato para semillero y obtuvieron plántulas de tomate vigorosas y de calidad como en los sustratos comerciales testados. También la utilización de SPCH mezclado con residuos de digestión anaerobia produjo buenos resultados en semillero de hortícolas para tomate y pimiento (Meng *et al.,* 2018). Estos autores concluyeron que su utilización como medio de crecimiento puede reemplazar la turba para la producción de estas especies.

Cuando el SPCH es mezclado con turba en diferentes proporciones para semillero en lechuga, la mezcla del 50 % de SPCH, presentó mejores valores en relación al crecimiento de lechuga que cuando se usó solo turba, aunque sin diferencias significativas entre ellos ni en las distintas mezclas (Liu *et al.,* 2018).

En nuestro caso, el tratamiento mezcla de sustratos utilizados presentó una buena germinación y los mejores valores en relación al desarrollo de planta (biomasa aérea y radicular) respecto al resto de los tratamientos SPCH evaluados, con valores iguales o superiores al sustrato comercial (Figura 2) en lechuga y guindilla.

Conclusiones

La biomasa obtenida en todos los tratamientos mostró valores similares a los obtenidos con el sustrato comercial. Los sustratos postcultivo de hongos de champiñón fresco y compostado (SPCH-Ch; SPCH-CO) afectaron negativamente a la nascencia de la lechuga y guindilla, debido posiblemente a su alta salinidad, por lo que no sería recomendable su utilización directa en semillero, en cultivos sensibles a salinidad. Sería conveniente realizar lavados para reducir la salinidad o utilizar mezclas con otros sustratos. El uso de SPCH-St debido a su elevada relación C/N, limitaría la disponibilidad de N mineral para el desarrollo del cultivo, siendo preciso el aporte de N en forma de fertilización mineral.

La mezcla de sustratos de champiñón y seta en fresco, combina las propiedades positivas de ambos sustratos, y produjo los mayores rendimientos de biomasa en las plántulas de

lechuga. En el caso de las guindillas, no se observaron diferencias respecto al sustrato comercial asociadas a la variabilidad entre repeticiones.

Los resultados obtenidos confirman la posibilidad de reutilizar estos materiales para su uso como sustrato en semillero. Sería aconsejable realizar pruebas con diferentes dosis de mezcla de cada sustrato asociadas al cultivo a utilizar, y considerar un triturado previo para favorecer la uniformidad de la mezcla, reducir la macroporosidad e incrementar la retención de agua.

Material complementario

El material complementario de este artículo se puede consultar en la URLhttps://doi.org/10.12706/itea.2021.004

Agradecimientos

Al laboratorio del departamento Agroambiental del Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural (IMIDRA), y Centro Tecnológico de Investigación del Champiñón (CTICH) de La Rioja por la provisión de los sustratos.

Este trabajo ha sido financiado por un contrato NEIKER-IMIDRA en el marco del proyecto RTA 2015-00060-C04-04, financiado por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) y el fondo FEDER de la Unión Europea. Dra. M.R. Yagüe es beneficiaria de un contrato postdoctoral del programa DOC-INIA (Ref.DOC 2015-021), financiado por el INIA, Ministerio de Ciencia e Innovación, y Fondo Social Europeo, y cofinanciado por el IMIDRA.

Parte de esta información ha sido publicada en el congreso SECS 2019.

Referencias bibliográficas

Ansorena Miner J (1994). Sustratos propiedades y caracterización. Mundi-Prensa. Madrid, España. 172pp.

Bilderback TE, Warren SL, Owen JS, Albano JP (2005). Healthy substrates need physicals too! HortTechnology 15:747-751. https://doi.org/10.21273/HORTTECH.15.4.0747.

BOE (2010). Real Decreto 865/2010, de 2 de julio, sobre sustratos de cultivo. Ministerio de la Presidencia. Boletín Oficial del Estado, núm. 170, de 14 julio de 2010, pp. 61831-61859.

BOE (2016). Orden PRA/1943/2016, de 22 de diciembre, por la que se modifican los anexos I, II, IV y VI del Real Decreto 865/2010, de 2 de julio, sobre sustratos de cultivo. Boletín Oficial del Estado, núm. 309, de 23 de diciembre de 2016, pp. 89958-89960.

Collela CF, Martínez Abreu Soares Costa LM, Junqueira de Moraes TS, Cunha Zied D, Lee Rinker D, Souza Dias E (2019). Potential utilization of spent *Agaricusbiporus* mushroom substrate for seeling production and organic fertilizer in tomato cultivation. Ciênca e Agrotecnologia 43: e017119. https://doi.org/10.1590/1413-7054201943017119.

Dar SR, Thomas T, Khan IM, Dagar JC, Quadar A, Rashid M (2009). Effect of nitrogen fertilizer with mushroom compost of varied C:N ratio on nitrogen use efficiency, carbon sequestration and rice yield. Communications in Biometry and Crop Science 4 (1): 31-39.

EU (2019). Report from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. On the implementation of the Circular Economy Action Plan. Disponible en: https://ec.europa.eu/commission/sites/beta-political/files/report_implementation_circular_economy_action_plan.pdf (Consultado: 13 octubre 2020).

FAOSTAT (2019). Mushrooms and truffles, productionquantity (tons) Disponible en: http://www.factfish.com/statistic/mushrooms%20and%20truffles%2C%20production%20quantity (Consultado: 13 de octubre 2020).

Finney KN, Ryu C, SharifiVN, Swithenbank J (2009). The reuse of spent mushroom compost and coal tailing for energy recovery: comparison of thermal treatment technologies, Bioresource Technology 100:310-315. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.05.054.

Gayosso-Rodríguez S, Borges-Gómez L, Villanueva-Couoh E, Estrada-Botello MA, Garruña, R (2018). Physical and chemical characterization of organic materials for agricultural substrates. Agrociencia 52: 639-652.

Grimm D, WöstenHAB (2018). Mushroom cultivation in the circular economy. Applied Microbiology and Biotechnology 102:7795-7803. https://doi.org/10.1007/s00253-018-9226-8.

Hanafi FHM, Rezania S, Taib SM, Din MFM, Yamauchi M, Sakamoto M, Hara H, Park J, Ebrahimi, SS (2018). Environmentally sustainable applications of agro-based spent mushroom substrate (SMS): an overview. Journal of Material Cycles and Waste Management 20: 1383-1396. https://doi.org/10.1007/s10163-018-0739-0.

Harp DA, Chen Ch, Jones C (2015). Physical characteristics of and seed germination in commercial green roof substrates. HortTechnology 25(2): 221-227.https://doi.org/10.21273/HORTTECH.25.2.221.

Hao X, Ball BC, CulleyJLB, Carter MR, Parkin GW (2006). Chapter 57 soil densityand porosity. En: Soil sampling and methods of analysis2nd. (Eds. MR Carter, EG Gregorich), pp. 743-759. Canadian Society of soil Science. CRC Press Taylor & Francis Group.

Industry Report (2018). Global mushroom market size, market share, application analysis, regional Outlook, growth trends, key players, competitive strategies 2018 to 2026. Industry Report 2022. ID: 4620326. Research and Markets. The world's largest market research store.

Jasińska A (2018). Spent mushroom compost (SMC) – retrieved added value product closing loop in agricultural production. Acta Agraria Debreceniensis 150: 185-202. https://doi.org/10.34101/actaagrar/150/1715.

Kulshreshtha S (2019). Removal of pollutants using mushrooms substrates. Environmental Chemistry Letters 17: 833-847. https://doi.org/10.1007/s10311-018-00840-2.

Liu CJ, DuanYL, JinRZ, Han YY, Hao JH, Fan SX (2018). Spent mushroom substrates as component of growing media for lettuce seeding. IOP Conference series: Earth and Environmental Science 185: 012016.https://doi.org/10.1088/1755-1315/185/1/012016.

MAPA (1994). Métodos oficiales de análisis. Tomo III: Métodos oficiales de análisis de suelos y aguas para el riego. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Servicio de Publicaciones, Madrid, pp. 205-285.

Meng X, Dai J, Zhang Y, Wang X, Zhu W, YuanX, Yuan H, Cui Z (2018). Composed biogas residue and spent mushroom substrate as growth medium for tomato and pepper seedlings. Journal of Environmental Management 216: 62-69. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.09.056.

Owaid MN, Abed IA, Al-Saeedi SSS (2017). Applicable properties of the bio-fertilizer spent mushroom substrate in organic systems as a byproduct from the cultivation of *Pleurotus* spp. Information Processing in Agriculture 4: 78-82. https://doi.org/10.1016/j.inpa.2017.01.001.

Pardo-Giménez A (2008). Reutilización del sustrato agotado en la producción de hongos comestibles cultivados. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 104(3): 360-368.

Paredes C, Medina E, Bustamante MA, Moral R (2016). Effects of spent mushroom substrates and inorganic fertilizer on the characteristics of a calcareous clayed-loam soil and lettuce production. Soil Use and Management 32:487-491. https://doi.org/10.0111/sum.12304.

Postemsky PD, López-Castro RI (2016). Aplicaciones del sustrato residual de hongos a la producción hortícola. Horticultura Argentina 35 (86): 44-63.

Rinker DL (2017). Spent mushroom substrate uses. En: Edible and Medicinal Mushrooms: Technology and Applications. (Ed. Zied DC, Pardo-Giménez A.), pp. 427-454. Wiley-Blackwell, West Sussex, England. https://doi.org/10.1002/9781119149446.ch20.

Royse DJ, Baars J, Tan Q (2017). Current overview of mushroom production in the world. En: Edible and Medicinal Mushrooms: Technology and Applications (Ed. Zied DC, Pardo-Giménez A.), pp. 5-13. Wiley-Blackwell, West Sussex, England. https://doi.org/10.1002/9781119149446.ch2.

SAS Institute Inc. (1999-2001). SAS/TAT. Software B8.2. Cary, NC, USA.

Stewart-Wade SM (2020). Efficiency of organic amendments used in containerized plant production: part 1-compost-based amendments. Science Horticulturae 266: 108856. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108856.

UNE 77332: 2003. Calidad de suelo: sistemas de incubación de laboratorio para la medida de la mineralización de compuestos orgánicos presentes en el suelo bajo condiciones aeróbicas.

Walkley A, Black IA (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic carbon matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37:29-38.

Wong JWC, Wang X, Selvam A (2017). Improving compost quality by controlling nitrogen loss during composting. En: Current Developments in Biotechnology and Bioengineering (Ed. Wong JWC, Tyagi RD, Pandey A), pp. 59-82. https://doi.org/10.1016/b978-0-444-63664-5.00004-6.

Yeager T, Gilliam C, BilderbackTE, Fare D, Niemiera A, Tilt K (1997). Best management practices, guide for producing container-grow plants. Maryland Nutrient Management Manual. Southern Nursery Ass., Atlanta. USA.

(Aceptado para publicación el 26 de enero de 2021)

Factores determinantes de la rentabilidad de las granjas de vacuno de leche en Castilla y León

María José Fernández de la Cal[1,*], Ángel Ruiz Mantecón[2] y Alfonso Moral[3]

[1] Universidad de Valladolid, Programa de doctorado, Av. Valle de Esgueva, 6, 47011 Valladolid
[2] Instituto de Ganadería de Montaña, CSIC-Universidad de León, Finca Marzanas, 24346 Grulleros, León, España
[3] Universidad de Valladolid, Facultad de Ciencias Sociales, Jurídicas y de la Comunicación, Plaza Universidad Nº 1, 47005 Segovia, España

Resumen

Este trabajo pretende analizar los factores determinantes de la rentabilidad de las explotaciones de vacuno lechero en la región de Castilla y León. La rentabilidad se ha medido a través de dos indicadores: el beneficio por vaca y la producción umbral. Se ha utilizado la información correspondiente a un grupo de granjas de vacuno de leche, en las que se tomaron datos durante los años 2016, 2017 y 2018. De cada una de estas explotaciones se obtiene información correspondiente a censos de ganado, estructura de inmovilizado material, ingresos, costes y otras variables que han permitido evaluar su situación económico-financiera y construir indicadores que determinan sus resultados económicos.

Los datos han sido analizados mediante una estimación mínimo cuadrática de dos especificaciones econométricas multivariantes, una para cada uno de los indicadores de rentabilidad analizados. Los resultados ponen de manifiesto la importancia que tienen algunos componentes del coste y de los ingresos para explicar la rentabilidad de las granjas. También se observan efectos relevantes del tamaño de la explotación, de los controles anuales y de las variables que indican la localización territorial de la explotación.

Palabras clave: Vacuno lechero, rentabilidad, beneficio, producción umbral, Castilla y León.

Determining factors of the profitability of dairy farms in Castilla y León

Abstract

This work pursues a twofold objective, on the one hand a database of dairy farms is elaborated and, on the other hand, the factors determining their profitability are analysed through two indicators: the benefit per cow and the threshold production. For the first objective we took a representative sample of 30 dairy farms located in the autonomous community of Castilla y Leon during the years 2016, 2017 and 2018. From each of these farms we obtained data regarding livestock censuses, structure of tangible assets, income, costs and other variables that allow us to assess their economic-financial situation and to build the profitability indicators.

To achieve the second objective, an ordinary least squares estimation over two multivariate econometric specifications was made, one for each indicator. In this way it is possible to obtain the ceteris paribus

* Autor para correspondencia: mariajose.fernandez.cal@alumnos.uva.es

Cita del artículo: Fernández de la Cal MJ, Mantecón AR, Moral A (2021). Factores determinantes de la rentabilidad de las granjas de vacuno de leche en Castilla y León. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 117(4): 360-374. https://doi.org/10.12706/itea.2020.040

effect of each explanatory variable included in the regression. Results show the importance of some cost and income components to explain firms' profitability. There are also relevant effects of the farm size, annual controls or provincial dummy variables indicating the place where the firm is located.

Keywords: Milk beef farm, economic profitability, multivariate analysis, threshold production, Castilla y León.

Introducción

La producción de leche de vaca puede ser considerada como una actividad estratégica por su importancia dentro del PIB del sector primario y su relevancia a la hora de fijar de población en zonas rurales. De acuerdo con los datos correspondientes a la renta agraria nacional del año 2018 que proporciona el INE (INE, 2018), la producción de leche suponía casi el 6 % de toda la producción agraria y superaba el 16 % de la producción final ganadera de España. Esos porcentajes se situaban en torno al 11 % y 18 % en el caso de Castilla y León para el año 2017 (último disponible). Más allá de su importancia relativa, se trata de un sector sometido a crisis periódicas debido a la volatilidad de los precios que las industrias pagan por la leche y de las materias primas usadas para la alimentación del ganado (RENGRATI, 2018). Esta situación de riesgo para las inversiones sirve como primera justificación para la realización de este tipo de estudios.

A nivel internacional, el sector del vacuno de leche en España ocupaba la séptima posición en producción de leche dentro de la UE en 2018 con más de 7 millones de toneladas de producción industrial de todo tipo de leche. Y esto en un marco de crecimiento europeo en la producción láctea que ha sido sostenido durante los años a los que pertenece este análisis y que en 2018 superaba los 155 millones de toneladas (MAPA, 2020). Por su parte, Castilla y León era la segunda productora de leche de España durante ese año, con una cuota del 13 % y más de 900 millones de litros, solo superada por Galicia. De acuerdo con el informe de coyuntura del sector vacuno de leche de abril de 2019, las explotaciones de ganado vacuno lechero en Castilla y León en los últimos años se caracterizan por un aumento de tamaño y de la producción individual de las vacas (MAPA, 2019). Esta evolución, y las importantes inversiones que acarrea, colocan a los análisis de rentabilidad como un elemento esencial para garantizar la sostenibilidad de las explotaciones.

La información utilizada procede de una base de datos de granjas a las que se ha realizado un seguimiento durante los años 2016, 2017 y 2018. En total se utiliza información de entre 26 y 28 explotaciones (dependiendo del año) localizadas en Castilla y León. Esta es otra de las aportaciones de este trabajo, por ser la primera vez que se construye una muestra de estas características para esta comunidad.

Con estos antecedentes, el trabajo plantea un análisis multivariante que trata de identificar los factores determinantes de la rentabilidad de las granjas analizadas. Este tipo de análisis ha adquirido importancia en la literatura sobre el tema desde diferentes puntos de vista. Por un lado, existen informes muy completos realizados por el ministerio sobre resultados técnicos y económicos de granjas (ECREA, 2016 y 2017). Desde una perspectiva más académica Pérez-Cabal y Alenda (2003), Acero *et al.* (2004) y Álvarez *et al.* (2016) realizan estudios en esta línea para el ganado vacuno y Milán *et al.* (2014) para el caso del ovino. Finalmente, este tipo de análisis también ha tenido trascendencia a nivel internacional como lo muestran los trabajos de Nehring *et al.* (2016) con granjas americanas o europeas y Sinisalo (2015) en Finlandia.

En este trabajo se analiza la magnitud y significatividad del efecto que la composición de los costes corrientes, el origen de los ingresos, el grado de mecanización de la empresa, la importancia de las subvenciones o el tamaño de la explotación tienen sobre sus resultados económicos. También se tiene en cuenta el posible efecto de la localización territorial de la explotación o la dimensión temporal de la información. El estudio se realiza para dos posibles proxis de la rentabilidad de la granja, el beneficio por vaca y el umbral de producción que es necesario obtener por vaca para cubrir los costes corrientes. Estos dos indicadores son comunes en los análisis realizados por la Red Nacional de Granjas Típicas (RENGRATI) y se calculan por vaca para permitir la comparación entre explotaciones. En esta misma línea, los informes ECREA también utilizan euros por vaca como referencia a la hora de presentar algunos de sus indicadores.

Material y métodos

Desde un punto de vista meramente geográfico Castilla y León como área de estudio tiene un promedio de Altitud de 830 m sobre el nivel del mar (500 m a 2.500 m s. n. m.), baja densidad poblacional (27 habitantes/km^2 de media), y un clima mediterráneo bajo influencia continental, con sequía y veranos calurosos e inviernos fríos. El promedio de lluvia oscila entre 300 mm y 500 mm y alcanza su punto máximo en primavera y en otoño.

Los datos utilizados provienen de una muestra de granjas de vacuno de leche ubicadas en la Comunidad Autónoma de Castilla y León durante los años 2016, 2017 y 2018. A la hora de seleccionar la muestra se ha procedido a estratificar las explotaciones mediante el criterio de litros de producción, de la siguiente manera: ESTRATO 1: Producción de 0 a 500.000 de litros anuales. ESTRATO 2: Producción de 500.001 a 1.000.000 de litros anuales. ESTRATO 3: Producción de más de 1.000.000 de litros anuales.

Un 22 % de las granjas corresponden al primer estrato (18 registros), un 29 % al segundo (24 registros) y un 49 % al tercero (40 registros). En este reparto siempre se ha tratado de ajustar la disponibilidad de datos con una distribución por estratos que sea representativa a nivel regional de acuerdo con la información proporcionada por la Junta de Castilla y León. Aunque en principio son 82 granjas, finalmente se trabaja con 80 porque hay dos con datos muy atípicos, una en Burgos y otra en León.

La información utilizada para el análisis se obtuvo mediante entrevistas personales realizadas año a año en cada una de las granjas. Todos los datos han sido facilitados por los ganaderos participantes mediante la revisión de los documentos comerciales correspondientes, de acuerdo con el reparto provincial y anual que aparece recogido en la tabla 1. Se trata de un proyecto de recogida de datos donde la participación es voluntaria, y donde la información proviene de las facturas y contabilidades (en euros y sin impuestos). Todas las explotaciones pueden ser consideradas como intensivas con predominio de la estabulación permanente.

La información de ingresos anuales se obtiene como suma de ingresos por ventas (leche, animales de desvieje y crías), subvenciones directamente relacionadas con la explotación de vacuno de leche, indemnizaciones de seguros (animales y siniestros de la propia explotación), y otros ingresos eventuales (venta de inmovilizados o similar). Este procedimiento es similar al planteado por López-Paredes y Alenda (2015).

Por el lado de los costes se utiliza el concepto de coste corrientes (*CC*) imputables a la explotación de vacuno de leche, y de acuerdo a lo especificado en la siguiente expresión:

$$CC = CA + CS + M + SA + CAD$$

Tabla 1. Reparto de granjas por provincia y año de recogida de datos.
Table 1. Distribution of farms by province and year of data collection.

	2016	2017	2018	Total
Ávila	3	2	2	7
Burgos	3	3	2	8
León	10	9	11	30
Palencia	4	3	2	9
Salamanca	2	2	3	7
Segovia	1	2	1	4
Valladolid	2	2	5	9
Zamora	3	3	2	8
Total	28	26	28	82

Nota: no se incluye Soria por su escaso censo de vacuno lechero.

Dentro de la partida correspondiente a salarios (*SA*) se incluyen los sueldos de todos los trabajadores remunerados. También se tiene en cuenta el coste dedicado a la alimentación del ganado tanto de producción como de recría (*CA*), la sanidad y la reproducción (veterinario, zoosanitarios y material genético) (*CS*), productos para la limpieza de las instalaciones y el ganado, agua, energía y combustibles, reparaciones y conservación tanto de la maquinaria como de las instalaciones (Esto se incluye como coste de mantenimiento, M) y también los costes administrativos (*CAD)*. En el coste de alimentación se consideran las compras de alimentos de fuera de la explotación, así como el coste de producción propia, en el que se han tenido en cuenta el coste de arrendamiento de la tierra. El resto de información se recoge directamente de los datos proporcionados por los ganaderos (López-Paredes y Alenda, 2015).

Por su parte, las amortizaciones de inmovilizado (construcciones y maquinaria), se han estimado por el método de amortización lineal y valor residual cero, considerando una vida económica de 20 años para las construcciones y 10 años para la maquinaria. El coste financiero asociado al capital propio, se ha considerado también como coste de oportunidad, con un tipo de interés legal del 3 % y un IPC del 1,6 % (INE, 2016). Aparte de los intereses correspondientes al capital propio (ganado, instalaciones, maquinaria y tierras propiedad de la explotación) en el coste de oportunidad también se incluye la remuneración del trabajo familiar (Acero *et al.*, 2004)[1]. El cálculo concreto del coste de oportunidad (CO) se obtiene de la siguiente expresión:

$$CO = K \cdot (i - IPC) + HS \cdot 115 + HR \cdot 382 + UC \cdot (12 \cdot 1.980) + UNC \cdot (12 \cdot 1.000)$$

Donde *K* es el capital invertido, *HS* y *HR* indican las hectáreas de secano y regadío respec-

(1) El coste de oportunidad incluye la retribución de la mano de obra familiar y se corresponde con la aportación de la mano de obra que a pesar de prestar sus servicios en la explotación no recibe remuneración por ello.

tivamente y 115 € y 382 € son los importes medios del alquiler por hectárea de secano y regadío en Castilla y León durante los periodos objeto de este estudio según los datos consultados al Servicio de Estudios, Estadística y Planificación Agraria de la Junta de Castilla y León. Por su parte, *UC* y *UNC* se refieren a las Unidades de Trabajo Agrario (en adelante UTAs) cualificadas y no cualificadas que no reciben salario, por lo que se ha estimado un salario de los propietarios y sus familiares considerados como un coste de oportunidad mínimo cuantificado en 12.000 €/año por UTA en el caso de personal sin estudios y otro de 23.800 €/año si el personal posee titulaciones. En cuanto al valor de inventario de ganado, se ha utilizado un precio de 1.272 €/vaca de producción, 1.390 €/novilla de más de 12 meses y 484 €/novilla de entre 3 meses y 12 meses (Observatorio de precios agrícolas y ganaderos de Castilla y León, 2020).

Análisis multivariante

La segunda parte de este epígrafe se dedica a detallar el análisis econométrico realizado. El primer paso en esta fase es identificar que variables se consideran indicadores de la rentabilidad de las explotaciones ganaderas. En este trabajo se utilizan dos medidas relativas que permiten comparar explotaciones de diferente tamaño y que se definen de la siguiente manera:

$$BV_{it} = \frac{BE_{it}}{NV_{it}}$$

$$UV_{it} = \frac{CC_{it}}{PL_{it}}$$

Donde BV_{it} es el beneficio obtenido por la explotación *i* en el año *t* por cada vaca que integra la explotación animal (con independencia de que esta produzca leche o no). NV_{it} es el número de vacas y BE_{it} es el beneficio de explotación y se obtiene restando a los ingresos los costes corrientes, las amortizaciones del inmovilizado material y los costes de oportunidad no incluidos previamente. El beneficio por vaca es un indicador que está directamente relacionado con la rentabilidad de la explotación. Por su parte UV_{it} es el umbral de producción por vaca y recoge el número de litros que debe producir cada vaca lactante para cubrir los costes corrientes de una explotación. CC_{it} recoge los costes corrientes de la explotación i en el año t y PL_{it} el precio de la leche obtenido por cada ganadero en ese mismo periodo de tiempo. En este caso, el umbral es un indicador de eficiencia en cuanto que, cuanto menor sea su valor, más factible será obtener rentabilidad en la granja. Hay que dejar claro que al utilizarse los costes corrientes, solo se tiene en cuenta el trabajo contratado para su cálculo y no así las UTAs no asalariadas relacionadas con propietarios y familiares. Dicho de otra manera, este umbral mide el nivel de producción de leche a partir del cual se puede comenzar a rentabilizar la mano de obra familiar y cubrir el resto de costes de oportunidad sin tener en cuenta otras fuentes de ingresos.

Se ha decidido utilizar estos dos indicadores para evaluar la rentabilidad porque ya son empleados en RENGRATI y también se tienen en cuenta por la Junta de Castilla y León en las redes de costes agrarios creadas para mejorar la competitividad de las explotaciones. Los dos se tratan de explicar a partir de un modelo econométrico del siguiente tipo:

$$Y_{it} = \beta X_{it} + \varepsilon_{it}$$

Donde Y_{it} se refiere a cada una de las variables dependientes analizadas, BV_{it} o UV_{it} respectivamente. β es un vector de parámetros a estimar, X_{it} es un conjunto de variables explicativas y ε_{it} es un error aleatorio de media cero y varianza constante. Dentro de X_{it} se incluyen diferentes controles que son los que se piensa que pueden estar explicando la rentabilidad de cada explotación.

El primer grupo de variables que forman parte de esos controles hace referencia a la composición de los costes de la granja, y en él se incluye el porcentaje de coste dedicado a alimentación, a sanidad o a remuneración salarial. Como alternativa a los salarios también se hacen pruebas con el coste de oportunidad que mide la aportación de los propietarios a la empresa. El segundo grupo de variables se utiliza para medir la importancia de cada uno de los componentes de los ingresos. Aquí se añaden controles que miden el porcentaje de ingresos que se debe a la venta de leche, a la venta de ganado o a subvenciones. En tercer lugar, se incluye una variable que mide el grado de tecnificación de la granja calculado como el peso que representan los costes de consumo energético sobre el total de costes corrientes y un indicador del tamaño de la granja a partir del número de vacas en producción. También se controla por algunas características de los propietarios de la granja como es el porcentaje de varones y si alguno de los propietarios tiene estudios universitarios. Finalmente se añaden controles espaciales y temporales mediante variables dicotómicas que indican la provincia a la que pertenece la granja y el año al que corresponden los datos. Estas variables toman el valor 1 en la provincia (o año) al que pertenece el dato de la granja y 0 en el resto. No obstante, hay que tener en cuenta que a la hora de realizar la estimación hay que dejar fuera una de cada grupo de variables dicotómicas para evitar problemas de multicolinealidad perfecta. Esas variables que quedan fuera son las que actúan como referencia a la hora de interpretar los coeficientes (Ávila en el caso de provincias y 2016 en el caso de los años). Las variables provinciales tienen como finalidad controlar aquellos factores diferenciales de cada territorio que no cambian con el tiempo (por ejemplo, peculiaridades de las explotaciones o diferencias climáticas). Las anuales, sin embargo, se incluyen para tener en cuenta aspectos que afectan de forma conjunta a todas las granjas y que dependen del año considerado (por ejemplo, la legislación regional, nacional o europea).

Desde un punto de vista técnico se plantea la realización de una estimación de mínimos cuadrados ordinarios donde la selección de variables se realiza a partir de su aportación al modelo por medio del estadístico t. El objetivo final es realizar un análisis "céteris páribus" que determine cuál es el efecto de una variable cuando las demás se mantienen constantes en sus valores medios. También se platea una estimación de panel que permita controlar la heterogeneidad inobservable como muestra la robustez. Dado que se trata de una muestra que pretende representar a una población superior el método adecuado para la estimación es el de mínimos cuadrados generalizados con efectos aleatorios. En ese caso nos aprovechamos de que hay un cierto seguimiento de las granjas durante tres años. No obstante, si tenemos en cuenta que todos los años algunas desaparecen y otras son nuevas, el panel es no balanceado. Para cualquier explicación adicional sobre estos métodos de estimación puede consultarse Greene (2003). Finalmente, sería conveniente comentar que todos los procedimientos estadísticos se han realizado utilizando la versión 15 del software estadístico STATA.

Resultados y discusión

De acuerdo con los datos empleados, la explotación media objeto de este estudio produce 1.423.869 L de leche/año, con un censo medio de 132 vacas, de las que un 87 % están en producción, y dispone de una base territorial de 96 hectáreas donde producir alimentos para sus animales. El número de UTAs de las que dispone esta explotación es 3,65.

En relación con la procedencia de los ingresos (ver tabla 2), se puede comprobar que una media del 80 % proviene de la venta de

Tabla 2. Descriptivos relativos a las variables empleadas en el análisis.
Table 2. Descriptive relative to the variables used in the analysis.

Variable	Granjas	Media	Std. Dev.	Min	Max
Beneficio (€/vaca·año)	80	487,60	670,69	-920,64	2.534,58
Producción Umbral (l/vaca)	80	9.740,97	2.006,90	4.339,52	15.248,19
Reparto porcentual de costes por partidas					
Alimentación	80	58%	0,10	35%	79%
Zoosanitarios	80	9%	0,04	2%	24%
Salarios	80	10%	0,08	0%	30%
C. Oportunidad	80	10%	0,13	0%	60%
Energía	80	6%	0,03	2%	13%
Reparto porcentual de ingresos por partidas					
Leche	80	80%	0,09	47%	96%
Ganado	80	7%	0,07	0%	43%
Subvenciones	80	10%	0,04	1%	20%
Tamaño de explotación					
Vacas (nº)	80	132,78	82,39	24,91	356,67
Variables socioeconómicas					
Género (% varones)	80	84%	0,17	50%	100%
Estudios (% universitarios)	80	43%	0,50	0%	100%

Nota: Se han eliminado una granja de León y otra de Burgos por sus datos atípicos.

leche a industrias (96 % en el caso más extremo), siendo un resultado lógico si tenemos en cuenta que se trata de granjas lecheras. El resto de los ingresos se reparte entre un 7 % por venta de ganado y un 10 % de subvenciones. Estos datos descriptivos son similares a los encontrados por Álvarez *et al.* (2016) en un estudio realizado sobre una muestra de 5 granjas.

Respecto a los costes corrientes, se observa que el 58 % se corresponde con la alimentación de los animales, obtenida como la suma entre alimentos comprados y alimentos producidos, y puede alcanzar casi el 80 % en algún caso. Por su parte, tanto los costes sanitarios y de reproducción del ganado, como los salarios o el coste de oportunidad suponen un gasto medio cercano al 10 % (Un resumen de los costes e ingresos medios por vaca desagregado por partidas y estratos se puede consultar en la tabla 3).

De acuerdo con los datos recogidos en la tabla 2, también se puede destacar que el beneficio medio por granja de la muestra se sitúa en valores cercanos a los 500 €/vaca y es necesario que cada vaca produzca un promedio de casi 10.000 L de leche/año para cubrir costes. Pero más allá de estos resultados medios se obser-

Tabla 3. Valores medios de las diferentes partidas de ingresos y costes por estrato de producción y año en €/vaca.
Table 3. Average values of the different items of income and costs by production stratum and year in €/cow.

	2016			2017			2018		
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3
INGRESOS									
Leche	2.308	2.835	3.390	2.485	2.950	3.476	2.958	3.094	3.835
Ganado	328	136	178	377	271	195	356	342	305
Subvenciones	426	401	319	465	472	359	490	392	367
COSTES									
Alimentación	1.480	1.773	1.821	1.431	1.514	1.527	1.916	1.911	1.948
Zoosanitarios	204	208	329	179	180	253	197	278	381
Energía	154	190	165	131	170	139	160	203	209
Salarios	198	212	352	400	311	433	194	336	460
Amortizaciones	307	349	268	230	300	251	275	316	266
Coste de oportunidad	515	206	138	326	200	90	572	269	116

van grandes oscilaciones, hay granjas con pérdidas cercanas a los 1.000 €/vaca y otras que superan los 2.500 €/vaca de beneficio. También se encuentran explotaciones que con producir algo más de 4.000 l/vaca cubren costes mientras otras necesitarían superar los 15.000 l/vaca, esta variabilidad concuerda con la reseñada por Pérez-Carbajal y Alenda *et al.* (2003).

Otra variable importante es el gasto en energía que muestra en cierta medida el grado de tecnificación de la explotación y cuyo peso, en el total de costes, oscila entre el 2 % y el 13 % con una media del 6 %. En cuanto al tamaño, las granjas tienen 132 vacas como media, pero hay explotaciones que superan las 350 vacas y otras que no llegan a las 25 vacas. Las dos últimas variables se refieren a características personales de los trabajadores en las granjas, y muestran que en su mayoría los empleados son varones y que un 43 % de los propietarios tiene estudios universitarios.

En la segunda parte de los resultados se muestran los coeficientes asociados a las estimaciones planteadas en el análisis multivariante. Como ya se ha comentado, se utilizan dos estimaciones, una sobre el beneficio medido en euros por vaca, y otra sobre el umbral de producción calculado como el número de litros que debe producir cada vaca para cubrir los costes corrientes de la explotación. En ambos casos se estiman cuatro modelos distintos que se van modificando con el fin de obtener la mejor especificación posible, de acuerdo al valor que proporciona el ajustado.

El primero de los modelos utiliza como variables explicativas, además de los controles temporales y espaciales, los componentes de costes como el peso de la alimentación, el de

los zoosanitarios y el de la masa salarial. El segundo completa al anterior con variables de ingresos como el peso de la venta de leche, el peso de la venta de ganado o la importancia de las subvenciones. En el modelo III se añaden variables como el indicador de mecanización, el número de vacas de la granja y variables socioeconómicas como el porcentaje de varones y el nivel de estudios del propietario. Finalmente, el último modelo sustituye el peso de la masa salarial por el coste de oportunidad y elimina las variables socioeconómicas. En el caso del umbral por vaca se modifica un poco este último modelo ya que mantiene el nivel de estudios porque resultaba significativo y elimina la variable mecanización y el control de tamaño porque no eran explicativas en el modelo III. En esa selección de variables también se tiene en cuenta su propia significación individual a través del estadístico t de Student.

Los resultados de la tabla 4 muestran un efecto positivo y significativo tanto del gasto en alimentación, similar a lo descrito por Priyamvada y Mishra (2019), como en zoosanitarios, sobre el beneficio obtenido por vaca. Dicho de otra manera, el invertir en vacas más sanas y mejor alimentadas genera más rentabilidad a la explotación. También se aprecia un mayor beneficio cuando adquieren más importancia los salarios y una reducción cuando se incrementa el peso de los costes de oportunidad. Este resultado parece indicar una mayor rentabilidad de las explotaciones donde el trabajo no se concentra en los propietarios, y seguramente este asociado a una mayor profesionalización de la empresa. Por el lado de los ingresos, la única variable relevante son los ingresos por venta de ganado que afectan positivamente al nivel de beneficios. Este resultado parece indicar que una mayor diversificación de los ingresos también parece mejorar la situación de la explotación.

Los modelos III y IV reflejan un efecto positivo de la tecnificación y del tamaño de la explotación sobre el nivel de rentabilidad. Este resultado vuelve a ser coherente con el resultado obtenido por los salarios y que se relacionaba con el hecho de que una mayor profesionalización redunda en una mayor rentabilidad. Nehring *et al.* (2016) encuentran resultados similares en un estudio realizado para granjas de Estados Unidos y la Unión Europea y Sinisalo (2015) para otro realizado con explotaciones de Finlandia. Las variables referidas a la composición por género y al nivel educativo de los propietarios de la explotación del modelo III no resultan relevantes para la estimación del modelo. Finalmente, los controles temporales reflejan un incremento de los beneficios por vaca en 2017, y los controles espaciales muestran que tienen más beneficio las granjas situadas en Burgos, Salamanca o Zamora[2].

En términos de significación global se puede comprobar como todos los modelos explican más del 40 % de la variabilidad de la variable dependiente. En algunos casos, como en la especificación III, esa significación supera el 50 %.

Los resultados correspondientes al umbral de producción por vaca se presentan en la tabla 5. En este caso se comprueba que dicho umbral crece cuando lo hace el porcentaje de gasto dedicado a alimentación, zoosanitarios o salarios. Como en el caso anterior también se han hecho pruebas sustituyendo la variable que mide el peso de los salarios por la correspondiente al coste de oportunidad. Ahora el coste de oportunidad vuelve a tener un signo negativo y significativo. Este resul-

(2) Los coeficientes de estas variables no se incluyen en la tabla pero están a disposición de los interesados previa petición a los autores.

Tabla 4. Estimación de los beneficios por vaca.
Table 4. Estimate of benefits per cow.

	Especificaciones							
	I		II		III		IV	
	Coef.	*t*	Coef.	*t*	Coef.	*t*	Coef.	*t*
Variables de coste								
Alimentación	**2.107,6**	**2,35**	**1.829,3**	**1,96**	**3.374,0**	**3,4**	1.090,8	1,37
Zoosanitarios	**7.617,8**	**3,66**	**7.155,4**	**3,43**	**7.723,3**	**3,94**	**5.820,3**	**2,92**
Coste Oportunidad							**-1.286,4**	**-1,93**
Salarios	**4.325,3**	**3,98**	**3.836,4**	**3,41**	**4.543,8**	**3,63**		
Mecanización					**6.410,8**	**2,34**	2.762,8	1,07
Variables de ingresos								
Venta leche			-74,2	-0,05	93,5	0,06	44,2	0,03
Venta ganado			1.412,0	0,94	**2.582,7**	**1,68**	**2.677,8**	**1,74**
Subvención			-2.885,9	-1,23	214,8	0,08	-455,2	-0,18
Nº Vacas					**2,8**	**2,93**	**2,6**	**2,64**
Variables socioeconómicas								
Varones					-2.71,2	-0,64		
Estudios					-2.16,3	-1,59		
Controles temporales (el año 2016 es la referencia)								
Año 2017	**542,4**	**3,60**	**543,6**	**3,55**	**517,6**	**3,62**	**577,7**	**3,82**
Año 2018	-26,9	-0,19	-49,4	-0,35	-52,1	-0,39	-57,7	-0,4
Control provincial	Si		Si		Si		Si	
Constante	**-2.687,6**	**-3.35**	**-2097.3**	**-1.30**	**-3.985,7**	**-2.43**	-1.685,12	-1,08
R^2	0,51	0,55	0,63	0,57				
R^2 ajustado	0,43	0,44	0,52	0,45				
Datos	80*							

Notas: En negrita aparecen los coeficientes significativos a un mínimo del 10 %.

* Se han eliminado una granja de León y otra de Burgos por sus datos atípicos.

tado indica que cuando es mayor el peso del trabajo correspondiente a los propietarios de la explotación son necesarios menos litros por vaca para cubrir los costes de la empresa. O también, que una mayor profesionalización de la empresa incrementa el número de litros que deben obtenerse por vaca para poder compensar el aumento de costes.

Tabla 5. Estimación de la producción umbral por vaca de lactación.
Table 5. Estimation of the threshold production per lactating cow.

	Especificaciones							
	I		II		III		IV	
	Coef.	*t*	Coef.	*t*	Coef.	*t*	Coef.	*t*
Variables de coste								
Alimentación	**6.161,5**	**1,86**	**5.896,5**	**1,75**	5.609,5	1,45	1.850,2	0,70
Zoosanitarios	**17.584,8**	**2,29**	**15.391,7**	**2,04**	**13.428,4**	**1,76**	10.916,4	1,53
Coste Oportunidad							**-4.861,6**	**2,25**
Salarios	11.095,1	2,77	**9.642,1**	**2,37**	7.853,3	1,61		
Mecanización					-1.897,5	-0,18		
Variables de ingresos								
Venta leche			**-11.843,0**	**-2,22**	**-13.790,0**	**-2,46**	**-12.403,2**	**-2,31**
Venta ganado			-7.888,0	-1,45	-9.381,1	-1,57	-7.855,7	-1,38
Subvención			**-22.683,4**	**-2,67**	**-22.482,3**	**-2,14**	**-21.854,7**	**-2,40**
Nº Vacas					2,8	0,77		
Variables socioeconómicas								
Varones					-566,0	-0,34		
Estudios					**918,1**	**1,73**	**1.170,8**	**3,31**
Controles temporales (el año 2016 es la referencia)								
Año 2017	-91,3	-0,16	209,6	0,38	300,7	0,54	370,2	0,68*
Año 2018	839,8	1,62	**1.053,8**	**2,04**	**1.058,9**	**2,01**	**1.110,9**	**2,20**
Control provincial	Si		Si		Si		Si	
Constante	**3.724,5**	**1,26**	**16.729,2**	**2,87**	**19.183,3**	**3,01**	**21.416,5**	**3,81**
R^2	0,26	0,34	0,38	0,37				
R^2 ajustado	0,13	0,18	0,19	0,22				
Datos	80*							

Notas: En negrita aparecen los coeficientes significativos a un mínimo del 10 %.

* Se han eliminado una granja de León y otra de Burgos por sus datos atípicos.

De acuerdo con los modelos II, III y IV cuanto mayor peso tenga la venta de leche y las subvenciones en los ingresos menor es el margen necesario para cubrir costes. Sin embargo, ni el nivel de mecanización ni el tamaño de la empresa resultaron estadísticamente significativos. Como en el caso anterior, el género sigue sin tener efecto y el nivel de estudios del

propietario no solo no reduce el margen, sino que lo incrementa. Este resultado puede ser consecuencia de que una mayor formación del propietario está asociada a un mayor coste de oportunidad elevando también el margen necesario para cubrir costes.

Finalmente, los controles temporales indican un mayor margen en 2018 y también en las provincias de León, Valladolid y Zamora, aunque este último resultado solo se produce con las especificaciones III y IV. En términos de significatividad, se comprueba que los modelos que explican el umbral de producción son menos significativos llegando solo a explicar el 20 % de la varianza de la variable dependiente (umbral de producción).

Para terminar, y como medida de robustez, se han realizado pruebas utilizando una estimación de panel no balanceado con efectos aleatorios para los modelos III y IV y para las dos variables objetos de estudio. En este caso todos los resultados obtenidos vuelven a ser coherentes con los presentados a través de la estimación de mínimos cuadrados ordinarios (pueden consultarse en la tabla 6).

A modo de resumen, los efectos positivos asociados a los costes en alimentación y zoosanitarios en los dos indicadores empleados tienen dos interpretaciones. Por un lado, una mayor inversión en alimentación y sanidad incrementa el coste de producción y por lo tanto también aumenta el margen que se debe obtener por vaca para poder hacerles frente. Por otro, esa mejor alimentación y sanidad de los animales incrementa su producción. En ese sentido, el efecto positivo de estas variables sobre el beneficio por vaca pone de manifiesto que el incremento de leche compensa el aumento de costes generado y por lo tanto también la rentabilidad de la explotación.

Otras dos variables importantes que actúan en sentido opuesto son el peso de la masa salarial y el coste de oportunidad. Tanto en el caso del beneficio por vaca como en el umbral de producción la masa salarial tiene un signo positivo y el coste de oportunidad negativo. Esta evolución contraria puede ser consecuencia de que se trata de factores sustitutivos ya que el coste de oportunidad se relaciona con el empleo de recursos propios y trabajo no remunerado. Siguiendo esta línea de análisis, un mayor peso del trabajo remunerado y menor aportación de los propietarios, es compatible con una mayor profesionalización de la empresa. En estos casos es necesaria una mayor inversión y por lo tanto aumenta el margen de producción necesario para compensarla. Pero por otro lado, el rendimiento de esa inversión tiene un efecto multiplicador que hace que el incremento de ingresos compense los gastos y por lo tanto aumente el beneficio.

Este efecto positivo de la profesionalización de la empresa también se ve reflejado en el signo positivo y significativo tanto del gasto en energía como del tamaño de la empresa sobre el beneficio. La primera de esas variables indica que un mayor gasto energético, seguramente asociado a un mayor empleo de tecnología, suele redundar en una mayor rentabilidad de la empresa. La segunda está más relacionada con la existencia de economías de escala. Los incrementos de tamaño de las empresas, aunque incrementan los costes totales, parecen generar un incremento más que proporcional en los ingresos que mejora la rentabilidad de la explotación. En general se aprecia que toda inversión en una dirección más profesional y en el bienestar de los animales, aunque puede generar aumento de costes, también da lugar a una mejora de los ingresos que compensa la inversión y mejora los beneficios de la empresa.

Finalmente, las variables socioeconómicas como la composición por sexo de los trabajadores o el nivel de estudios del propietario no parecen afectar a los resultados de la empresa. El único efecto reseñable lo encontramos para el caso del nivel de estudios en el

Tabla 6. Resultados de la estimación de panel no balanceado (Mínimos Cuadrados Generalizados).
Table 6. Results of the estimation of the unbalanced panel (Generalized Least Squares).

	Beneficio				Umbral de producción			
	I		II		III		IV	
	Coef.	*t*	Coef.	*t*	Coef.	*t*	Coef.	*t*
Variable de coste								
Alimentación	**3.302,6**	**3,30**	1.076,2	1,33	4.912,4	1,28	1.356,6	0,52
Zoosanitarios	**7.372,1**	**3,66**	**5.186,4**	**2,48**	11.667,5	1,47	8.821,4	1,21
Coste Oportunidad			**-1.266,0**	**-1,75**			**-6.437,5**	**-2,70**
Salarios	**4.575,0**	**3,56**			7.476,1	1,45		
Mecanización	**6.213,7**	**2,24**	2.901,9	1,08	1.359,7	-0,13		
Variables de ingresos								
Venta leche	92,22	0,06	-97,0	-0,07	**-12.633,4**	**-2,32**	**-11.778,9**	**-2,38**
Venta ganado	**2.766,6**	**1,78**	**2.898,1**	**1,82**	-8.545,1	-1,43	-7.289,7	-1,32
Subvención	-221,3	-0,08	-1.113,9	-0,43	**-20.132,2**	**-1,97**	**-18.009,8**	**-2,04**
Nº Vacas	**2,5**	**2,58**	**2,4**	**2,18**	3,6	0,88		
Variables socioeconómicas								
Varones	-207,6	-0,48			-560,6	-0,34		
Estudios	-207,7	-1,44			842,3	1,38	**1.173,6**	**1,88**
Controles temporales (el año 2016 es la referencia)								
Año 2017	**513,2**	**3,69**	**568,0**	**3,99**	218,4	0,43	206,4	0,45
Año 2018	-54,9	-0,41	-57,3	-0,42	**881,8**	**1,79**	**892,9**	**1,99**
Control provincial	Si		Si		Si		Si	
Constante	**-3892,0**	**-2,35**	-1.446,7	-0,92	**18.476,5**	**2,88**	**20.939,6**	**4,01**
Datos	80*							

Notas: En negrita aparecen los coeficientes significativos a un mínimo del 10 %.

* Se han eliminado una granja de León y otra de Burgos por sus datos atípicos.

umbral de producción. En concreto se aprecia que a mayor formación mayor será el coste de oportunidad repercutido, y por lo tanto la explotación deberá obtener un margen superior. No obstante, esto no afecta sobre los beneficios seguramente porque esa mayor formación también ayuda a una mejor dirección de la empresa.

Conclusiones

Todos los incrementos de gasto destinados a mejorar la alimentación y los cuidados veterinarios tienen un efecto positivo sobre la rentabilidad de las explotaciones.

Aquellas empresas donde los ingresos por leche son más importantes y donde las subvenciones tienen más peso tienen un umbral de producción por vaca más bajo. Sin embargo, cuando los ingresos se diversifican con la venta de carne son mayores los beneficios por vaca.

La mayor profesionalidad de las explotaciones traducida en un mayor peso de la masa salarial y en una reducción de la aportación del propietario, incrementa tanto el umbral de producción como los beneficios por vaca, mejorando así la rentabilidad de la explotación.

Agradecimientos

A Dña. Mª Ángeles Muñoz Lebrato, Jefa del Servicio de Producción Ganadera de la Junta de Castilla y León, por su apoyo personal y aportaciones a esta publicación.

Referencias bibliográficas

Acero R, García A, Ceular N, Artacho C, Martos J (2004). Aproximación metodológica a la determinación de costes en la empresa ganadera. Archivos de zootecnia 53(201): 91-94.

Álvarez A, Cabrera VE, Heras J (2016). Rangos de rentabilidad de explotaciones pequeñas y medianas de vacuno lechero en el noroeste de España durante el año 2015. Boletín Anembe 112: 26-28

ECREA, Estudio de Costes y Rentas de las Explotaciones Agrarias (2016). Disponible online en: https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/analisis-y-prospectiva/ECREA-Informes_Ganaderia.aspx. (Consultado: mayo 2020).

ECREA, Estudio de Costes y Rentas de las Explotaciones Agrarias (2017). Disponible online en: https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/analisis-y-prospectiva/ECREA-Informes_Ganaderia.aspx. (Consultado: mayo 2020).

Greene WH (2003). Econometric analysis. Pearson Education India.

INE (2016). Renta agraria. Disponible en: https://www.ine.es/prodyser/pubweb/anuario16/anu16_12agric.pdf (consultado: 24 noviembre 2020).

INE (2018). Renta agraria. Disponible en: https://www.ine.es/prodyser/pubweb/anuario18/anu18_12agric.pdf (consultado: 24 noviembre 2020).

López-Paredes J, Alenda R (2015). Impacto de la mejora de la productividad en la rentabilidad del sector vacuno de carne en España. XVI Jornadas sobre producción animal, 19 y 20 de mayo, Zaragoza, España, pp. 531-533.

MAPA (2019). Informe de coyuntura del sector vacuno de leche, Subdirección General de Productos Ganaderos, Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios. Disponible online en: https://www.mapa.gob.es/ca/agricultura/estadisticas/informedecoyunturasectorvacunodeleche-abril2019_tcm34-58835.pdf (Consultado: mayo 2020).

MAPA (2020). Estructura del sector vacuno lechero en España y en la unión europea 2015-2018, Subdirección General de Productos Ganaderos, Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios. Disponible online en: https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/estructuraysituacion-delsectorvacunolecheroenespanayenlaue_versionfinal_29enero_tcm30-524899.pdf (Consultado: mayo 2020).

Milán MJ, Frendi F, González-González R, Caja G (2014). Cost structure and profitability of Assaf dairy sheep farms in Spain. Journal of Dairy Science 94: 771-784. https://doi.org/10.3168/jds.2013-7884

Nehring R, Sauer J, Gillespie J, Hallahan C (2016). United States and European Union dairy farms: where is the competitive edge? International Food and Agribusiness Management Review 19(B): 219-239. http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.244638

Observatorio de precios agrícolas y ganaderos de Castilla y León (2020). Precios de productos ganaderos. Disponible online en: https://agriculturaganaderia.jcyl.es/web/es/estadistica-informacion-agraria/precios-productos-ganaderos.html. (Consultado: mayo 2020).

Pérez-Cabal MA, Alenda R (2003). El carácter rentabilidad en vacuno de leche. X Jornadas sobre Producción Animal, 14-19 de mayo, Zaragoza, España, pp. 582-584.

Priyamvada S, Mishra BK (2019). Economic analysis of dairy cattle farms under town milk supply scheme in Jorhat district of Assam. Indian Journal of Dairy Science 72(3): 318-327. https://doi.org/10.33785/IJDS.2019.v72i03.013

RENGRATI (2018). Panel Nacional de Vacuno de leche. Ministerio de agricultura pesca y alimentación. Disponible online en: https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/sectores-ganaderos/red-de-granjas-tipicas/vacuno-lechero/. (Consultado: mayo 2020).

Sinisalo A (2015). Production costs of Finnish dairy farms in the 2000s. Economic Science for Rural Development 37: 26-34.

(Aceptado para publicación el 24 de noviembre de 2020)

¿Cómo afecta la disponibilidad de espacio y el tamaño de grupo al bienestar de los animales de granja?

Rubí Elena Sánchez-Casanova[1], Germani Adrián Muñoz-Osorio[2,*] y L.A. Sarmiento-Franco[1]

[1] Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán, Km 15.5 Carretera Mérida-Xmatkuil, Apdo. 4-116, Itzimná 97100, Mérida, Yucatán, México

[2] Dirección General de Investigación e Innovación, Secretaria de Investigación, Innovación y Educación Superior, Parque Científico Tecnológico de Yucatán, Km 5.5 Carretera Sierra Papacal – Chuburná Puerto, C.P. 97302, Mérida, Yucatán, México

Resumen

La presente revisión tiene como objetivo describir los efectos de la disponibilidad de espacio y del tamaño de grupo sobre el bienestar de los animales de granja. En condiciones adecuadas, los animales deben ser capaces de mantener y utilizar su espacio con el fin de cubrir sus requerimientos fisiológicos, psicológicos y sociales básicos. La importancia del uso adecuado del espacio dentro de los sistemas de producción radica en su relación con varios aspectos del ambiente del animal, tales como el diseño del área disponible para alimentarse y descansar, la cantidad de animales que estén presentes en un mismo alojamiento y sus interacciones sociales, así como el establecimiento de óptimas condiciones microclimáticas. El espacio disponible representa una superficie ofrecida que se determina basándose en los requerimientos de cada especie y finalidad zootécnica, mientras que el tamaño de grupo se refiere a la cantidad óptima de individuos que pueden ser alojados en un espacio determinado. Ambos guardan estrecha relación con la densidad de población. Por lo tanto, la provisión de alojamiento de tamaño suficiente y enriquecido favorece un óptimo bienestar en comparación con los alojamientos pequeños y monótonos. Finalmente, al momento de diseñar las instalaciones para el alojamiento, es importante tomar en cuenta la conducta y la finalidad zootécnica de cada especie, así como su estado fisiológico, para capacitar a los productores en el empleo de las prácticas de manejo adecuadas, pero desde el punto de vista del bienestar animal.

Palabras clave: Conducta, disponibilidad de espacio, estrés, alojamiento, prácticas de manejo.

How does space allowance and group size affect the welfare of farm animals?

Abstract

The present review aims to describe the effects of space allowance and group size on the welfare of farm animals. Under proper conditions, animals must be able to maintain and use their space in order to meet their basic physiological, psychological and social needs. The importance of a proper use of space within production systems lies in its relationship with many aspects of the animal's environment, such as the design of facilities for feeding and resting, the number of animals present in the same housing and their social interactions, as well as the establishment of optimal microclimatic conditions. The space

* Autor para correspondencia: gamo_688@hotmail.com

Cita del artículo: Sánchez-Casanova RE, Muñoz-Osorio GA, Sarmiento-Franco LA (2021). ¿Cómo afecta la disponibilidad de espacio y el tamaño de grupo al bienestar de los animales de granja?. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 117(4): 375-389. https://doi.org/10.12706/itea.2020.041

allowance represents a measure of the area offered according to the species' requirements and purpose, while group size refers to the optimal number of individuals that can be housed in a given space. Both are closely related to stocking density. Therefore, the provision of enriched, well-sized housing facilities enhances welfare compared to small and monotonous ones. Finally, when designing these housing facilities, it is important to consider the behavior and animal production purpose of each species, as well as its physiological state, to train farmers in the use of appropriate management practices, from the animal welfare point of view.

Keywords: Behavior, space allowance, stress, housing, management practices.

Introducción

La extensión del espacio físico en los sistemas de producción ejerce una fuerte influencia en diversas actividades de los animales. Un animal debería mantener y utilizar su espacio con el fin de cubrir sus requerimientos físicos, fisiológicos, psicológicos y sociales básicos (Fraser y Broom, 1997). Por lo tanto, el estudio de la extensión del espacio debe ser abordado desde dos perspectivas: 1) espacio vital, que se define, en términos de lo individual, como el espacio mínimo requerido por un animal, acorde a su especie, finalidad zootécnica y estado fisiológico, para realizar actividades básicas como alimentarse, desplazarse y descansar, y 2) distribución del espacio y territorio, el cual se refiere al área estática que es usada por el animal para satisfacer sus necesidades individuales. La importancia del uso adecuado del espacio dentro de los sistemas de producción radica en que éste interactúa con muchos aspectos del ambiente del animal, tales como el diseño del área disponible para alimentarse y descansar, la cantidad de animales presentes en un mismo alojamiento y sus interacciones sociales, los materiales utilizados para la construcción de dicho alojamiento, el manejo de las excretas, así como el establecimiento de óptimas condiciones microclimáticas. En este sentido, la disponibilidad de espacio, definida como la superficie asignada a cada animal (m^2/animal o m^2/kg de peso vivo) representa únicamente una medida de la extensión del espacio ofrecido de acuerdo con los requerimientos del animal (Petherick y Phillips, 2009). El tamaño de grupo, por consiguiente, se refiere a la cantidad óptima de individuos que pueden ser alojados en un espacio determinado. Sin embargo, el tamaño de grupo y la disponibilidad del espacio tienen diferentes implicaciones para los animales: el tamaño de grupo tiene que ver con las relaciones sociales entre los miembros de un grupo, mientras que la disponibilidad de espacio se centra en la cantidad y calidad de dicho espacio (Petherick y Phillips, 2009), incluyendo la superficie óptima del comedero y bebedero. De ahí que un manejo óptimo tanto del espacio como del tamaño de grupo esté estrechamente relacionado con el tamaño del recinto (m^2 totales disponibles para un grupo de animales) y la densidad de alojamiento (animales/m^2 o kg de peso vivo/m^2), ya que esta última se incrementa al agregar animales, o disminuye al removerlos de una superficie específica. En este contexto, una manera de disminuir la confusión causada por los efectos de modificar el espacio disponible o el tamaño de grupo es mantener constante alguno de estos dos factores. Por lo tanto, dada la complejidad para establecer el uso adecuado del espacio, la presente revisión tiene como objetivo describir los efectos de la disponibilidad de espacio y del tamaño de grupo sobre el bienestar de los animales de granja.

Factores a considerar para decidir sobre la disponibilidad de espacio y tamaño de grupo en animales de granja

La disponibilidad de espacio y el tamaño de grupo impactan de manera relevante en el bienestar y comportamiento productivo de los animales de granja (Leme *et al*., 2013; Averós *et al*., 2014 y 2016; Centoducati *et al*., 2015). Por lo tanto, es crucial enfocarse en los efectos de estos dos factores sobre la conducta, el ambiente social y el estado mental de los animales, así como en sus implicaciones en el diseño de instalaciones y prácticas de manejo. Al estudiar los efectos de la disponibilidad de espacio, es importante comprender que se pueden obtener modificaciones en la conducta y en el bienestar, ya sea modificando el área del alojamiento mientras se mantiene un número constante de animales o el número de animales mientras el área del alojamiento permanece sin cambios. Ambos enfoques resultan en cambios de la disponibilidad de espacio por individuo, lo que sugiere evaluarlos por separado para no confundir sus efectos (Buijs *et al*., 2011; Averós *et al*., 2014 y 2016; Averós y Estevez, 2018).

La conducta animal y el ambiente social

El repertorio conductual de cada especie es de especial importancia para la evaluación del bienestar animal (Broom, 2011), el cual puede variar incluso entre individuos de una misma especie (Neave *et al*., 2018). Con fines de evaluación, se ha documentado la conducta de la mayoría de los animales de granja (Conejos en crecimiento y engorda: Buijs *et al*., 2011; Bozicovich *et al*., 2016. Corderos de engorda: Leme *et al*., 2013. Ovejas gestantes: Averós *et al*., 2014 y 2016; Centoducati *et al*., 2015. Lechones: Brajon *et al*., 2017. Pollos de engorda: Sanchez-Casanova *et al*., 2019. Gallinas ponedoras: Villanueva-Sánchez *et al*., 2020. Bovinos: Lees *et al*., 2020; Salvin *et al*., 2020; Waiblinger *et al*., 2020). Naturalmente, todos los animales se acuestan, se incorporan o ponen de pie, caminan, corren, se alimentan, ingieren agua, pueden o no ser agresivos, se acicalan, orinan y defecan. Estas conductas, sin embargo, pueden ser alteradas por el entorno social, el estrés, las instalaciones y las prácticas de manejo. Por ejemplo, las gallinas aletean con cierta frecuencia, no obstante, en alojamientos industriales este comportamiento es prácticamente imposible de realizar (Broom y Molento, 2004; Broom, 2011). En conejos, una reducción en el tamaño de la jaula afecta negativamente el bienestar, al disminuir la posibilidad de realizar un repertorio conductual completo (Buijs *et al*., 2011). Estereotipias como la automutilación, la caudofagia en cerdos o el picoteo de plumas entre gallinas indican que el bienestar, en términos del estado mental del individuo, es pobre (Broom, 2011). No es lo mismo criar animales en ambientes enriquecidos que en ambientes monótonos (Muñoz-Osorio *et al*., 2019) o con fluctuaciones en el nivel de bienestar durante periodos cortos o prolongados (Broom, 2011). De ahí, la importancia de considerar la conducta durante todo el ciclo productivo.

Los cambios en el ambiente social en el que se desenvuelve un animal pueden ser expresados a través de estrategias comportamentales, fisiológicas, inmunológicas y otros componentes que son coordinados desde el cerebro, para enfrentar el entorno (Broom, 2011). Por ejemplo, la introducción de un nuevo individuo dentro de un grupo social establecido provocará estrés y puede generar interacciones agonísticas, así como efectos fisiológicos que se manifiestan en el incremento de la temperatura corporal, la frecuencia cardiaca y la frecuencia respiratoria (Proudfoot y Habing, 2015). Por consiguiente, la transición a nuevos ambientes puede afectar los indicadores conductuales, fisiológicos, endócrinos, bioquímicos y hematológicos, así como las ganancias de peso, el consumo de alimento y la conversión alimenticia (Neave *et al*., 2018;

Muñoz-Osorio *et al*., 2019). El ambiente social puede afectar negativamente a los animales, inclusive en un entorno, en apariencia, bien diseñado y saludable (Foris *et al*., 2019). Así, el espacio disponible por lechón, en jaulas de maternidad convencionales, puede aumentar las conductas agonísticas, debido a las pocas posibilidades de aislarse y de evitar ser agredidos por compañeros de camada, en comparación con aquellos lechones alojados en corrales enriquecidos con paja (Brajon *et al*., 2017). El aumento de la densidad animal en el alojamiento tiene como resultado una reducción en las distancias interindividuales y en el espacio disponible para la locomoción (Centoducati *et al*., 2015). Así mismo, se ha reportado la influencia del número de animales dentro del corral sobre la conducta y en la ingesta de alimentos (Leme *et al*., 2013). En este sentido, las relaciones dominante-subordinado y las afiliativas afectan la forma en que los individuos toman decisiones para alimentarse y acceder a los alimentos y, por lo tanto, les sirven para adoptar estrategias sociales particulares para mantener o ajustar los patrones de alimentación cuando el ambiente social cambia (Neave *et al*., 2018). Lo anterior resulta en una adaptación para interactuar socialmente de manera compleja (Proudfoot y Habing, 2015). Desde este punto de vista, una gestación exitosa en ovejas estará, al menos parcialmente, determinada por su capacidad para hacer frente a cualquier estresor potencial que pueda afectar durante la gestación, entre los que se puede incluir una limitación en el espacio disponible (Averós *et al*., 2014). Por otra parte, se ha sugerido que una menor competencia puede dar lugar a un entorno social más relajado y, por lo tanto, a una mejor adaptación (Foris *et al*., 2019).

Estado mental y estrés

El estado mental de un animal es expresado a través de sus experiencias afectivas tanto positivas como negativas (Mellor, 2017). Es importante reconocer y evaluar el óptimo bienestar, mediante las experiencias afectivas positivas, el control de las interacciones con el medio ambiente y la posibilidad de explotar habilidades cognitivas (Ceballos y Sant'Anna, 2018). El sufrimiento o, de manera específica, los estados afectivos negativos relacionados con un manejo inadecuado del espacio (dolor, estrés térmico, frustración, aburrimiento, aislamiento, ansiedad e incluso hambre y sed por la reducción de oportunidades derivadas de la competencia entre individuos), deben ser evitadas para disminuir, en la medida de lo posible, el estrés. El estrés puede ser definido como un efecto ambiental sobre un individuo que sobrecarga sus sistemas de control y reduce su desempeño físico (Broom, 2011). Implica la respuesta del eje hipotálamo-hipófisis-adrenales en un intento por regular la homeostasis cuando el animal se enfrenta a un estímulo aversivo (estresor) (Manteca *et al*., 2013). El estrés juega un papel importante en la incidencia de enfermedades de los animales de granja ocasionadas muchas veces por las prácticas comunes de manejo (Proudfoot y Habing, 2015). Por ejemplo, el estrés preparto en cerdas, derivado de alojarlas con cerdas de diferente grupo y edad, puede resultar en la pérdida del producto o en efectos perjudiciales sobre la conducta y el bienestar de la progenie durante su vida. Se ha demostrado que, para mitigar este efecto, el enriquecimiento del alojamiento antes del destete mejora ligeramente el crecimiento de los lechones después del destete (Brajon *et al*., 2017). Asimismo, el enriquecimiento ambiental mejora el bienestar y mejora el nivel de producción de conejos (Bozicovich *et al*., 2016), cabras (Oesterwind *et al*., 2016) y ovinos en crecimiento (Muñoz-Osorio *et al*., 2019). No obstante, el bienestar animal puede ser afectado negativamente por una menor disponibilidad de espacio en ovejas lecheras en gestación, según Averós *et al*. (2014); estos mismos autores indican que, la restricción espacial para ovejas le-

cheras puede tener consecuencias en su eficiencia reproductiva y en la calidad de su descendencia, debido a la restricción que tienen los animales para alimentarse. El aumento de la densidad también conduce a una disminución de la locomoción y el contacto social (Buijs *et al*., 2011). Por esta razón, es importante considerar el espacio adicional ocupado por los objetos utilizados dentro del alojamiento, tales como comederos y bebederos (Sanchez-Casanova *et al*., 2019), juguetes o cualquier otro tipo de enriquecimiento.

Instalaciones y prácticas de manejo

Los animales de granja generalmente son alojados en entornos intensivos o al aire libre, durante al menos una parte de sus vidas, donde la dinámica de grupo puede ser variable según las prácticas de manejo utilizadas durante el ciclo productivo (Buijs *et al*., 2011; Proudfoot y Habing, 2015). Estos animales compiten por recursos alimenticios y por lugares para descanso y movimiento (Leme *et al*., 2013; Centoducati *et al*., 2015; Proudfoot y Habing, 2015). En condiciones intensivas o semi intensivas, un desafío común para muchos productores es el crecimiento de su hato ganadero sin un crecimiento simultáneo de sus instalaciones (Proudfoot y Habing, 2015). La provisión de instalaciones para la crianza de los animales de granja implica una mayor inversión de capital (terreno, construcción, mantenimiento y mano de obra, entre otros) (Muñoz-Osorio *et al*., 2016). Por lo tanto, los sistemas de producción comerciales deben aprovechar la disponibilidad de espacio de las instalaciones para obtener una mejor eficiencia técnica y probablemente económica (Ninomiya, 2014; Averós *et al*., 2014; Proudfoot y Habing, 2015; Muñoz-Osorio *et al*., 2015 y 2019). Esto, sin embargo, no garantiza un alojamiento adecuado que procure el bienestar de los animales, que mantenga la eficiencia productiva y que asegure la sustentabilidad del sistema de producción (Broom y Molento, 2004; Broom, 2011; Averós *et al*., 2014; Zhang *et al*., 2018). La naturaleza compleja e interactiva de los sistemas de producción en cuanto al rendimiento y bienestar, se ha observado en pollos de engorda; por ejemplo, la combinación de un tamaño de grupo grande y la densidad relativamente baja parece mejorar el rendimiento y disminuir la perturbación de la parvada. Además, se ha demostrado que la provisión de alojamientos de tamaño suficiente y enriquecido mejora el bienestar, en comparación con los alojamientos pequeños y monótonos (Oesterwind *et al*., 2016), por lo que es importante evaluar el bienestar animal considerando el enriquecimiento ambiental, la disponibilidad de espacio y el tamaño de grupo.

La disponibilidad de espacio es un aspecto relevante para las prácticas de manejo, debido a las consecuencias mencionadas anteriormente sobre el bienestar, el comportamiento productivo de los animales y sus implicaciones económicas (Estevez *et al*., 2007; Averós *et al*., 2014). Bajo condiciones comerciales de producción, los productores son quienes establecen el espacio disponible o el tamaño de grupo, basándose en aspectos relacionados con el ahorro de mano de obra y el beneficio económico, principalmente, aunque desde el punto de vista del animal, las necesidades de espacio se pasen por alto (Averós *et al*., 2016; Dawkins, 2017; Muñoz-Osorio *et al*., 2019). Al respecto, Muñoz-Osorio *et al*. (2015) encontraron, en un estudio descriptivo de sistemas intensivos de engorda de corderos, diferencias significativas en cuanto al área del corral y a la disponibilidad de espacio, destacando un menor espacio por animal en corrales elevados con piso de rejilla en comparación con los corrales a nivel del suelo. Estos mismos autores mencionan que una menor superficie por animal sugiere un aprovechamiento espacial de las instalaciones y, por

tanto, una mejor eficiencia técnica y económica, con la consecuente necesidad de considerar una densidad adecuada que favorezca el comportamiento productivo, y evite estrés ambiental. En la Tabla 1, se presentan algunos aspectos a considerar en el diseño del alojamiento de los animales de granja, desde el punto de vista del bienestar.

Tabla 1. Aspectos a considerar en el diseño del alojamiento de los animales de granja, desde el punto de vista del bienestar.
Table 1. Aspects to consider in the design of farm animal housing, from the welfare point of view.

Consideraciones	Descripción
Ambientales	Condiciones inadecuadas impuestas: temperaturas extremas, material de cama inadecuado, confinamiento sin área externa, contaminantes (CO_2, amoniaco, polvo, humo), olores desagradables, intensidad luminosa, ruido fuerte, entorno monótono (ambiental, físico, luminoso), acontecimientos imprevisibles.
	Condiciones adecuadas: temperaturas tolerables, material de cama adecuado, espacio disponible para moverse, aire fresco, olores agradables o tolerables, intensidad de luz tolerable, exposición aceptable al ruido, entorno normal (variabilidad, previsibilidad).
Conducta animal	Reducción o ausencia de actividad física provocada por: ambiente monótono, imposiciones sensoriales inevitables, limitación de opciones, restricción de actividad e interacciones sociales, limitaciones para evitar amenazas, ya sea mediante actividad defensiva o de escape, limitaciones en el sueño o descanso.
	Actividad física voluntaria favorecida por: entorno atractivo nuevo, variable y/o enriquecido, estímulo sensorial agradable, opciones atractivas disponibles, libertad para moverse y explorar, búsqueda de comida, aprendizaje de cautiverio, jugar, actividad sexual, uso de refugios, oportunidad para huir o ataque defensivo, dormir o descansar suficiente.

Fuente: Mellor (2017); Ceballos y Sant'Anna (2018).

Importancia de la disponibilidad de espacio y tamaño de grupo por especie

Bovinos

Esta especie se caracteriza por tener una conducta rutinaria, que incluye el pastoreo y la rumia durante varias horas al día, y el retorno al alojamiento y praderas que les son familiares (Beaver y Höglund, 2016). Viven en grupos que se organizan por niveles de dominancia y jerarquías, por lo que la mezcla de individuos de grupos distintos puede alterar dicho orden, situación que debe ser tomada en cuenta al momento de diseñar instalaciones de alojamiento (SENASA, 2015; Beaver y Höglund, 2016). En vacas lecheras estabuladas, no se encontraron efectos de la densidad, sobre la duración y frecuencia de alimentación, el intervalo entre comidas y el consumo de alimento (Black *et al*., 2016; Wang *et al*., 2016); tampoco sobre el tiempo de rumia y en la producción y composición de la leche (Wang *et al*., 2016), pero sí sobre la prevalencia de cojeras y su severidad (King *et al*., 2016; Westin *et al*., 2016), la cual

puede estar estrechamente relacionada con el tiempo en que las vacas permanecen "echadas" (Solano *et al*., 2016). En otro estudio realizado con vacas lecheras durante la mitad del periodo de lactación, se observó que, al ofrecer mayor espacio disponible en el comedero por animal (0,6 m/vaca; 0,75 m/vaca o 1,0 m/vaca), así como cercas metálicas con forma de anillo, a manera de barrera física entre los espacios, hubo menor competencia por alimento y una reducción en conductas agonísticas en general, lo cual benefició a las vacas subordinadas al permitirles mejor acceso al alimento (Hetti *et al*., 2014). La disminución en la cantidad de conductas agonísticas también favoreció un descenso en la frecuencia cardiaca de los animales subordinados. En terneras, al ofrecer las mismas dimensiones de espacio disponible (1,82 m^2/ternera), pero con diferentes tamaños de grupo (2, 4 y 8 animales/corral), no se encontraron diferencias en indicadores productivos o fisiológicos (Abdelfattah *et al*., 2013). Sin embargo, al alojar terneras en grupos de cuatro y ocho, después de las seis semanas de edad, hubo mayor oportunidad de interacción social y mejor aprovechamiento del espacio sin repercusiones en el crecimiento ni el desempeño, a diferencia de las alojadas en grupos de dos animales. No obstante, en estas últimas se observó mayor porcentaje de animales realizando conductas como comer, beber y acicalamiento, así como periodos menores de inactividad; resultados similares han sido reportados con becerros. La disponibilidad de espacio junto con el método de alimentación puede tener un efecto sobre la conducta ingestiva en becerros. Al estudiar los efectos del espacio disponible (3,6 m^2/becerro o 6,0 m^2/becerro) y del método de alimentación (cubeta o biberón), Dong *et al*. (2017) encontraron en becerros alimentados de manera artificial y alojados en grupos, un incremento tanto en el tiempo como en la tasa de ingestión de leche, derivado de la disponibilidad de espacio y la competencia por el alimento, pero sin efectos adversos en el estado de salud de los animales o en su desempeño, lo que sugiere beneficios en cuanto al manejo y la rentabilidad del sistema de producción. En bovinos de engorda en confinamiento, se ha documentado que la reducción del espacio disponible (24 m^2/animal *vs.* 6 m^2/animal) puede resultar en el empobrecimiento de las condiciones ambientales, lo que se traduce en una mayor cantidad de animales con signos de enfermedad respiratoria (tos y descarga nasal) y diarrea, así como un mayor peso de las glándulas adrenales, lo que sugiere altos niveles de estrés (Macitelli *et al*., 2020). Un incremento en el espacio disponible, por el contrario, puede mejorar el estado de salud de los bovinos, reduciendo la prevalencia de cojeras, aunque no necesariamente se observen beneficios en el desempeño productivo (Cortese *et al*., 2020).

Ovinos

Los ovinos son una especie conocida por su alta tendencia gregaria, así como el establecimiento de relaciones grupales familiares (SENASA, 2015). Las ovejas lecheras alojadas en interiores durante la gestación presentaron restricciones en el movimiento y en el uso de espacio. Las distancias caminadas por las ovejas, en grupos de seis, fueron significativamente más cortas que las de las ovejas en grupos de 12, mientras que la relación de distancia neta no se vio afectada, indistintamente del tamaño de grupo (Averós *et al*., 2016). Las ovejas alojadas en espacios reducidos (1 m^2/oveja), pasaron menos tiempo moviéndose y corriendo en comparación con las ovejas alojadas en espacios de mayor tamaño (3 m^2/oveja) (Averós *et al*., 2014). En clima cálido y templado, las ovejas lactantes de la raza Comisana, mantenidas en pastoreo durante el día y en corrales interiores durante la noche con diferentes densidades de espacio disponible (baja 1,5 m^2/oveja, media

1,0 m^2/oveja y alta 0,5 m^2/oveja) y con acceso a un área exterior (de 2,5 m^2/oveja), pasaron más tiempo en áreas externas durante el verano, el cual aumentó cuando se redujo el espacio disponible en el interior. Además, las ovejas pasaron más tiempo de pie cuando se les proporcionó menos espacio (1,5 m^2/oveja). Contrariamente, durante el invierno, las ovejas no usaron el área externa, pero pasaron más tiempo de pie y menos tiempo acostadas en el interior (Centoducati *et al*., 2015). De acuerdo con Broom (2011), cuando un animal evita un objeto o un evento, ofrece información acerca de sus estados afectivos y, por lo tanto, de su bienestar. En otras palabras, mientras más fuerte sea la evasión, el bienestar es más pobre. Por otro lado, en corderos de engorda, Leme *et al*. (2013) indicaron que el tamaño de grupo influyó en el patrón de conducta de ingesta de alimentos y el aumento de peso fue mayor en corderos alojados por pares en corrales (2 corderos/corral: 0,228 kg/día) en comparación con los corderos alojados en corrales colectivos (10 corderos/corral: 0,208 kg/día). En ovejas, en clima cálido y templado, solo durante el verano, se observó efecto del espacio disponible sobre el tiempo de alimentación. El tiempo total y la frecuencia de alimentación fueron menores en las ovejas alojadas con menos espacio (Centoducati *et al*., 2015). La variabilidad individual en la conducta ingestiva y la forma en que los individuos responden a su entorno de alimentación, también pueden estar relacionados con el temperamento del individuo (Neave *et al*., 2018).

Caprinos

Se sabe que las cabras también son especies de naturaleza sociable y fuerte tendencia gregaria, pero que pueden ser hostiles a la incorporación de nuevos individuos en el hato (SENASA, 2015; Beaver y Höglund, 2016). Thakur *et al*. (2017) estudiaron cuatro grupos de seis cabritos a los que se les ofreció un espacio de 0,6 m^2; 0,7 m^2; 0,8 m^2 y 0,9 m^2 por cabrito, respectivamente. Sus resultados indican que las conductas de confort como el reposo, moverse, acicalarse y explorar fueron mayores en cabritos alojados en 0,9 m^2. Además, conductas como permanecer de pie y, en general, interacciones sociales negativas, fueron mayores en cabritos alojados en 0,6 m^2, lo cual representa un impacto negativo en términos de bienestar. Por otro lado, el espacio disponible para el descanso puede ser utilizado como un indicador de confort durante el reposo, y se ha encontrado que el estado fisiológico puede influir en el aprovechamiento de dicho espacio. Por esta razón, al alojar cabras gestantes en grupos de seis animales, ofreciendo tres diferentes superficies de corral (1 m^2/animal, 2 m^2/animal y 3 m^2/animal), se observó que las cabras con mayor espacio de alojamiento recorrieron distancias más largas y mantuvieron una distancia mayor entre otros animales, en comparación con las alojadas en menor superficie. En consecuencia, a menor espacio disponible, menor fue el tiempo destinado para alimentación y más tiempo en reposo, lo cual se exacerbó durante el último tercio de gestación (Vas y Andersen, 2015). En contraste, cabras lecheras gestantes destinaron menos tiempo para descansar cuando se les ofreció un área de descanso de 0,5 m^2/cabra, a diferencia de las que dispusieron de un espacio de 0,7 m^2 y 1,0 m^2, lo cual incrementó el número de animales descansando en áreas reservadas para otras actividades (Andersen y Bøe, 2007). El tamaño de grupo parece ser relevante cuando se conserva una cantidad de seis animales (Andersen *et al*., 2011; Vas y Andersen, 2015; Thakur *et al*., 2017), puesto que se ha encontrado una disminución en la frecuencia de actividades, conforme aumenta el número de individuos por grupo (de 6 a 24 animales), lo que también, conduce a una disminución en la frecuencia de interacciones sociales (Andersen *et al*., 2011).

Porcinos

Los cerdos se caracterizan por tener un olfato desarrollado para reconocerse individualmente y para el establecimiento de jerarquías, pero también poseen una visión deficiente y alta sensibilidad al estrés, por lo que pueden mostrar cierta resistencia a desplazarse en entornos nuevos. Esta resistencia puede provocar la expresión de conductas agonistas, sobre todo si se mezclan individuos de diferentes grupos o la densidad no es la adecuada (SENASA, 2015). Meyer-Hamme *et al*. (2016), sugieren que alojar cerdos de engorda en grupos de más de 30 animales puede desencadenar la expresión de conductas agonísticas, a diferencia de alojarlos en grupos de menos de 15 animales. De la misma manera, los animales alojados en grupos grandes fueron menos activos que los alojados en grupos pequeños. Esta inactividad, fomentada por tamaños de grupo grandes, parece favorecer el desarrollo de estereotipias como la caudofagia. Esta estereotipia está fuertemente relacionada con la imposibilidad de satisfacer la motivación interna de explorar, por lo que ha sido definida como una conducta exploratoria redirigida. Así mismo, se ha demostrado que los animales inactivos son más propensos a figurar como blanco de ataque de esta estereotipia (Boumans *et al*., 2016). En contraste, Morrison *et al*. (2003), sugieren que grupos grandes de cerdos pueden desencadenar una inestabilidad social, puesto que, a mayor cantidad de animales, es más complicado el reconocimiento individual, lo que conduce a una mayor tolerancia social y al abandono de los intentos de establecer jerarquías. Por otro lado, la conducta eliminativa en cerdos es espacio-dependiente y podría ser indicadora de un óptimo uso del espacio. Orinar o defecar cerca de las paredes del alojamiento parece ser causado por una falta de espacio, pues se ha propuesto que los cerdos buscan áreas seguras para realizar estas conductas. Sin embargo, no está claro si esta conducta depende solo de la disponibilidad de espacio, de la posibilidad de encontrar una zona segura o de la combinación de ambas, por lo que se requiere de mayor investigación al respecto (Andersen *et al*., 2020). En términos productivos, se ha encontrado que proveer de 1,3 m^2 por animal en el alojamiento mejora el peso corporal, la ganancia de peso y la conversión alimenticia, además de incrementar las posibilidades de descanso, lo que resulta beneficioso para el bienestar (Nannoni *et al*., 2019). Así mismo, se ha observado una mayor ganancia diaria de peso en cerdas de reemplazo cuando son alojadas en grupos pequeños (8 animales *vs.* 14 animales), lo que resulta en mayor espacio disponible por cerda (0,27 m^2 *vs.* 0,15 m^2) (Callahan *et al*., 2017). Finalmente, Hemsworth *et al*. (2013), observaron una reducción de conductas agonísticas en cerdas cuando se les proporcionó un espacio de 3,0 m^2/cerda posterior a la inseminación, a diferencia de 1,4 m^2. En consecuencia, las concentraciones de cortisol en plasma disminuyeron y la tasa de partos incrementó. Además, un tamaño de grupo de 10 animales condujo a la disminución de la frecuencia de lesiones en piel, lo que representa un beneficio en términos de bienestar.

Aves

Las aves domésticas tienen la habilidad de distinguir entre aquellas que les son familiares de las que no lo son, lo cual tiene importantes implicaciones en la estructura social de la parvada. Un ejemplo de lo anterior es la evasión del conflicto. El primer encuentro entre dos aves adultas puede resultar en una agresión que determinará su lugar en la parvada, pero que evitará conflictos en encuentros posteriores (Nicol, 2015). Teniendo en cuenta lo anterior, un incremento en el tamaño de grupo puede dificultar esta habilidad de las aves para identificarse entre sí. En pollos de engorda, el uso de altas densidades

ha demostrado tener un impacto negativo en el rendimiento y en la salud (Averós y Estevez, 2018). Sin embargo, existe evidencia convincente de que las conductas agonísticas tienden a disminuir conforme incrementa el tamaño de grupo (Rodenburg y Koene, 2007). Lo anterior puede explicarse con el hecho de que en grupos grandes se alcanza un punto en el que resulta ineficiente para un animal defender sus recursos ante un gran número de competidores (Estevez *et al*., 1997). Por el contrario, cuando se incrementa el espacio disponible efectivo total, existe un efecto positivo en la productividad y en el bienestar de los pollos de engorda (Averós y Estevez, 2018). En términos generales, se ha propuesto que, para el pollo de engorda, una densidad que no exceda los 30 kg/m^2 puede ser viable en zonas tropicales, siempre y cuando la temperatura ambiente no supere los 30 °C, con una humedad relativa por debajo del 80 % (Sánchez-Casanova *et al*., 2020). BenSassi *et al*. (2019) sugieren que un incremento por encima de 0,073 m^2/pollito al inicio del ciclo de producción, en combinación con un enriquecimiento ambiental adecuado, se asocian con un mejoramiento tanto en la habilidad para caminar como en el bienestar en general, así como una mejor ganancia de peso y menos rechazos comerciales debidos a lesiones al momento del sacrificio. Es posible disminuir la confusión si se mantiene constante ya sea el tamaño de grupo o la densidad de alojamiento. Como ejemplo, Sanchez-Casanova *et al*. (2019) estudiaron los efectos de dos diferentes densidades sobre la conducta e indicadores de estrés de pollos de engorda con y sin acceso al exterior. Para esto, se mantuvo un mismo tamaño de grupo entre tratamientos, pero con corrales de alojamiento de dos diferentes dimensiones, para alcanzar las densidades deseadas. Como resultado, se encontró que, a mayor densidad, el movimiento de las aves disminuyó, el estrés fue mayor y el peso corporal fue menor, comparados con los tratamientos de menor densidad. En gallinas de postura, la densidad en exterior influye sobre la salud y el bienestar, por lo que es importante considerar la conducta tanto individual como grupal para desarrollar pautas óptimas de densidad y prácticas de administración de sistemas en exterior. En tal sentido, Campbell *et al*. (2017) observaron que la mayoría de las gallinas criadas en sistemas de producción en exterior mostraron buenas condiciones en la cubierta del plumaje, así como la ausencia de heridas por picoteo, indistintamente de la densidad utilizada (2000 gallinas/ha, 10.000 y 20.000 gallinas/ha), pero al evaluar las concentraciones de corticosterona en la albúmina del huevo (ng/g), indicaron un efecto de la densidad sobre la concentración de la hormona a las 29 semanas y 35 semanas de edad de las aves, aunque no de manera lineal: a las 29 semanas la mayor concentración de corticosterona se presentó con 10.000 gallinas/ha, mientras que a las 35 semanas fue con 20.000 gallinas/ha.

Conejos

Naturalmente, los conejos se guarecen en madrigueras para descanso y protección, y poseen el hábito de roer, por lo que estas dos condiciones deben ser tomadas en cuenta al momento de diseñar instalaciones para su producción (SENASA, 2015). El efecto de la disminución de la densidad puede estudiarse al aumentar el tamaño de la jaula. Por ejemplo, en conejos de engorda, se encontró que, en las jaulas grandes, hubo mejor aprovechamiento del espacio para manifestar ciertos tipos de conducta (acostarse, sentarse, pararse, alimentarse), aunque esto no significó que las conductas disminuyeran en jaulas pequeñas (Buijs *et al*., 2011). Mediante los hallazgos de un metaanálisis, Sommerville *et al*. (2017) reportaron que, a mayor disponibilidad de espacio, mayores son las oportunidades para la actividad locomotora y social de los conejos, pero se reducen las conductas

de confort y de descanso. Además, la mortalidad aumenta y los indicadores productivos se ven afectados de manera negativa cuando se incrementa el tamaño de grupo y la disponibilidad de espacio en conjunto. De hecho, el alojamiento en grupo no siempre resulta favorable para el bienestar. En conejas, Buijs *et al*. (2015) observaron que el alojamiento en grupos representa un beneficio en términos de bienestar, al permitir mayor locomoción y la presentación de conductas sociales como olfateo y acicalamiento, interacciones imposibles para las que son alojadas en jaulas individuales. No obstante, las conductas agonísticas y las lesiones en piel también fueron más frecuentes en las conejas alojadas en grupos, a pesar de proporcionarles un espacio disponible mayor que a las alojadas de manera individual. Lo anterior pone en duda la viabilidad del alojamiento en grupos, así como el tamaño de grupo, pues las consecuencias negativas sobrepasan los pocos beneficios sobre la conducta. Por otro lado, se ha sugerido que un espacio de 850 cm^2 disponible por conejo favorece el consumo alimenticio y el crecimiento, así como la disminución de la concentración de cortisol en suero, cuando se compara con un espacio de 625 cm^2/conejo (El-Tarabany *et al*., 2019). En consecuencia, esta limitación en el espacio disponible puede resultar en una reducción en los niveles de neurotransmisores como la dopamina, serotonina y GABA, importantes durante la respuesta al estrés, comprometiendo el bienestar de los animales.

Conclusiones

Tanto el espacio disponible por animal como el tamaño de grupo y, por consiguiente, la densidad, ejercen efectos sobre el bienestar. La reducción del espacio disponible y el aumento del tamaño de grupo pueden afectar el entorno social, generando estrés y modificando los estados afectivos en especies como conejos, ovinos y cerdos. Sin embargo, en algunas especies como las aves, tamaños de grupo grandes, dentro de ciertos límites, pueden favorecer las interacciones sociales al disminuir las conductas agonísticas. Por lo tanto, al momento de diseñar las instalaciones para el alojamiento, es importante tomar en cuenta las necesidades conductuales y la finalidad zootécnica de cada especie, así como su estado fisiológico. Finalmente, dado que el espacio ofrecido y el tamaño de grupo son dependientes de múltiples factores, se requiere mayor investigación para determinar los parámetros específicos para la crianza de los animales de granja, tanto en interior como en exterior, para la elaboración de instrumentos de evaluación y el mejoramiento del bienestar animal.

Referencias bibliográficas

Abdelfattah E, Schutz M, Lay D, Marchant-Forde J, Eicher S (2013). Effect of group size on behavior, health, production, and welfare of veal calves. Journal of Animal Science 91(11): 5455-5465. https://doi.org/10.2527/jas.2013-6308

Andersen I, Bøe K (2007). Resting pattern and social interactions in goats-The impact of size and organisation of lying space. Applied Animal Behaviour Science 108(1-2): 89-103. https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.10.015

Andersen I, Tønnesen H, Estevez I, Cronin G, Bøe K (2011). The relevance of group size on goats' social dynamics in a production environment. Applied Animal Behaviour Science 134(3-4): 136-143. https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.08.003

Andersen H, Kongsted A, Jakobsen M (2020). Pig elimination behavior-A review. Applied Animal Behaviour Science 222: 104888. https://doi.org/10.1016/j.applanim.2019.104888

Averós X, Lorea A, Beltrán de Heredia I, Ruiz R, Marchewka J, Arranz J, Estevez I (2014). The behaviour of gestating dairy ewes under different

space allowances. Applied Animal Behaviour Science 150: 17-26. http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2013.11.002

Averós X, Beltrán de Heredia I, Ruiz R, Estevez I (2016). The impact of group size on welfare indicators of ewes during pregnancy. PLoS ONE 11(11): e0167061. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167061

Averós X, Estevez I (2018). Meta-analysis of the effects of intensive rearing environments on the performance and welfare of broiler chickens. Poultry Science 97(11): 3767-3785. http://dx.doi.org/10.3382/ps/pey243

Beaver B, Höglund D (2016). Efficient Livestock Handling: The Practical Application of Animal Welfare and Behavioral Science. Academic Press. EE.UU. 230 pp.

Black RA, Grant RJ, Krawczel PD (2016). Short-term changes in stocking density did not alter meal characteristics of lactating Holstein dairy cattle. Journal of Dairy Science 99(8): 6572-6577. https://doi.org/10.3168/jds.2015-9602

BenSassi N, Vas J, Vasdal G, Averós X, Estévez I, Newberry R (2019). On-farm broiler chicken welfare assessment using transect sampling reflects environmental inputs and production outcomes. PLoS ONE 14(4): 1-25. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214070

Boumans I, Hofstede G, Bolhuis J, de Boer I, Bokkers E (2016). Agent-based modelling in applied ethology: An exploratory case study of behavioural dynamics in tail biting in pigs. Applied Animal Behaviour Science 183: 10-18. https://doi.org/10.1016/j.applanim.2016.07.011

Bozicovich T, Moura A, Fernandes S, Oliveira A, Siqueira, E (2016). Effect of environmental enrichment and composition of the social group on the behavior, welfare, and relative brain weight of growing rabbits. Applied Animal Behaviour Science 182: 72-79. http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2016.05.025

Brajon S, Ringgenberg N, Torrey S, Bergeron R, Devillers N (2017). Impact of prenatal stress and environmental enrichment prior to weaning on activity and social behaviour of piglets (*Sus scrofa*). Applied Animal Behaviour Science 197: 15-23. http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2017.09.005

Broom D, Molento C (2004). Bem-estar animal: conceito e questões relacionadas-revisão. Archives of Veterinary Science 9(2): 1-11.

Broom D (2011). Bienestar animal: conceptos, métodos de estudio e indicadores. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 24(3): 306-321.

Buijs S, Keeling LJ, Tuyttens F (2011). Behaviour and use of space in fattening rabbits as influenced by cage size and enrichment. Applied Animal Behaviour Science 134: 229-238. https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.06.008

Buijs S, Maertens L, Hermans K, Vangeyte J, Tuyttens, F (2015). Behaviour, wounds, weight loss and adrenal weight of rabbit does as affected by semi-group housing. Applied Animal Behaviour Science 172: 44-51. https://doi.org/10.1016/j.applanim.2015.09.003

Callahan S, Cross A, DeDecker A, Lindemann M, Estienne M (2017). Effects of group-size-floor space allowance during the nursery phase of production on growth, physiology, and hematology in replacement gilts. Journal of Animal Science 95(1): 201-211. https://doi.org/10.2527/JAS.2016.0842

Campbell D, Hinch G, Downing J, Lee C (2017). Outdoor stocking density in free-range laying hens: effects on behaviour and welfare. Animal 11(6): 1036-1045. https://doi.org/10.1017/S1751731116002342

Centoducati P, Maggiolino A, De Palo P, Milella P, Tateo A (2015). Semiextensively reared lactating ewes: Effect of season and space allowance reduction on behavioral, productive, and hematologic parameters. Journal of Veterinary Behavior 10(1): 73-77. http://dx.doi.org/10.1016/j.jveb.2014.11.002

Ceballos M, Sant'Anna A (2018). Evolução da ciência do bem-estar animal: uma breve revisão sobre aspectos conceituais e metodológicos. Revista Acadêmica Ciência Animal 16: 1-24. http://dx.doi.org/10.7213/1981-4178.2018.161103

Cortese M, Brš i M, Ughelini N, Andrighetto I, Contiero B, Marchesini G (2020). Effectiveness

of stocking density reduction on mitigating lameness in a charolais finishing beef cattle farm. Animals 10(7): 1147. https://doi.org/10.3390/ani10071147

Dawkins M (2017). Animal welfare and efficient farming: is conflict inevitable? Animal Production Science 57: 201-208. http://dx.doi.org/10.1071/AN15383

Dong L, Xu X, Zhang N, Tu Y, Diao Q (2017). Effects of different feeding methods and space allowance on the growth performance, individual and social behaviors of Holstein calves. Journal of Integrative Agriculture 16(6): 1375-1382. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61484-3

El-Tarabany M, Ahmed-Farid O, El-Tarabany A (2019). Impact of space allowance on performance traits, brain neurotransmitters and blood antioxidant activity of New Zealand White rabbits. Preventive Veterinary Medicine 163: 44-50. https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2018.12.011

Estevez I, Newberry R, Reyna L (1997). Broiler chickens: a tolerant social system? Etología 5(5): 19-29.

Estevez I, Andersen I, Nævdal E (2007). Group size, density and social dynamics in farm animals. Applied Animal Behaviour Science 103: 185-204. https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.05.025

Foris B, Zebunke M, Langbein J, Melzer N (2019). Comprehensive analysis of affiliative and agonistic social networks in lactating dairy cattle groups. Applied Animal Behaviour Science 210: 60-67. https://doi.org/10.1016/j.applanim.2018.10.016

Fraser A, Broom D (1997). Farm animal behaviour and welfare, 3rd. Ed. CAB International. UK. 437 pp.

Hemsworth P, Rice M, Nash J, Giri K, Butler K, Tilbrook A, Morrison R (2013). Effects of group size and floor space allowance on grouped sows: Aggression, stress, skin injuries, and reproductive performance. Journal of Animal Science 91(10): 4953-4964. https://doi.org/10.2527/jas.2012-5807

Hetti A, Fisher A, Wales W, Auldist M, Hannah M, Jongman E (2014). Space allowance and barriers influence cow competition for mixed rations fed on a feed-pad between bouts of grazing. Journal of Dairy Science 97(6): 3578-3588. https://doi.org/10.3168/jds.2013-7553

King M, Pajor E, LeBlanc S, DeVries T (2016). Associations of herd-level housing, management, and lameness prevalence with productivity and cow behavior in herds with automated milking systems. Journal of Dairy Science 99: 9069-9079. https://doi.org/10.3168/jds.2016-11329

Lees A, Lees J, Sejian V, Sullivan M, Gaughan J (2020). Influence of shade on panting score and behavioural responses of *Bos taurus* and *Bos indicus* feedlot cattle to heat load. Animal Production Science 60: 305-315. https://doi.org/10.1071/AN19013

Leme T, Titto E, Titto C, Pereira A, Neto M (2013). Influence of stocking density on weight gain and behavior of feedlot lambs. Small Ruminant Research 115(1-3): 1-6. http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.07.010

Macitelli F, Braga J, Gellatly D, Paranhos da Costa M (2020). Reduced space in outdoor feedlot impacts beef cattle welfare. Animal 14(12): 2588-2597. https://doi.org/10.1017/S1751731120001652

Manteca X, Mainau E, Temple D (2013). Estrés en animales de granja: Concepto y efectos sobre la producción. Farm Animal Welfare Education Centre 6: 1-2.

Mellor D (2017). Operational details of the five domains model and its key applications to the assessment and management of animal welfare. Animals 7(8): 60. https://doi.org/10.3390/ani7080060

Meyer-Hamme S, Lambertz C, Gauly M (2016). Does group size have an impact on welfare indicators in fattening pigs? Animal 10: 142-149. https://doi.org/10.1017/S1751731115001779

Morrison R, Hemsworth P, Cronin G, Campbell R (2003). The social and feeding behaviour of growing pigs in deep-litter, large group housing systems. Applied Animal Behaviour Science 82: 173-188. https://doi.org/10.1016/S0168-1591(03)00067-4

Muñoz-Osorio G, Aguilar-Caballero A, Sarmiento-Franco L, Wurzinger M, Cámara-Sarmiento R (2015). Descripción de los sistemas intensivos de engorda de corderos en Yucatán, México. Nova Scientia 7(15): 207-226. https://doi.org/10.21640/ns.v7i15.346

Muñoz-Osorio G, Aguilar-Caballero A, Sarmiento-Franco L, Wurzinger M, Cámara-Sarmiento R (2016). Technologies and strategies for improving hair lamb fattening systems in tropical regions: a review. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 3(8): 267-277.

Muñoz-Osorio G, Aguilar-Caballero A, Cámara-Sarmiento R (2019). Influencia del tipo de alojamiento sobre el comportamiento productivo y bienestar de corderos en sistemas de engorda intensivos. Tropical and Subtropical Agroecosystems 22: 1-11.

Nannoni E, Martelli G, Rubini G, Sardi L (2019). Effects of increased space allowance on animal welfare, meat and ham quality of heavy pigs slaughtered at 160 Kg. PLoS ONE 14(2): e0212417. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212417

Neave H, Weary D, von Keyserlingk M (2018). Review: Individual variability in feeding behaviour of domesticated ruminants. Animal 12: 419-430. https://doi.org/10.1017/S1751731118001325

Nicol C (2015). The Behavioural Biology of Chickens. CABI. Wallingford, UK. 200 pp.

Ninomiya S (2014). Satisfaction of farm animal behavioral needs in behaviorally restricted systems: Reducing stressors and environmental enrichment. Animal Science Journal 85: 634-638. https://doi.org/10.1111/asj.12213

Oesterwind S, Nürnberg G, Puppe B, Langbein J (2016). Impact of structural and cognitive enrichment on the learning performance, behavior and physiology of dwarf goats (*Capra aegagrus hircus*). Applied Animal Behaviour Science 177: 34-41. http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2016.01.006

Petherick J, Phillips C (2009). Space allowances for confined livestock and their determination from allometric principles. Applied Animal Behaviour Science 117: 1-12. https://doi.org/10.1016/j.applanim.2008.09.008

Proudfoot K, Habing G (2015). Social stress as a cause of diseases in farm animals: Current knowledge and future directions. The Veterinary Journal 206: 15-21. https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.05.024

Rodenburg T, Koene P (2007). The impact of group size on damaging behaviours, aggression, fear and stress in farm animals. Applied Animal Behaviour Science 103(3-4): 205-214. https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.05.024

Salvin H, Lees A, Cafe L, Colditz I, Lee C (2020). Welfare of beef cattle in Australian feedlots: A review of the risks and measures. Animal Production Science 60: 1569-1590. https://doi.org/10.1071/AN19621

Sanchez-Casanova R, Sarmiento-Franco L, Segura-Correa J, Phillips C (2019). Effects of outdoor access and indoor stocking density on behaviour and stress in broilers in the subhumid tropics. Animals 9(12): 1016. https://doi.org/10.3390/ani9121016

Sánchez-Casanova R, Sarmiento-Franco L, Phillips C, Zulkifli I (2020). Do free-range systems have potential to improve broiler welfare in the tropics? World's Poultry Science Journal 76: 34-48. https://doi.org/10.1080/00439339.2020.1707389

Servicio Nacional de Sanidad Animal (SENASA) (2015). Manual de Bienestar Animal: Un enfoque práctico para el buen manejo de especies domésticas durante su tenencia, producción, concentración, transporte y faena. Versión 1. Argentina. 147 pp.

Solano L, Barkema H, Pajor E, Mason S, LeBlanc S, Nash C, Haley D, Pellerin D, Rushen J, de Passillé A, Vasseur E, Orsel K (2016). Associations between lying behavior and lameness in Canadian Holstein-Friesian cows housed in freestall barns. Journal of Dairy Science 99: 2086-2101. https://doi.org/10.3168/jds.2015-10336

Sommerville R, Ruiz R, Averós X (2017). A meta-analysis on the effects of the housing environment on the behaviour, mortality, and performance of growing rabbits. Animal Welfare 26(2): 223-238. https://doi.org/10.7120/09627286.26.2.223

Thakur A, Malik D, Kaswan S, Saini A (2017). Effect of different floor space allowances on the performance and behavior of Beetal kids under stall-fed conditions. Indian Journal of Animal Research 51(4): 776-780. https://doi.org/10.18805/ijar.10775

Vas J, Andersen I (2015). Density-dependent spacing behaviour and activity budget in pregnant, domestic goats (*Capra hircus*). PLoS ONE 10(12): e0144583. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144583

Villanueva-Sánchez O, Carrillo-Domínguez S, Chavira-Ramírez R, Martínez-Marcial M, Miranda-de-la-Lama G, Ávila-González E (2020). Evaluación del bienestar animal de gallinas ponedoras Bovans White alojadas en piso. Abanico Veterinario 10(1): 1-11. http://dx.doi.org/10.21929/abavet2020.5

Waiblinger S, Wagner K, Hillmann E, Barth K (2020). Play and social behaviour of calves with or without access to their dam and other cows. Journal of Dairy Research 87: 144-147. https://doi.org/10.1017/s0022029920000540

Wang F, Shao D, Li S, Wang Y, Azarfar A, Cao Z (2016). Effects of stocking density on behavior, productivity, and comfort indices of lactating dairy cows. Journal of Dairy Science 99(5): 3709-3717. https://doi.org/10.3168/jds.2015-10098

Westin R, Vaughan A, de Passillé A, DeVries T, Pajor E, Pellerin D, Siegford J, Witaifi A, Vasseur E, Rushen J (2016) Cow- and farm-level risk factors for lameness on dairy farms with automated milking systems. Journal of Dairy Science 99: 3732-3743. https://doi.org/10.3168/jds.2015-10414

Zhang Y, Zhang L, Wang Z, Liu Y, Li F, Yuan J, Xia Z (2018). Effects of stocking density on growth performance, meat quality and tibia development of Pekin ducks. Animal Science Journal 89(6): 925-930. https://doi.org/10.1111/asj.12997

(Aceptado para publicación el 9 de diciembre de 2020)

Caracterización parcial del sector ganadero ecológico español y problemática actual

Carmen L. Manuelian[1,*], Elena Albanell[2], Xavier Such[2] y Massimo De Marchi[1]

[1] Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse naturali e Ambiente (DAFNAE), Università degli Studi di Padova, Viale dell'Università 16, CP 35020, Legnaro, Italia

[2] Grup de Recerca en Remugants (G2R), Departament de Ciència Animal i dels Aliments, Universitat Autònoma de Barcelona, CP 08193, Bellaterra, España

Resumen

Entre noviembre 2018 y febrero 2019 se envió por e-mail, a 1.055 ganaderos ecológicos españoles un cuestionario sobre ganadería ecológica para obtener información sobre las preocupaciones y uso de insumos "polémicos" del sector. Un total de 116 respuestas fueron retenidas para el análisis. El perfil de los/as participantes (68 % hombres) y las características de las explotaciones participantes (67 % con una sola especie animal) son representativos del sector ganadero ecológico español. En relación a los insumos polémicos, los ganaderos encuestados indicaron dificultad para encontrar información sobre el uso de alternativas a antibióticos, antiparasitarios y vitaminas sintéticas. Sin embargo, encontraron poca dificultad en conseguir información sobre las camas de los animales, aunque la mayoría declararon utilizar la paja. Manifestaron que sus principales preocupaciones son la alimentación/nutrición, el bienestar animal y la salud animal. No obstante, en la transición a ecológico las mayores preocupaciones fueron la salud animal y los costes de producción. El 65 % de los encuestados no administraron antibióticos a sus animales en el último año y el uso de terapias alternativas dependió del problema de salud a tratar, aunque indicaron confiar mayoritariamente en tratamientos de uso convencional. En base a una pregunta con múltiples respuestas, la mayoría de los participantes declararon informarse sobre tratamientos alternativos mayoritariamente a través de veterinarios e internet. En conclusión, si bien los costes de producción fueron importantes en la conversión a ecológico, las principales preocupaciones como ganaderos ecológicos están relacionadas con la salud y el bienestar animal. Además, los tratamientos alternativos como la fitoterapia, la homeopatía e incluso aditivos como los probióticos aún presentan un uso minoritario.

Palabras clave: Bio, cuestionario, manejo animal, producción animal, salud animal.

Partial characterization of the Spanish organic livestock sector and current problems

Abstract

An on-line questionnaire was emailed to 1,055 organic farmers from November 2018 to February 2019 to gather information about issues and use of contentious inputs in organic production. A total of 116 responses were retained for the analysis. Characteristics of the participants (68 % men) and participating farms (67 % only had one species) were representatives of the Spanish organic livestock sec-

* Autor para correspondencia: carmenloreto.manuelianfuste@unipd.it

Cita del artículo: Manuelian CL, Albanell E, Such X, De Marchi M (2021). Caracterización parcial del sector ganadero ecológico español y problemática actual. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 117(4): 390-414. https://doi.org/10.12706/itea.2020.044

tor. In relation to the use of contentious inputs, participants indicated more difficult to find information about the use of alternatives on antibiotics, antiparasitics, and synthetic vitamins than to find information for animals' bedding; although, they mostly use straw as bedding material. They indicated feeding/nutrition, welfare, and animal health as main concerns nowadays in their farms, and animal health and production cost when moving to organic farming. In the last year, 65 % of the farmers did not administer antibiotics to their animals and the use of alternative therapies depended on the health issue they were facing, although they still relied more on conventional treatments. Based on a multiple-check response, most farmers declared to mainly obtain information about the use of alternatives treatments trough veterinarians and the internet. In conclusion, despite production costs were relevant when deciding becoming an organic farmer, their main concerns as organic producers were related to animal health and welfare. Moreover, there is still a scarce use of alternatives treatments such as phytoterapy, homeopathy, as well as additives such as the probiotics.

Keywords: Animal health, animal production, animal management, bio, questionnaire.

Introducción

Hace décadas que se habla de los beneficios de la agricultura y la ganadería ecológica dentro del territorio español ya que puede dar mayores garantías de seguridad alimentaria a los consumidores, contribuir a la conservación de enclaves naturales y preservación de especies autóctonas, y ser un motor económico y demográfico en las zonas rurales (García Romero y Bidarte Iturri, 2004; García Romero y Mata Moreno, 2005). En los últimos 5 años, las granjas ecológicas han aumentado para todas las especies ganaderas y en todo el territorio español, siendo en la actualidad las explotaciones de vacuno y ovino de carne las más numerosas (MAPA, 2019). Así mismo, en los últimos años hemos visto un incremento del número de proyectos financiados por la Unión Europea sobre producción ecológica bajo el acrónimo CORE Organic (Manuelian *et al.*, 2020), lo que muestra el interés por este tipo de producción tanto por la comunidad científica como por la sociedad en general.

Los insumos contenciosos o "polémicos" en ganadería ecológica incluyen los antibióticos y antiparasitarios, ya que son productos cuya administración está fuertemente regulada y podría suponer la pérdida del *status* de ecológico de los animales (European Commission, 2009). Por otro lado, el crecimiento de resistencias a antibióticos y antiparasitarios es, hoy en día, un importante problema en ganadería. La ganadería ecológica contribuye a reducir dichos insumos polémicos ya que la propia Regulación Europea para ecológico (European Commission, 2009) promueve el uso de tratamientos alternativos (p. ej. fitoterapia y homeopatía) y aditivos como los probióticos. Además, la producción convencional podría beneficiarse de la experiencia y el conocimiento desarrollado en ecológico sobre este punto. Por otro lado, la reducción de estos insumos polémicos podría mejorar la confianza del consumidor respecto a los productos de origen animal (Busch *et al.*, 2020). Sin embargo, a pesar del creciente interés en el uso de alternativas, la aplicación de la fitoterapia en granja parece limitada (Blanco-Penedo *et al.*, 2018).

Conocer las preferencias de los ganaderos ecológicos sobre el uso de alternativas a los antibióticos, antiparasitarios, y aditivos vitamínicos sintéticos puede ayudar a desarrollar planes de formación para facilitar la implantación de estas alternativas. Así pues, el presente trabajo pretende ofrecer una caracterización parcial del sector ganadero ecológico actual en España e identificar posibles

preferencias y problemas asociados a este tipo de producción mediante los datos recogidos en una encuesta on-line sobre la percepción y preocupaciones del sector, el uso de medicamentos, vitaminas y materiales para la cama/lecho, y sobre la comercialización de la producción. Este estudio se enmarca dentro del proyecto Europeo H2020 Organic-PLUS (Organic-PLUS, 2020).

Material y métodos

Se planteó una encuesta on-line para llevar a cabo el presente estudio.

Desarrollo del cuestionario

El cuestionario fue desarrollado por 5 investigadores/as envueltos en el presente estudio siguiendo las recomendaciones de Dillman (2007) respecto al diseño de las preguntas (formato y lenguaje) y la disminución de la ratio de no-respuesta. Se dividieron las preguntas en 6 secciones con tal de mantener el tiempo máximo de respuesta por sección por debajo de los 30 min para evitar el deterioro de la calidad de los datos recogidos (Dufour *et al.*, 2010). A continuación, otros 6 investigadores/as envueltos en el presente estudio evaluaron el cuestionario (tiempo de respuesta, claridad y relevancia de las preguntas y posibles respuestas, etc.). Finalmente, el cuestionario fue evaluado por diversos productores y, en base a sus observaciones respecto a la relevancia de las preguntas y posibles respuestas, el lenguaje, la presentación del cuestionario, etc., se ajustó el formulario. Las respuestas a las preguntas eran: cerradas, semi-cerradas, escala de 1 punto (no importante/muy fácil) a 7 puntos (muy importante/muy difícil), o abiertas. En algunas de las preguntas con respuesta cerrada o semi-cerrada se podían seleccionar varias respuestas. No todas las preguntas eran de respuesta obligada. Para la confección del formulario se utilizó la plataforma GoogleForm con la que se generó el link de acceso al cuestionario.

El cuestionario final constó de 36 preguntas divididas en 6 secciones: (A) sobre percepción y preocupaciones de la ganadería ecológica, (B) sobre la administración de medicamentos, (C) sobre el uso de vitaminas y materiales para la cama/lecho, (D) sobre la comercialización de los productos, (E) preguntas generales sobre la explotación y (F) preguntas generales sobre el participante y demográficas.

Para asegurar que los/as participantes fuesen ganaderos/as ecológicos/as, se introdujo en dos secciones distintas del cuestionario una pregunta considerada de control. En la Sección A del cuestionario se pedía indicar si se consideraba ganadero/a ecológico, mientras que en la Sección E se pedía introducir los años que la explotación llevaba bajo certificación ecológica. Solo aquellos formularios que contestaron afirmativamente a la primera pregunta e indicaron un número mayor o igual a 1 año en la segunda fueron retenidos para el análisis.

Con el fin de incentivar la participación en la encuesta, el cuestionario estaba precedido por una carta de presentación del estudio donde se les ofrecía la posibilidad de incluir la página web de su granja en la web del proyecto Organic-PLUS y su e-mail en la *mailing list* del proyecto una vez completado el formulario. Dicha carta de presentación se encontraba tanto al acceder al enlace de la encuesta como en el cuerpo del e-mail enviado a los/as ganaderos/as.

Difusión de la encuesta

Se obtuvieron las direcciones de e-mail de los/as ganaderos/as ecológicos/as situados en Cataluña (n = 523), Galicia (n = 206), Asturias (n = 140), País Vasco (n = 75) y Navarra (n = 53) a través de la página web de la administra-

ción pública de las respectivas comunidades autónomas. Otras comunidades autónomas, así como la web del Ministerio, no ofrecen dicha información, por lo tanto se hizo una búsqueda por internet con tal de obtener la dirección de e-mail de algunos productores situados en dichas comunidades autónomas (Castilla-La Mancha, 1; Extremadura, 1; Baleares, 2; Aragón, 4; la Rioja, 12; y Andalucía, 38). Por lo tanto, se hizo un muestreo no probabilístico consecutivo en 5 comunidades autónomas, y un muestreo no probabilístico por conveniencia en 6 comunidades autónomas. De esta forma se construyó una base de datos con las direcciones de e-mail de un total de 1.055 ganaderos/as ecológicos/as.

El cuestionario se envió hasta 4 veces entre Noviembre 2018 y Febrero 2019 directamente al listado de e-mails obtenido, en distintos días de la semana y a distintas horas, así como adaptando el cuerpo del e-mail en cada contacto para minimizar la ratio de no-respuesta (Dillman, 2007). También se publicitó la encuesta a través de los canales habituales de difusión de la Generalitat de Catalunya, Producció Agroalimentaria Ecològica (PAE), la Associació de Cabrum de Catalunya, la Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE), y la Associació de la Producció Agrària Ecològica de Mallorca (APAEMA).

Análisis estadístico

Para el análisis de los datos, se generó una variable clasificatoria que agrupaba las explotaciones como: solo rumiantes (vacuno, ovino y caprino), solo monogástricos (ponedoras, aves de engorde, porcino, equino, conejos, peces y apicultura), mixto (rumiantes y monogástricos), o no especificado (información facilitada por el participante insuficiente).

Los resultados para las variables continuas se presentan como media ± error estándar y mediana con el rango intercuartílico (IQR, expresado como Q1-Q3), y para las variables discretas se presentan como frecuencia relativa con el intervalo de confianza del 95 % (CI_{95}) para proporciones expresado en porcentaje. El programa estadístico utilizado fue SAS v9.4 (SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA).

Resultados

Participación en la encuesta y perfil de los/as ganaderos/as y explotaciones participantes

De las 1.055 direcciones de e-mail a las que se tuvo acceso, 33 e-mails fueron devueltos por el sistema, así pues un total de 1.022 granjas recibieron el cuestionario. Lo que correspondería al menos al 12,9 % de las explotaciones ganaderas ecológicas en 2018 (MAPA, 2019); si bien el número de explotaciones ganaderas publicado por el MAPA es por tipo de producción (especie-aptitud) y no por explotación. De las 134 respuestas recibidas se retuvieron 116 respuestas para el análisis de los datos, siendo la mayoría de Cataluña (39,7 %) y Galicia (22,4 %) (Figura 1). El cuestionario fue en mayor medida completado por hombres, personas de entre 31 años y 60 años (78,5 %; CI_{95}, 71,0 % a 85,9 %) y con estudios superiores (diplomado, FP de grado superior o superiores, 54,3 %; CI_{95}, 45,3 % a 63,4 %; Tabla 1). Casi la totalidad de los cuestionarios fueron cumplimentados por el/la propietario/a, copropietario/a/socio/a o administrador solidario/mancomunado de la explotación con una motivación ética para convertirse a la producción ecológica y alrededor de la mitad de los/as participantes indicaron formar parte de una asociación de productores ecológicos (Tabla 1).

En cuanto al tipo de producción, la mayoría de las explotaciones que contestaron a la pregunta trabajaban con una especie animal en ecológico y tenían rumiantes, en concreto

Tabla 1. Características generales de los/as participantes (n = 116) expresadas en frecuencia relativa (RF, %) e intervalo de confianza del 95 % (CI_{95}).
Table 1. General traits of the participants (n = 116) expressed as relative frequency (RF, %) and 95 % confidence interval (CI_{95}).

Variable	RF %	CI_{95}
Edad (años)		
21 a 30	11,2	5,5 a 16,9
31 a 40	21,6	14,1 a 29,0
41 a 50	31,0	22,6 a 39,5
51 a 60	25,9	17,9 a 33,8
61 a 70	10,3	4,8 a 15,9
Género		
Hombre	68,1	59,6 a 76,6
Mujer	31,9	23,4 a 40,4
Nivel de estudios		
ESO/Bachillerato/FP grado medio	41,4	32,4 a 50,3
Diplomatura/FP grado superior	15,5	8,9 a 22,1
Licenciatura o Grado	29,3	21,0 a 37,6
Máster/Doctorado	9,5	4,2 a 14,8
Ninguno de los anteriores	4,3	0,6 a 8,0
Rol en la explotación		
Propietario/Co-propietario	91,4	86,3 a 96,5
Gerente	7,8	2,9 a 12,6
Trabajador (no gerente)	0,9	0 a 2,5
Motivo para convertirse en ecológico		
Éticos	50,0	40,9 a 59,1
Éticos y Económicos	25,9	17,9 a 33,8
Económicos	12,9	6,8 a 19,0
Marketing	1,7	0 a 4,1
Otros motivos o combinaciones	9,5	4,2 a 14,8
Miembro de una asociación de productores ecológicos		
Sí	45,7	36,6 a 54,8
No	54,3	45,2 a 63,4

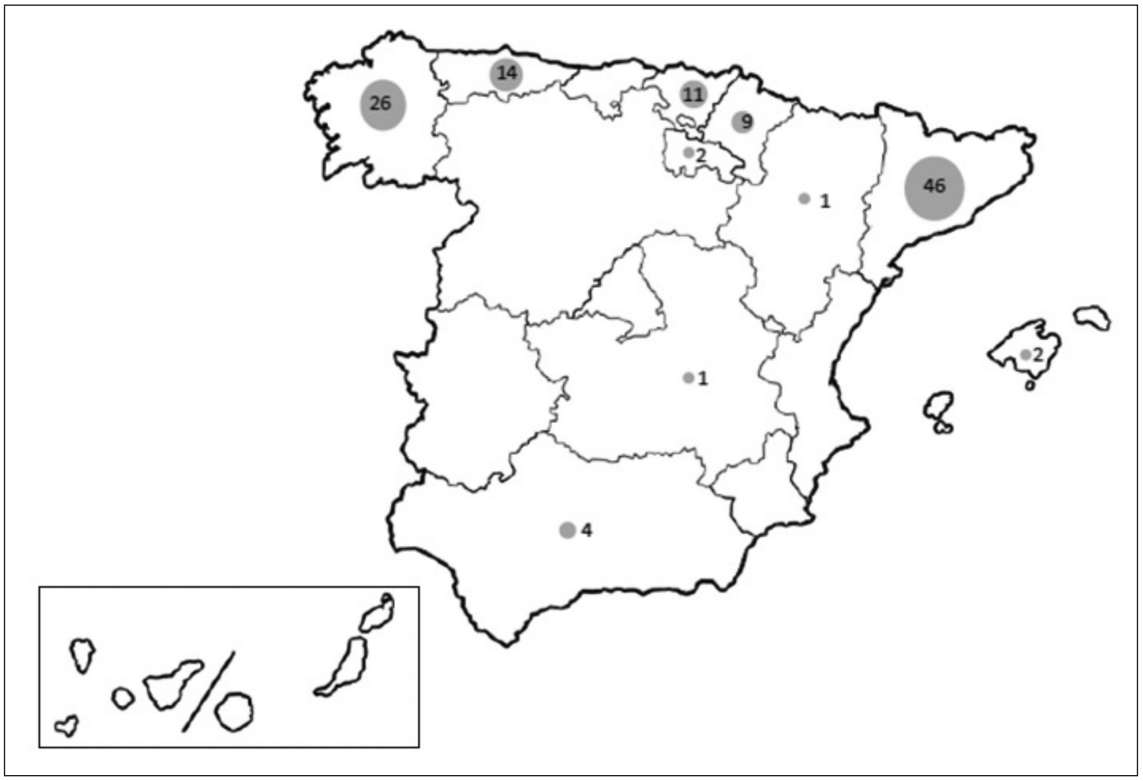


Figura 1. Número de encuestas consideradas en el estudio por comunidades autónomas (n = 116).
Figure 1. Responses retained by Autonomous Communities (n = 116).

vacuno de carne (Tabla 2). Aunque cabe destacar que participaron en la encuesta explotaciones con distintas especies de rumiantes y monogástricos (Tabla 2). Casi en la totalidad de las explotaciones, todos los animales de la explotación se encontraban bajo producción ecológica (Tabla 2). Además, la mitad de las explotaciones llevaban menos de 5 años certificadas como ecológicas (IQR, 3 años a 11,5 años), siendo la mediana ligeramente superior en explotaciones mixtas (8 años; IQR, 5 años a 15,5 años) que en las de rumiantes (5 años; IQR, 2 años a 10 años) y las de monogástricos (5 años; IQR, 3 años a 10 años).

En cuanto a la estructura de las explotaciones, la mayoría contaban con 2 trabajadores/as de mediana (IQR, 1 persona a 3 personas) y con prácticamente la totalidad de las hectáreas de la explotación bajo producción ecológica (95,9 % ± 1,5 %; n = 113). La mitad de las explotaciones disponían de mediana 45 ha (IQR, 25 ha a 100 ha; n = 113). El IQR para el número de trabajadores/as fue más estrecho en explotaciones con solo rumiantes (1 persona a 2 personas; n = 66) que con solo monogástricos (1 persona a 4 personas; n = 15). Además, las explotaciones de rumiantes contaban de mediana 46 ha (IQR, 28 ha a 100 ha; n = 66), las de monogástricos 20 ha (IQR, 3 ha a 97 ha; n = 15), y las mixtas 64 ha (IQR, 30 ha a 125 ha; n = 28).

En cuanto a la alimentación (Tabla 3), en el 71,6 % (CI_{95}, 63,3 % a 79,8 %) de las explotaciones, la ración (forrajes y concentrados)

Tabla 2. Características generales de las explotaciones participantes (n = 116) expresadas en frecuencia relativa (RF, %) e intervalo de confianza del 95 % (CI_{95}).
Table 2. General traits of the participanting farms (n = 116) expressed as relative frequency (RF, %) and 95 % confidence interval (CI_{95}).

Variable	RF %	CI_{95}
Número de especies en ecológico en la explotación		
1	67,2	58,7 a 75,8
2	19,8	12,6 a 27,1
3	6,9	2,3 a 11,5
≥ 4	6,0	1,7 a 10,4
Categoría productiva de la explotación		
Rumiantes	56,9	47,9 a 65,9
Monogástricos	15,5	8,9 a 22,1
Mixtas: rumiantes y monogástricos	24,1	16,4 a 31,9
No indicado	3,4	0,1 a 6,8
Tipo de producción según especie/aptitud (1)		
Vacuno de carne	50,9	41,8 a 60,0
Vacuno de leche	19,0	11,8 a 26,1
Ovino	19,0	11,8 a 26,1
Caprino	11,2	5,5 a 16,9
Ponedoras	17,2	10,4 a 24,1
Aves de engorde	8,6	3,5 a 13,7
Porcino	7,8	2,9 a 12,6
Equino	11,2	5,5 a 16,9
Conejos	1,7	0 a 4,1
Apicultura	3,4	0,1 a 6,8
Peces	0,9	0 a 2,5
Animales bajo producción ecológica		
Sí, todos	96,6	93,2 a 99,9
Sólo los animales en producción lechera, no las crías	–	–
Animales en producción ecológica y en convencional	3,4	0,1 a 6,8

(1) Cada tipo de producción se preguntó como una pregunta Sí-No, siendo el total de respuestas obtenidas en cada caso de 116.

Tabla 3. Información relacionada con el marketing/comercialización de la producción/productos para la totalidad de participantes (Todos) y por categoría productiva (Rumiantes, solo rumiantes; Monogástricos, solo monogástricos; y Mixta, rumiantes y monogástricos) expresado en frecuencia relativa (RF, %) con el intervalo de confianza del 95 % (CI_{95}). No se presentan los datos para la categoría productiva "no indicado" (n = 4).

Table 3. Information related to marketing/commercialization of the production/products for all participants (Todos) and by productive category (Rumiantes, only ruminants; Monogástricos, only monogastrics; and Mixta, ruminants and monogastrics) expressed as relative frequency (RF, %) and 95 % confidence interval (CI_{95}). Data for productive category "not indicated" are not displayed (n = 4).

Variable	Todos	Rumiantes	Monogástricos	Mixta
	RF % (CI_{95})	RF % (CI_{95})	RF % (CI_{95})	RF % (CI_{95})
Dieta de los animales proviene propia explotación	(n = 116)	(n = 66)	(n = 18)	(n = 28)
≤50% de la dieta	16,4 (9,6-23,1)	1,5 (0-4,5)	61,1 (36,9-85,4)	21,4 (5,5-37,3)
51-70% de la dieta	12,1 (6,1-18,0)	13,6 (5,4-21,9)	22,2 (1,5-42,9)	3,6 (0-10,8)
71-90% de la dieta	29,3 (21,0-37,6)	34,8 (23,4-46,3)	5,6 (0-16,9)	28,6 (11,1-46,1)
91-100% de la dieta	42,2 (33,3-51,2)	50,0 (37,9-62,1)	11,1 (0-26,7)	46,4 (27,1-65,7)
Vende como ecológico	(n = 116)	(n = 66)	(n = 18)	(n = 28)
≤50% de la producción	19,9 (11,8-26,1)	25,8 (15,2-36,3)	5,6 (0-16,9)	14,3 (0,7-27,8)
51-70% de la producción	4,3 (0,6-8,0)	1,5 (0-4,5)	5,6 (0-16,9)	7,1 (0-17,1)
71-99% de la producción	15,5 (8,9-22,1)	21,2 (11,3-31,1)	11,1 (0-26,7)	7,1 (0-17,1)
100% de la producción	61,2 (52,3-70,1)	51,5 (39,5-63,6)	77,8 (57,1-98,5)	71,4 (53,9-88,9)
Elaboran sus productos propios	(n = 114)	(n = 64)	(n = 18)	(n = 28)
Sí	14,9 (8,4-21,5)	15,6 (6,7-24,5)	11,1 (0-26,7)	17,9 (3,0-32,7)
No	85,1 (78,5-91,6)	84,4 (75,5-93,3)	88,9 (73,3-100)	82,1 (67,3-97,0)

Tabla 3. Información relacionada con el marketing/comercialización de la producción/productos para la totalidad de participantes (Todos) y por categoría productiva (Rumiantes, solo rumiantes; Monogástricos, solo monogástricos; y Mixta, rumiantes y monogástricos) expresado en frecuencia relativa (RF, %) con el intervalo de confianza del 95 % (CI_{95}). No se presentan los datos para la categoría productiva "no indicado" (n = 4) (continuación).

Table 3. Information related to marketing/commercialization of the production/products for all participants (Todos) and by productive category (Rumiantes, only ruminants; Monogástricos, only monogastrics; and Mixta, ruminants and monogastrics) expressed as relative frequency (RF, %) and 95 % confidence interval (CI_{95}). Data for productive category "not indicated" are not displayed (n = 4) (continuation).

Variable	Todos	Rumiantes	Monogástricos	Mixta
	RF % (CI_{95})	RF % (CI_{95})	RF % (CI_{95})	RF % (CI_{95})
Número de canales de comercialización	(n = 113)	(n = 63)	(n = 18)	(n = 28)
1	60,2 (51,2-69,2)	65,1 (53,3-76,9)	44,4 (19,7-69,2)	60,7 (41,8-79,6)
2	21,2 (13,7-28,8)	22,2 (12,0-32,5)	16,6 (0-35,2)	17,9 (3,0-32,7)
3	14,2 (7,7-20,6)	7,9 (1,3-14,6)	33,3 (9,9-56,8)	17,9 (3,0-32,7)
4	4,4 (0,6-8,2)	4,7 (0-10,0)	5,5 (0-16,9)	3,6 (0-10,8)
Canales de comercialización (1)	(n = 113)	(n = 63)	(n = 18)	(n = 28)
A una cooperativa	15,0 (8,5-21,6)	15,9 (6,8-24,9)	11,1 (0-26,7)	10,7 (0-22,7)
A la industria alimentaria	41,6 (32,5-50,7)	47,6 (35,3-60,0)	27,8 (5,5-50,1)	35,7 (17,2-54,3)
Venta directa en la explotación	49,6 (40,3-58,8)	39,7 (27,6-51,8)	66,7 (43,2-90,1)	64,3 (45,7-82,8)
En mercados locales	29,2 (20,8-37,6)	23,8 (13,3-34,3)	61,1 (36,9-85,4)	25,0 (8,2-41,8)
Por internet	15,9 (9,2-22,7)	11,1 (3,4-18,9)	22,2 (1,5-42,9)	21,4 (5,5-37,3)
A otros ganaderos, cebaderos, tratantes	5,3 (1,2-9,4)	9,5 (2,3-16,8)	–	–
A restaurantes, artesanos, tiendas especializadas/locales	6,2 (1,8-10,6)	4,8 (0-10,0)	11,1 (0-26,7)	7,1 (0-17,1)

(1) Pregunta con posibilidad de seleccionar más de una respuesta.

provenía principalmente de la propia explotación. La distribución según tipo de explotación (rumiantes, monogástricos y mixtas) difirió ligeramente en el caso particular de los monogástricos, donde la mayoría de las explotaciones compra la mayor parte de la alimentación de sus animales.

Opinión de los/as ganaderos/as sobre la agricultura y ganadería ecológica

Los productores de ecológico opinaron que es más difícil encontrar información sobre las alternativas a los antibióticos (5,2 ± 0,15; n = 116), a los antiparasitarios (5,0 ± 0,17; n = 116) y a las vitaminas sintéticas (4,9 ± 0,17; n = 115) para producción ecológica que sobre otro tipo de insumos polémicos como los materiales de cama (3,1 ± 0,18; n = 115) (Figura 2).

Además, de entre 10 temas (Figura 3), los productores (n = 116) consideraron como los más importantes en su propia explotación: la alimentación y nutrición (6,6 ± 0,10), el bienestar animal (6,6 ± 0,10) y la salud animal (6,5 ± 0,10). Y considerando los menos relevantes: la preocupación pública y aceptación de la ganadería ecológica (5,4 ± 0,15) y la regulación para la producción ecológica (5,7 ± 0,13).

Por otro lado, de entre 12 temas (Figura 4), los productores indicaron que los más relevantes en el momento de convertirse en productores ecológicos fueron la salud animal (6,1 ± 0,14; n = 116) y los costes de producción (6,0 ± 0,13; n = 115), seguidos del bienestar animal (6,0 ± 0,15; n = 116), el acceso al mercado ecológico (6,0 ± 0,15; n = 115) y la disponibilidad de terreno (6,0; n = 115). Y los menos importantes (n = 116), los costes de certificación ecológica (4,6 ± 0,19) y la efectividad del control de insectos y plagas (4,8 ± 0,16). Los resultados obtenidos, considerando explotaciones exclusivamente de rumiantes o de monogástricos, fueron similares excepto sobre el acceso al mercado ecológico. Este último parece ser menos importante para los ganaderos de monogástricos que de rumiantes.

Comercialización y valorización de los productos ecológicos

La mayoría de los/as participantes señalaron que vendían toda su producción como ecológica, mientras que un 19,0 % de las explotaciones comercializaron como ecológica menos de la mitad de su producción (Tabla 3). Sin embargo, estos datos están influenciados por una mayor presencia de explotaciones de rumiantes, ya que en el caso de explotaciones de monogástricos, un mayor porcentaje vendían toda su producción como ecológica, y solo el 5,6 % comercializaban como ecológica menos de la mitad de su producción. Pocos productores elaboraban sus propios productos (Tabla 3).

La mayoría de las explotaciones indicaron que vendían su producción y/o productos manufacturados a través de un solo canal (Tabla 3), fundamentalmente a la industria alimentaria (38,2 %; CI_{95}, 26,7 % a 49,7 %; n = 68) o directamente en su explotación (29,4 %; CI_{95}, 18,6 % a 40,2 %; n = 68); mientras que el 35,4 % (CI_{95}, 26,6 % a 44,2 %) usaron dos o tres canales (Tabla 3). En el caso de las explotaciones exclusivamente de monogástricos no se apreciaron diferencias entre la proporción de ganaderos/as que indicaron un solo canal y aquellos que indicaron dos o tres canales (50,0 %; CI_{95}, 25,1 % a 74,9 %). La lista completa de canales de comercialización, entre los que el/la ganadero/a podía escoger de manera múltiple, se puede ver en la Tabla 3. Con su producción y/o productos manufacturados, la mayoría de encuestados manifestaron hacer venta directa en su explotación, venta a la industria alimentaria y también en mercados locales (Tabla 3). Cabe destacar que la venta por internet se situó en cuarto lugar (Tabla 3). La distribución fue similar cuando se consideró la categoría de especies productivas debido a la amplitud de los CI_{95} (Tabla 3). Ahora bien, la venta directa en la explotación, en los mercados locales, por internet y a restaurantes, artesanos y

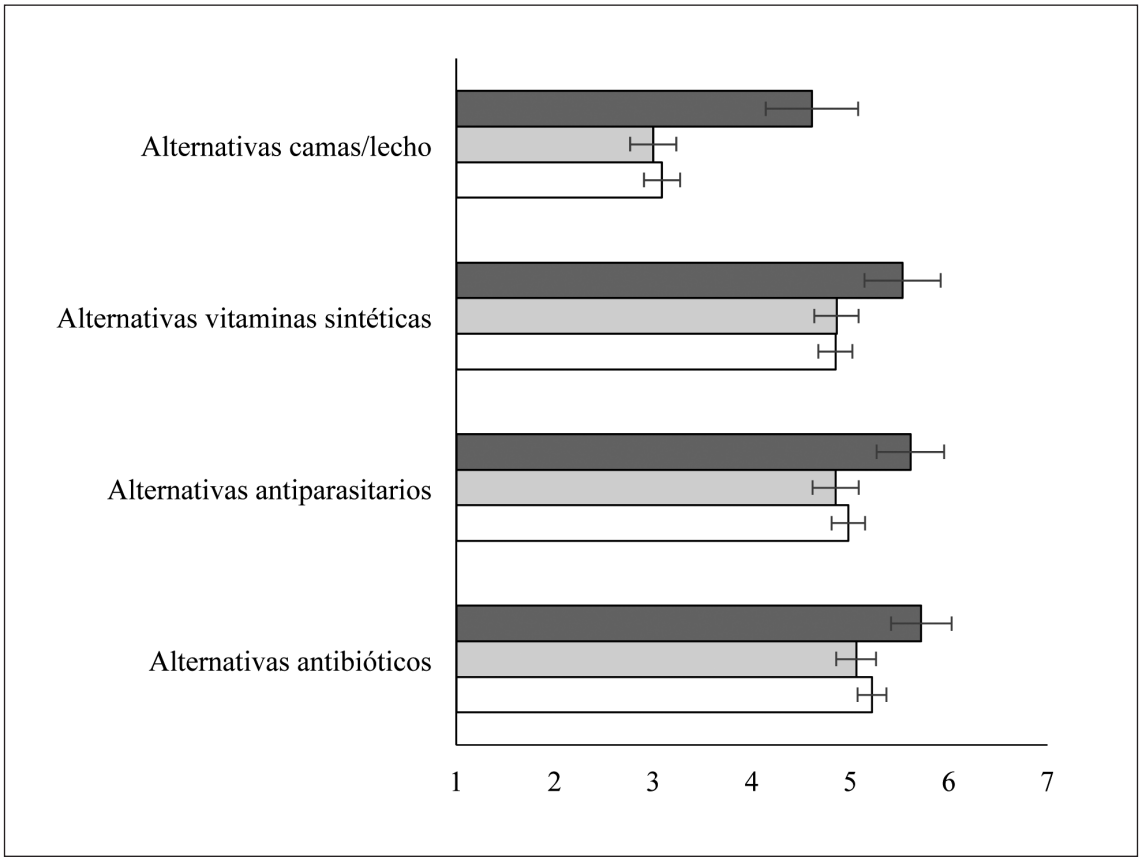


Figura 2. Dificultad indicada por los productores en encontrar información sobre alternativas a antibióticos, antiparasitarios, vitaminas sintéticas y camas/lecho en ganadería ecológica; donde 1 significa muy fácil y 7 muy difícil. En blanco, los resultados considerando todos los ganaderos (n = 115-116); en gris claro, los ganaderos solo con rumiantes (n = 66); y en gris oscuro, los ganaderos solo con monogástricos (n = 17-18). Resultados se presentan como media ± error estándar.
Figure 2. Difficulty declared by farmers to find information regarding alternatives to antibiotic, antiparasitic, synthetic vitamin and bedding for organic production; where 1 means very easy and 7 very difficult. Bars in white represent the results including all participants (n = 115-116); in light grey, participants only with ruminant species (n = 66); and in dark grey, participants only with monogastric species (n = 17-18). Results are represented as mean ± standard error.

tiendas especializadas parece ser más importante en las explotaciones de monogástricos que en las de rumiantes, mientras que la venta a la industria alimentaria y a otros ganaderos parece menos relevante en las explotaciones de monogástricos que en rumiantes.

Tratamientos y problemas sanitarios más frecuentes en ganadería ecológica

La mayoría de los productores indicaron que la mayoría de sus animales (≥90 %) no recibieron ningún tratamiento antibiótico durante el último año (Tabla 4). Teniendo en cuen-

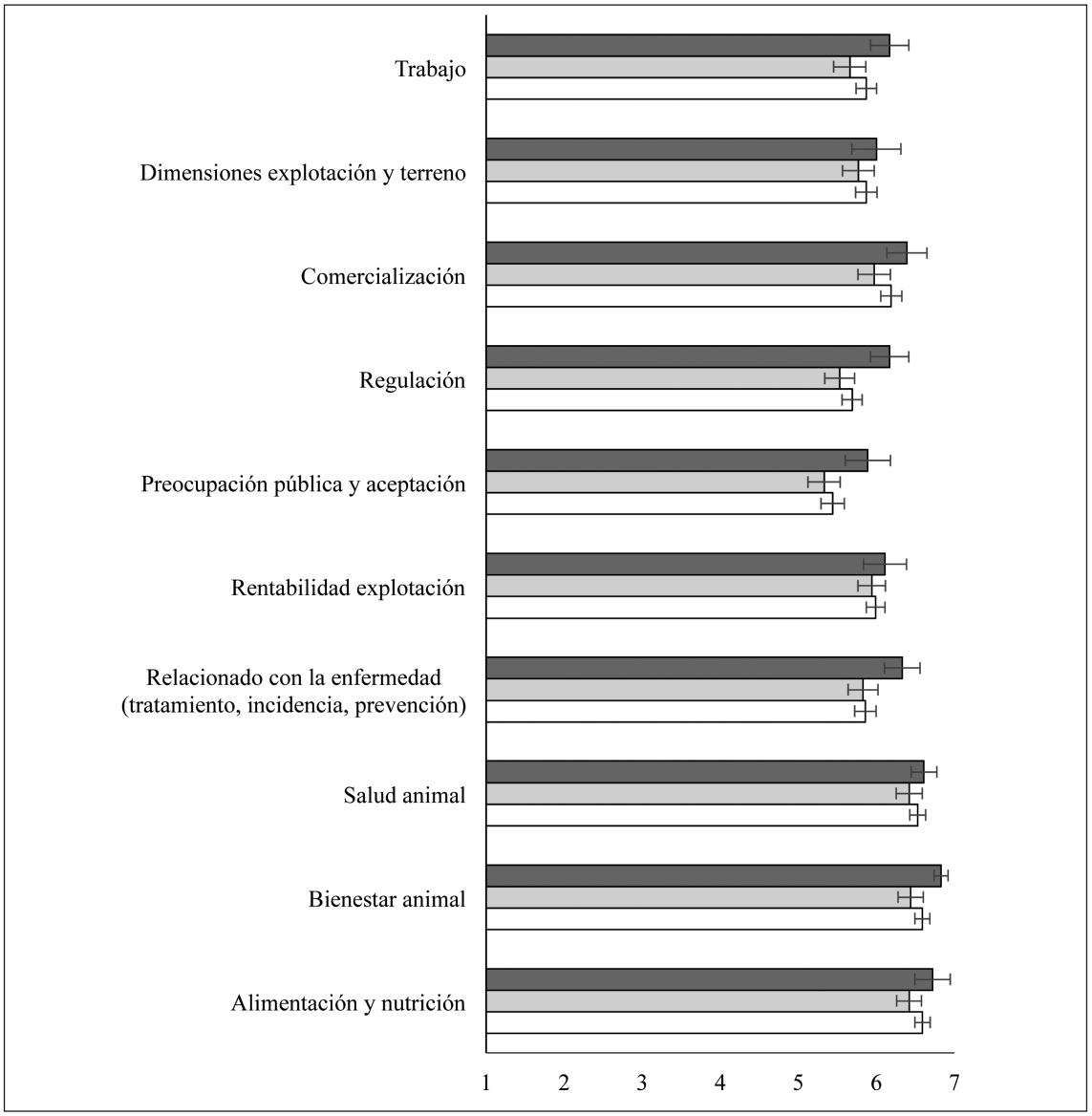


Figura 3. Percepción de los productores de la importancia en su propia explotación sobre 10 temas relacionados con la producción ecológica; donde 1 significa no importante y 7 muy importante. En blanco, los resultados considerando todos los ganaderos (n = 114 y 116); en gris claro, los ganaderos solo con rumiantes (n = 64 y 66); y en gris oscuro, los ganaderos solo con monogástricos (n = 18). Resultados se presentan como media ± error estándar.

Figure 3. Farmers' perception of the relevance in their own farm regarding 10 issues related to animal organic production; where 1 means not relevant at all and 7 very relevant. Bars in white represent the results including all participants (n = 114 and 116); in light grey, participants only with ruminant species (n = 64 and 66); and in dark grey, participants only with monogastric species (n = 18). Results are represented as mean ± standard error.

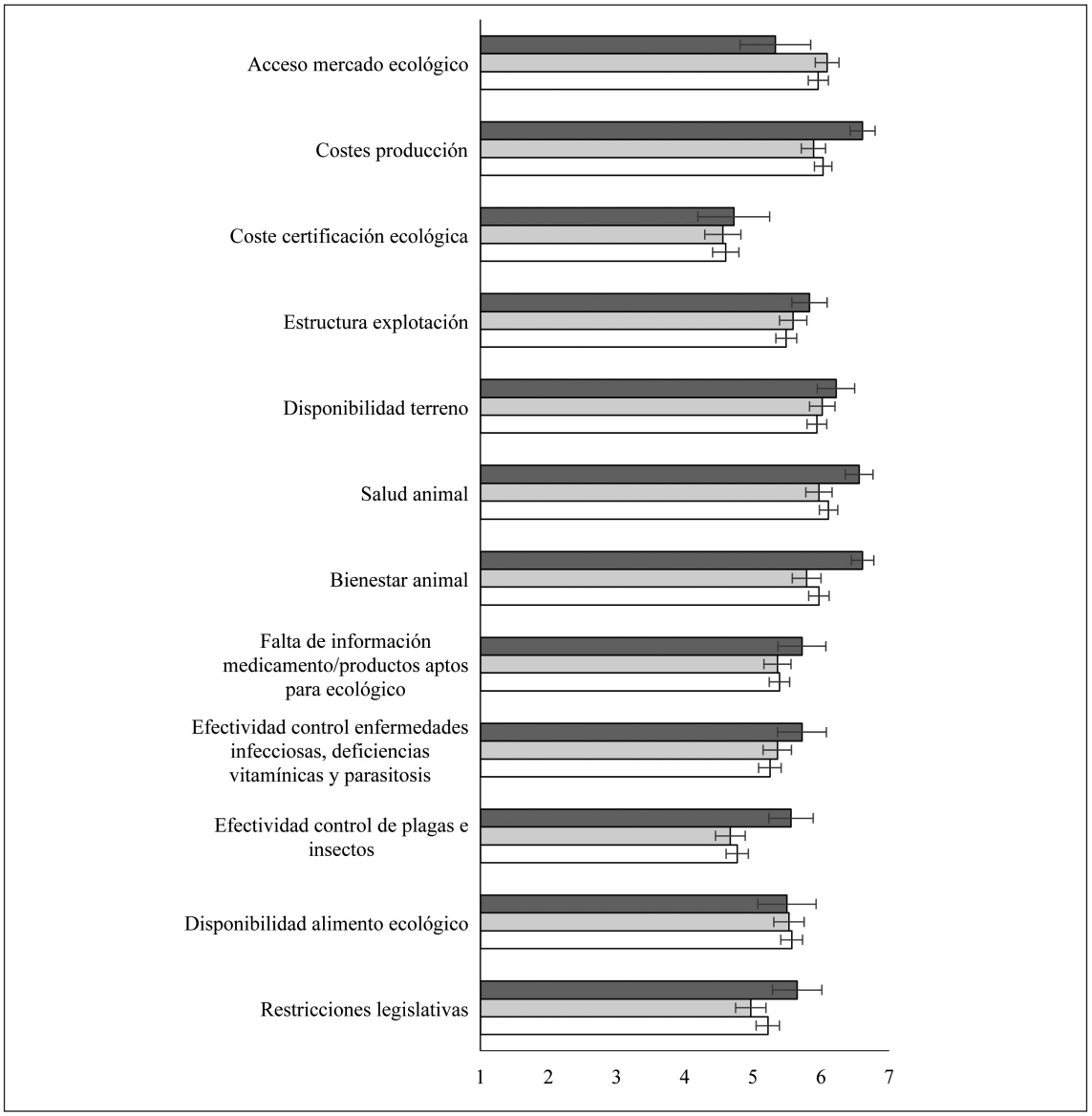


Figura 4. Percepción de los productores de la importancia sobre 12 temas relacionados con la producción ecológica según su propia experiencia en el momento de convertirse a la producción ecológica; donde 1 significa no importante y 7 muy importante. En blanco, los resultados considerando todos los ganaderos (n = 114-116); en gris claro, los ganaderos solo con rumiantes (n = 64-66); y en gris oscuro, los ganaderos solo con monogástricos (n = 17-18). Resultados se presentan como media ± error estándar.

Figure 4. Farmers' perception of the relevance in their own experience regarding 12 issues related to animal organic production when becoming organic framers; where 1 means not relevant at all and 7 very relevant. Bars in white represent the results including all participants (n = 114-116); in light grey, participants only with ruminant species (n = 64-66); and in dark grey, participants only with monogastric species (n = 17-18). Results are represented as mean ± standard error.

Tabla 4. Información relacionada con la administración de antibióticos, problemas sanitarios frecuentes y fuentes de información sobre el uso de productos naturales y extractos de plantas para la totalidad de participantes (Todos) y por categoría productiva (Rumiantes, solo rumiantes; Monogástricos, solo monogástricos; y Mixta, rumiantes y monogástricos) expresado en frecuencia relativa (RF, %) con el intervalo de confianza del 95 % (CI_{95}). No se presentan los datos para la categoría productiva "no indicado" (n = 4).
Table 4. Information related to administration of antibiotics, frequent health issues and sources of information about the use of natrual products and plant for all participants (Todos) and by productive category (Rumiantes, only ruminants; Monogástricos, only monogastrics; and Mixta, ruminants and monogastrics) expressed as relative frequency (RF, %) and 95 % confidence interval (CI_{95}). Data for productive category "not indicated" are not displayed (n = 4).

Variable	Todos	Rumiantes	Monogástricos	Mixta
	RF % (CI_{95})	RF % (CI_{95})	RF % (CI_{95})	RF % (CI_{95})
Número de productores que no administraron antibióticos	(n = 108)	(n = 60)	(n = 18)	(n = 26)
< 20 % de los animales no tratados	14,8 (8,1-21,5)	11,7 (3,5-19,8)	22,2 (1,5-42,9)	19,2 (3,3-35,2)
20-49 % de los animales no tratados	5,6 (1,2-9,9)	5,0 (0-10,5)	–	7,7 (0-18,5)
50-69 % de los animales no tratados	3,7 (0,1-7,3)	5,0 (0-10,5)	5,6 (0-16,9)	–
70-89 % de los animales no tratados	11,1 (5,2-17,0)	16,7 (7,2-26,1)	5,6 (0-16,9)	3,8 (0-11,6)
90-100 % de los animales no tratados	64,8 (55,8-73,8)	61,7 (49,4-74,0)	66,7 (43,2-90,1)	69,2 (50,6-87,9)
Tratamientos antibióticos administrados/animal tratado	(n = 60)	(n = 45)	(n = 4)	(n = 10)
1	76,7 (66,0-87,4)	73,3 (60,4-86,3)	75,0 (–)	100 (–)
1,1-2,0	16,7 (7,2-26,1)	20,0 (8,3-31,7)	25,0 (–)	–
2,1-3,0	5,0 (0-10,5)	4,4 (0-10,5)	–	–
≥ 3,1	1,7 (0-4,9)	2,2 (0-6,5)	–	–
Problemas de salud frecuentes (1)	(n = 109)	(n = 63)	(n = 17)	(n = 25)
Cojeras	31,2 (22,5-39,9)	36,5 (24,6-48,4)	5,9 (0-18,0)	36,0 (16,2-55,8)
Lesiones plantares	4,6 (0,7-8,5)	4,8 (0-10,0)	5,9 (0-18,0)	4,0 (0-12,1)
Parásitos internos	31,2 (22,5-39,9)	25,4 (14,6-36,1)	35,3 (10,7-59,9)	36,0 (16,2-55,8)
Problemas de piel (parásitos externos/micosis)	29,4 (20,8-37,9)	19,0 (9,4-28,7)	47,1 (21,4-72,7)	40,0 (19,8-60,2)
Enfermedades pre-gástricas o gastrointestinales/Diarrea	26,6 (18,3-34,9)	23,8 (13,3-34,3)	41,2 (15,9-66,5)	28,0 (9,5-46,5)
Enfermedades respiratorias	21,1 (13,4-28,8)	25,4 (14,6-36,1)	17,6 (0-37,2)	16,0 (0,9-31,1)
Enfermedades metabólicas	3,7 (0,1-7,2)	6,3 (0,3-12,4)	–	–

(1) Pregunta con posibilidad de seleccionar más de una respuesta.

Tabla 4. Información relacionada con la administración de antibióticos, problemas sanitarios frecuentes y fuentes de información sobre el uso de productos naturales y extractos de plantas para la totalidad de participantes (Todos) y por categoría productiva (Rumiantes, solo rumiantes; Monogástricos, solo monogástricos; y Mixta, rumiantes y monogástricos) expresado en frecuencia relativa (RF, %) con el intervalo de confianza del 95 % (CI_{95}). No se presentan los datos para la categoría productiva "no indicado" (n = 4) (continuación).
Table 4. Information related to administration of antibiotics, frequent health issues and sources of information about the use of natrual products and plant for all participants (Todos) and by productive category (Rumiantes, only ruminants; Monogástricos, only monogastrics; and Mixta, ruminants and monogastrics) expressed as relative frequency (RF, %) and 95 % confidence interval (CI_{95}). Data for productive category "not indicated" are not displayed (n = 4) (continuation).

Variable	Todos	Rumiantes	Monogástricos	Mixta
	RF % (CI_{95})	RF % (CI_{95})	RF % (CI_{95})	RF % (CI_{95})
Mamitis	35,8 (26,8-44,8)	46,0 (33,7-58,3)	5,9 (0-18,0)	36,0 (16,2-56,8)
Problemas reproductivos/infertilidad	14,7 (8,0-21,3)	22,2 (12,0-32,5)	–	8,0 (0-19,2)
Problemas de comportamiento	8,3 (3,1-13,4)	–	41,2 (15,9-66,5)	4,0 (0-12,1)
Malformaciones neonatales/anomalías del desarrollo	0,9 (0-2,7)	–	–	4,0 (0-12,1)
Otras	7,3 (2,4-12,2)	6,3 (0,3-12,4)	11,8 (0-28,3)	8,0 (0-19,2)
Número de fuentes de información consultadas	(n = 113)	(n = 64)	(n = 18)	(n = 27)
Una	38,1 (29,1-47,0)	34,4 (22,7-46,0)	38,9 (14,6-63,1)	40,7 (21,4-60,1)
Más de una	61,9 (53,0-70,9)	65,5 (54,0-77,3)	61,1 (36,9-85,4)	59,3 (39,9-78,6)
Fuentes de información consultadas (1)	(n = 113)	(n = 64)	(n = 18)	(n = 27)
Veterinario	45,1 (36,0-54,3)	39,1 (27,1-51,0)	66,7 (43,2-90,1)	48,1 (28,4-67,9)
Otros productores	34,5 (25,7-43,3)	35,9 (24,2-47,7)	44,4 (19,7-69,2)	29,6 (11,6-47,6)
Cooperativa/Asociación ganaderos	15,0 (8,5-21,6)	18,8 (9,2-28,3)	16,7 (0-35,2)	3,7 (0-11,2)
Revistas/Periódicos	19,5 (12,2-26,8)	17,2 (7,9-26,4)	16,7 (0-35,2)	25,9 (8,6-43,2)
Industria de piensos	9,7 (4,3-15,2)	12,5 (4,4-20,6)	11,1 (0-26,7)	3,7 (0-11,2)
Consultor externo	19,5 (12,2-26,8)	21,9 (11,7-32,0)	16,7 (0-35,2)	18,5 (3,2-32,8)
Internet	44,2 (35,1-53,4)	43,8 (31,6-55,9)	55,6 (30,8-80,3)	37,0 (18,0-56,1)
Reuniones especializadas	21,2 (13,7-28,8)	20,3 (10,5-30,2)	33,3 (9,9-56,8)	18,5 (3,2-32,8)
Cursos de formación	31,0 (22,4-39,5)	29,7 (18,5-40,9)	33,3 (9,9-56,8)	37,0 (18,0-56,1)

(1) Pregunta con posibilidad de seleccionar más de una respuesta.

ta solo los/as ganaderos/as que administraron al menos un tratamiento antibiótico, la mayoría indicó una administración media de 1 tratamiento antibiótico/animal tratado (Tabla 4). En el último año, solo una explotación de rumiantes administró más de 3 tandas de antibióticos al mismo animal, y solo la piscifactoría administró 2 tandas en el mismo tanque (Tabla 4). El límite legal para seguir considerando los animales y sus productos derivados como ecológicos sin necesidad de aplicar un periodo de conversión está establecido en 3 tandas de antibióticos para animales con un ciclo productivo mayor a 12 meses, y en 1 tanda de antibióticos para animales con un ciclo productivo menor a 12 meses (European Comission, 2009).

Solo el 3,5 % (CI_{95}, 0,1 % a 6,9 %; n = 113) de los productores indicaron no tener ningún problema sanitario frecuente. Teniendo en cuenta las explotaciones que señalaron al menos un problema de salud frecuente en su explotación, los tres más seleccionados fueron la mamitis, las cojeras y los parásitos internos (Tabla 4). Ahora bien, estos resultados están claramente influenciados por la mayor participación de explotaciones de rumiantes. En explotaciones de rumiantes ninguno de los participantes seleccionaron los problemas de comportamiento como frecuentes en su explotación, por el contrario es una de las opciones más seleccionadas en explotaciones de monogástricos (Tabla 4). El caso contrario se observa para las mamitis y las cojeras, que obviamente fueron más frecuentes en explotaciones de rumiantes que de monogástricos (Tabla 4). En base a dicha interacción (problema de salud y categoría de especies productivas), los datos que se presentan a continuación tienen en consideración el total de las explotaciones que contestaron tratar dicho problema.

Aunque los tratamientos convencionales siguen siendo la elección de preferencia (≥50 %) frente a la gran mayoría de los problemas sanitarios propuestos, los productores indicaron el uso de tratamientos alternativos (fitoterapia o/y homeopatía) o/y probióticos para todos ellos, excepto para las enfermedades metabólicas (Figura 5). Considerando aquellas con más respuestas (al menos 30 respuestas), los parásitos internos (41,2 %; CI_{95}, 24,9 % a 57,5 %), los problemas de la piel (51,2 %; CI_{95}, 34,7 % a 67,8 %) y las enfermedades pre-gástricas o gastrointestinales/diarrea (65,9 %; CI_{95}, 81,6 % a 50,1 %), muestran una elevada proporción de uso exclusivo de tratamientos alternativos. Los tratamientos alternativos o/y probióticos indicados en dichas patologías fueron principalmente las plantas medicinales o derivados, aunque algunos pocos productores también indicaron la homeopatía y los probióticos. En particular, el uso de homeopatía para tratar enfermedades respiratorias (n = 6), enfermedades pre-gástricas o gastrointestinales/diarreas y los parásitos internos (n = 5), mamitis (n = 3), problemas de la piel (n = 2), y problemas reproductivos/infertilidad y las lesiones plantares (n = 1). Y respecto el uso de probióticos, para ayudar a tratar enfermedades pre-gástricas o gastrointestinales/diarreas (n = 8), parásitos internos (n = 3) y problemas de la piel (n = 1). Los productores obtuvieron información sobre el uso de productos naturales y extractos vegetales mayoritariamente a través de varias fuentes de información, sobre todo en las explotaciones de rumiantes (Tabla 4), siendo fundamentalmente, los veterinarios, internet y otros productores entre otras fuentes (Tabla 4).

Otros aspectos valorados

Una amplia mayoría de los productores indicaron no usar aditivos vitamínicos en la dieta (Tabla 5). De los que dijeron añadir aditivos vitamínicos (n = 21), la gran mayoría usó vitaminas de origen natural (n = 11) o desconocían su origen (n = 8), y muy pocos indica-

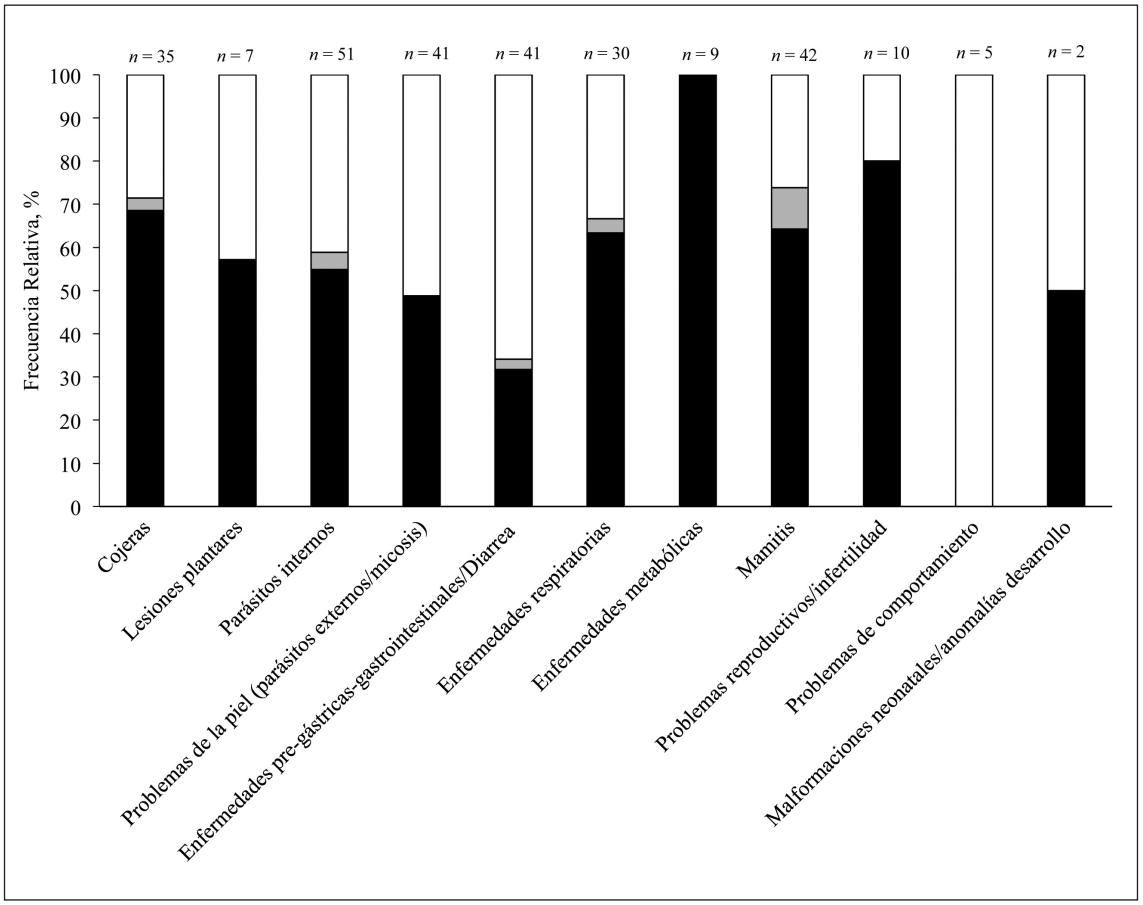


Figura 5. Frecuencia relativa (%) de los tratamientos utilizados por los ganaderos según el tipo de problema sanitario. En negro, explotaciones que usan exclusivamente tratamientos convencionales; en gris, tratamientos convencionales y alternativos; y en blanco, exclusivamente tratamientos alternativos. Tratamientos alternativos propuestos eran: plantas medicinales o derivados, homeopatía y probióticos. *Figure 5. Relative frequency (%) of treatments used by farmers for each health issue. In black represents the farms using only conventional treatments; in grey, using conventional and alternative treatments; in white, using only alternative treatments. Alternative treatments proposed were: plant products, homeopathy and probiotics.*

ron el uso de vitaminas sintéticas (n = 2). El reducido número de respuestas a esta pregunta, no permitió la separación de los datos por categoría de especies productivas a pesar de estar todas ellas presentes. Alrededor de un tercio de los productores expresaron el uso de vacunación voluntaria frente a distintas patologías (Tabla 5).

En cuanto a la estabulación de los animales (Tabla 5), los/as ganaderos/as señalaron en mayor medida estabulación mixta (estabulación libre con acceso a prado) o tener los animales en el prado/aire libre. En el caso de explotaciones de monogástricos, la estabulación libre con cama y otro tipo de estabulación distinta a las propuestas en la pre-

Tabla 5. Información relacionada con el uso de aditivos vitamínicos, vacunación voluntaria y tipo de estabulación para la totalidad de participantes (Todos) y por categoría productiva (Rumiantes, solo rumiantes; Monogástricos, solo monogástricos; y Mixta, rumiantes y monogástricos) expresado en frecuencia relativa (RF, %) con el intervalo de confianza del 95 % (CI_{95}). No se presentan los datos para la categoría productiva "no indicado" (n = 4).

Table 5. Information related to use of viamin additives, voluntary vaccination and type of barn for all participants (Todos) and by productive category (Rumiantes, only ruminants; Monogástricos, only monogastrics; and Mixta, ruminants and monogastrics) expressed as relative frequency (RF, %) and 95 % confidence interval (CI_{95}). Data for productive category "not indicated" are not displayed (n = 4).

Variable	Todos	Rumiantes	Monogástricos	Mixta
	RF % (CI_{95})	RF % (CI_{95})	RF % (CI_{95})	RF % (CI_{95})
Uso aditivos vitamínicos	(n = 116)	(n = 66)	(n = 18)	(n = 28)
Sí	18,1 (11,1-25,1)	22,7 (12,6-32,8)	16,7 (0-35,2)	10,7 (0-22,7)
No	81,9 (74,9-88,9)	77,3 (67,2-87,4)	83,3 (64,8-101,3)	89,3 (77,3-101,3)
Vacunaciones voluntarias	(n = 116)	(n = 66)	(n = 18)	(n = 28)
Sí	28,4 (20,2-36,7)	33,3 (22,0-44,7)	27,8 (5,5-50,1)	21,4 (5,5-37,3)
No	71,6 (63,3-79,8)	66,7 (55,3-78,0)	72,2 (49,9-94,5)	78,6 (62,7-94,5)
Tipo de estabulación	(n = 115)	(n = 65)	(n = 18)	(n = 28)
Estabulación fija	7,8 (2,9-12,7)	10,8 (3,2-18,3)	–	7,1 (0-17,1)
Estabulación libre con cubículos	2,6 (0-5,5)	4,6 (0-9,7)	–	–
Estabulación libre con cama	3,5 (0,1-6,8)	3,1 (0-7,3)	11,1 (0-26,7)	–
Prado/aire libre	27,8 (19,6-36,0)	26,2 (15,5-36,8)	22,2 (1,5-42,9)	32,1 (14,0-50,2)
Mixto (estabulación libre + prado)	53,0 (43,9-62,2)	53,8 (41,7-66,0)	44,4 (19,7-69,2)	57,1 (38,0-76,3)
Otros	5,2 (1,2-9,3)	1,5 (0-4,5)	22,2 (1,5-42,9)	3,6 (0-10,8)
Materiales para las camas/lecho (1)	(n = 116)	(n = 66)	(n = 18)	(n = 28)
Sin cama/tierra pisada	14,7 (8,2-21,1)	10,6 (3,2-18,0)	11,1 (0-26,7)	25,0 (8,2-41,8)
Paja	62,9 (54,1-71,7)	72,7 (62,0-83,5)	27,8 (5,5-50,1)	60,7 (41,8-79,6)
Arena	1,7 (0-4,1)	3,0 (0-7,2)	–	–
Virutas de madera	4,3 (0,6-8,0)	3,0 (0-7,2)	11,1 (0-26,7)	3,6 (0-10,8)
Serrín	3,4 (0,1-6,8)	3,0 (0-7,2)	–	3,6 (0-10,8)
Rechazos de heno	12,9 (6,8-19,0)	16,7 (7,7-25,7)	5,6 (0-16,9)	7,1 (0-17,1)
Colchonetas/gomas	5,2 (1,1-9,2)	9,1 (2,2-16,0)	–	–
Fibra de coco	–	–	–	–
Otro	10,3 (4,8-15,9)	6,1 (0,3-11,8)	11,1 (0-26,7)	17,9 (3,0-32,7)

(1) Cada tipo de material se preguntó como una pregunta Sí-No siendo el total de respuestas obtenidas en cada caso de 116.

gunta fueron también seleccionadas en una proporción elevada. De entre los tipos de materiales propuestos para las camas o lecho (Tabla 5), los productores seleccionaron mayoritariamente la paja –particularmente en rumiantes–, seguido con diferencia por la opción sin cama, los rechazos de heno y otros materiales no propuestos en la pregunta. En monogástricos se observó una proporción menor de productores que indicaron usar paja como cama y un aumento del uso de virutas de madera, en comparación con la distribución observada en rumiantes.

Discusión

Limitaciones del estudio

El estudio presenta una serie de limitaciones que deben tenerse en cuenta a la hora de interpretar los datos. Al no tener acceso al listado completo de e-mails de las granjas de ecológico situadas en algunas comunidades autónomas, se tuvo que llevar a cabo un tipo de muestreo (muestreo no probabilístico consecutivo o por conveniencia) que dificulta la generalización de los resultados. El tiempo total de respuesta estimado fue de 20 minutos que, aunque está dentro de lo recomendado por Dufour *et al.* (2010) para evitar deteriorar la calidad de las respuestas dadas, creemos que puede ser considerado largo por algunos participantes al tratarse de una encuesta on-line. Aunque en España el acceso a internet por parte de la población se encuentra ya por encima del 93 % (Kemp, 2019), las personas que trabajan en ocupaciones "manuales", como sería la ganadería, hacen un menor uso de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) (INE, 2019a), por lo que sigue existiendo una brecha digital atribuible a factores como la falta de infraestructura (en especial en zonas rurales) y de conocimientos de informática o de interés en ello (INE, 2019b). Por lo tanto, la falta de acceso a internet, ordenador o dispositivo similar (móvil, tablet, etc.) para completar la encuesta distorsionaría lo que se conoce como error de no-respuesta (Fan y Yan, 2010). Por último, otros métodos de encuesta (p. ej. correo postal, e-mail, teléfono o presencial) presentan una tasa de respuesta ~11 % más alta que las encuestas on-line (Daikeler *et al.*, 2020). Tal como sugieren estos mismos autores, en encuestas on-line, incrementar el número de personas contactadas respecto a otros métodos de encuesta podría mitigar este efecto, así como solicitar por e-mail cumplimentar la encuesta on-line, aspectos que se tuvieron en cuenta en el momento de la diseminación.

Perfil de los encuestados y características de las explotaciones

El perfil de los/as participantes está en línea con las características del sector agrario, en particular el ecológico, y no parece haberse visto influenciado por el acceso a internet o uso de las TIC (Padel, 2001; European Commission, 2016; Blanco-Penedo *et al.*, 2019; MAPA, 2019). Por ejemplo, la menor participación de mujeres que de hombres es un reflejo de la brecha de género propia del sector agrario tanto en España (MAPA, 2019) como en la Unión Europea (European Commission, 2016; Blanco-Penedo *et al.*, 2019). La distribución por franjas de edad de los encuestados refleja la situación de las explotaciones ecológicas (Padel, 2001; European Commission, 2016; Blanco-Penedo *et al.*, 2019), así como el nivel formativo de los participantes (Padel, 2001).

La cantidad de mano de obra observada en nuestro estudio está en línea con los datos presentados por Blanco-Penedo *et al.* (2019), donde se indica una mediana de 2-3 personas a tiempo completo (40 h/semana) en explotaciones ecológicas de vacuno lechero en Eu-

ropa (donde se incluye España). Según la revisión bibliográfica de Orsini *et al.* (2018), se ha descrito en diversos países Europeos igual o menor carga de trabajo por hectárea en explotaciones ecológicas de vacuno y ovino, e igual o superior carga de trabajo en explotaciones ecológicas de porcino y aves en comparación con la ganadería convencional.

La principal motivación para convertirse en productores de ecológico fueron las consideraciones éticas, lo que está en línea con la ideología presente en este tipo de producción (Lockeretz, 2007). El elevado porcentaje de participación de explotaciones de nueva creación o reciente conversión (≤5 años) se encuentra en línea con el crecimiento de productores de ecológico (+22,5 % desde 2014 a 2018; +46,1 % desde 2008 a 2018) y de ventas de productos ecológicos (+36,8 % desde 2014 a 2018; +63,7 % desde 2008 a 2018) en España (FiBL, 2020). La distribución de las explotaciones participantes según su actividad ganadera sigue los datos Españoles (MAPA, 2019) y Europeos (Willer *et al.*, 2020), que muestran la producción ecológica de vacuno en primera posición.

Posición de los/as ganaderos/as respecto a las alternativas ecológicas para camas/lecho

Los/as ganaderos/as indicaron encontrar con facilidad información sobre alternativas para las camas/lecho en producción ecológica, independientemente de la categoría productiva de la explotación (rumiantes, monogástricos o mixtas). Ahora bien, >60 % de las explotaciones de rumiantes o mixtas participantes usan la paja como cama, lo que estaría en línea con otros trabajos en vacuno lechero realizados a nivel Europeo, donde se incluye España (Blanco-Penedo *et al.*, 2019). Aunque no se especificó en la encuesta el origen de la paja, la disponibilidad de paja ecológica para camas/lecho es bastante limitada. En España, en la campaña 2018, solo el 3,4 % de los campos cultivados destinados a cereales de grano fueron ecológicos (MAPA, 2019). La falta de paja ecológica hace que muchas explotaciones usen paja convencional, lo que está permitido temporalmente en producción ecológica (European Commission, 2009). Así pues, teniendo en cuenta que los productores consideran que no es difícil encontrar alternativas de camas/lecho para producción ecológica, el hecho de que alrededor de un 60 % de productores de rumiantes y mixtos participantes usen paja, y que la disponibilidad de paja ecológica es limitada, parece hacer necesario informar a los ganaderos ecológicos sobre alternativas a la paja en producción ecológica, y desarrollar/testar nuevos sustitutos a la paja económicamente asequibles para este tipo de producción.

Posición de los/as ganaderos/as respecto a las alternativas a las vitaminas sintéticas

Los/as ganaderos/as indicaron una ligera mayor dificultad en encontrar información sobre alternativas a las vitaminas sintéticas que sobre alternativas para camas/lecho, independientemente de la categoría productiva de la explotación. Lo que estaría en línea con ser la alimentación/nutrición, el bienestar animal y la salud animal los tres temas que ellos consideran como los más relevantes en su propia explotación, tanto en explotaciones con rumiantes como con monogástricos. Por encima del 80 % de los/as entrevistados/as dijeron no utilizar aditivos vitamínicos en la dieta, proporción que se mantiene según la categoría de especies productivas. Aunque podría ser que no fuesen conscientes de ello, ya que los piensos suelen incorporan un pre-mix vitamínico para asegurar que se están cubriendo las necesidades de los animales, debido a la alta variabilidad e inestabilidad de las formas naturales en los alimentos. Para evaluar mejor este punto sería necesario desarrollar más las preguntas relacionadas con el origen y composición de los piensos ecológicos utilizados.

Posición de los/as ganaderos/as respecto a las alternativas a los tratamientos convencionales

Al igual que en el caso de las vitaminas sintéticas, los/as ganaderos/as indicaron una mayor dificultad en encontrar información sobre las alternativas a antibióticos y antiparasitarios que a camas/lecho, independientemente de la categoría productiva de la explotación. Por otro lado, los principales problemas identificados por los ganaderos en sus respectivas explotaciones difirieron entre las categorías productivas de la explotación.

En las explotaciones de rumiantes, la mamitis fue la más seleccionada, lo que era esperable ya que es una patología percibida como uno de los principales problemas en las explotaciones lecheras (Hovi *et al*., 2003), tanto en producción ecológica como en convencional (Sutherland *et al*., 2013). Y, más recientemente, se ha estimado en explotaciones españolas de vacuno lechero una prevalencia del 58 % de mediana de mamitis subclínica (Krieger *et al*., 2017). Así mismo, una elevada proporción de productores de rumiantes indicaron los parásitos internos como un problema importante (Sutherland *et al*., 2013; Escobar, 2016). En el caso de productores de monogástricos, nos encontramos con problemas de piel, enfermedades pre-gástricas o gastrointestinales/diarrea y problemas de comportamiento como los más seleccionados. La infestación por parásitos, que suele ser frecuentes en la producción ecológica de aves y porcino al tener los animales acceso habitual al exterior (Kijlstra y Eijck, 2006), podría ser la causa de las enfermedades pre-gástricas o gastrointestinales/diarrea indicadas por los ganaderos participantes en la encuesta. Los problemas de comportamiento, como el picaje de las plumas en las aves, sigue siendo un problema en producción ecológica, ya que está prohibido el corte del pico, y es frecuente la infestación por ácaros (*Dermanyssus gallinae)*, coccidia (*Eimeria* spp.) y nemátodos gastrointestinales (Zeltner y Maurer, 2009).

Aunque pocos productores indicaron haber tratado alguno de los problemas sanitarios, todavía se aprecia un mayor uso de tratamientos convencionales que de tratamientos alternativos (fitoterapia o/y homeopatía) o/y probióticos. Ello estaría en línea con los resultados obtenidos en el Norte de España en explotaciones de vacuno lechero por Orjales *et al.* (2016), donde solo el 32 % indicó la utilización de tratamientos alternativos (fitoterapia y homeopatía). Muchos productos naturales o extractos vegetales se comercializan como aditivos alimentarios y en ocasiones se utilizan sin la supervisión de un veterinario, lo que dificulta evaluar su impacto en los animales (Fernández González *et al*., 2015). Por lo tanto, el reducido uso de la fitoterapia en comparación con los tratamientos convencionales podría estar unido a la falta de confianza en su eficacia (Fernández González *et al*., 2015). De todas formas, la aplicación de tratamientos alternativos por parte de los participantes sobrepasó el 50 % frente algunas patologías como son los problemas de la piel y las enfermedades pre-gástricas o gastrointestinales/diarrea. A pesar de que la mamitis fue una de las patologías más indicadas por los/as participantes, el uso exclusivo de tratamientos alternativos aún está por debajo del 30 %, siendo estos mayoritariamente remedios fitoterapéuticos. Aunque en nuestro estudio los productores mostraron una mayor preferencia por la fitoterapia que por la homeopatía, en el estudio de Orjales *et al.* (2016) se observó lo contrario. Se ha sugerido la falta de tradición de la homeopatía en medicina humana en España como factor para explicar su reducida aplicación en ganadería en comparación con otros países Europeos (Orjales *et al.,* 2016). Sin embargo, según los resultados, parece ser que en España se dedica un mayor tiempo de observación a los animales, se realiza un examen clínico homeopático en una mayor proporción de los casos y se busca un mayor apoyo en los veterinarios en la aplicación y adquisición de productos homeopáticos respecto a otros países con mayor tradición homeopática (Keller *et al.,* 2019).

A pesar de que existe una gran variedad de especies de plantas que potencialmente se pueden utilizar para el tratamiento de enfermedades del ganado en la Unión Europa, muy pocas están registradas para su uso (Mayer *et al.*, 2014). Parece ser que las principales barreras en la aplicación práctica de la fitoterapia en ganadería en Europa (incluida España) se debe a deficiencias en el diseño experimental de los estudios realizados, la falta de reproducibilidad de estos mismos y estandarización de los remedios fitoterapéuticos evaluados, la preocupación sobre el coste-beneficio de su uso, la falta de formación de los veterinarios respecto al uso de estos productos y la escasa disponibilidad de datos (Blanco-Penedo *et al.*, 2018; Tamminen *et al.*, 2018). Todas estas consideraciones explicarían el bajo número de participantes que indicaron el uso de tratamientos alternativos en la encuesta.

Por otro lado, los/as participantes identificaron a los veterinarios como una de las principales fuentes de información sobre el uso de productos naturales o extractos vegetales, lo que estaría en línea con los resultados observados en porcino y avicultura en el proyecto Europeo IMPRO (Fernández González *et al.*, 2015). Junto con los veterinarios, internet fue otra de las principales fuentes de información sobre el uso de productos naturales o extractos vegetales. Aunque este medio de información podría estar sobrerrepresentado al haber conducido la encuesta de manera online, también podría tratarse de una característica del sector ganadero ecológico por el tipo de perfil de los productores (jóvenes y mayor nivel formativo; Padel, 2001).

Otras preocupaciones de los/as ganaderos/as ecológicos

Las mayores preocupaciones de los/as ganaderos/as están estrechamente relacionadas con el coste-beneficio, la importancia para los productores de la comercialización de los productos ecológicos, y la rentabilidad de la explotación. Así como, la relevancia de los costes de producción (explotaciones de rumiantes y de monogástricos), el acceso al mercado ecológico (explotaciones de rumiantes) y la disponibilidad de terreno (explotaciones de monogástricos) a la hora de convertirse en productores ecológicos. La mayor preocupación en explotaciones de rumiantes sobre el acceso al mercado ecológico frente a las de monogástricos, podría explicarse por el menor porcentaje de la producción vendida como ecológica en las explotaciones de rumiantes –aún y siendo producida la totalidad de su producción cumpliendo con la normativa de ecológico–, la mayor diversidad de canales de distribución indicados por los ganaderos de rumiantes y la mayor proporción de venta a la industria alimentaria por parte de las explotaciones de rumiantes. Resultados en línea con los datos presentados por Perea *et al.* (2014), donde observaron que solo el 40,6 % de las explotaciones de bovino españolas encuestadas vende sus terneros en el mercado ecológico.

Los tres canales de comercialización más seleccionados fueron la venta directa en la propia explotación, la venta a la industria agroalimentaria y la venta en mercados locales. Los circuitos cortos de comercialización (venta directa, mercados locales e internet) son aquellos en los que no hay intermediario (o solo uno) entre productor y consumidor, y son característicos del mercado ecológico de países del área mediterránea (López García *et al.*, 2015). Por otro lado, la venta a la industria agroalimentaria es una característica de los países del norte de Europa (López García *et al.*, 2015). El posicionamiento en cuarto lugar de la venta por internet observado en nuestra encuesta podría estar influido por el tipo de encuesta llevada a cabo, tal y como se ha señalado previamente. De todas formas, la venta por internet sugiere que las explotaciones

ecológicas buscan ampliar su mercado sin perder el contacto con el consumidor final, así como añadir valor a sus productos mediante el marketing directo (Orsini *et al.*, 2018).

Conclusiones

Se desprende de las respuestas obtenidas, que los motivos éticos son un punto clave en la toma de decisión para realizar la transición a ecológico, así como los temas relacionados con el coste-beneficio de su actividad ganadera. Ahora bien, como productores ecológicos, sus preocupaciones se centran más en la alimentación, bienestar y salud del animal. Según las respuestas obtenidas, parece ser que los ganaderos ecológicos no suelen tener importantes problemas sanitarios en sus explotaciones que necesiten de la administración de tratamientos antibióticos. Sin embargo, a pesar de que los ganaderos indicaron cierta confianza en el uso de la fitoterapia, aún hay una fuerte preferencia por los tratamientos convencionales. También se extrae de la encuesta, que la gran mayoría de los productores ecológicos no utilizan aditivos vitamínicos en la alimentación de sus animales, aunque sería necesario conocer el origen y composición de los piensos ecológicos para tener una visión más completa sobre este aspecto. Así mismo, se identificó la paja como el material más utilizado para las camas/lecho de los animales, lo que crea dudas sobre el origen ecológico de la misma para satisfacer su demanda. Finalmente, se observó que las explotaciones ecológicas suelen utilizar varios canales para comercializar su producción, especialmente aquellos que permiten una mayor proximidad entre el productor y el consumidor. En base a estos resultados parece necesario seguir trabajando en la implementación en las granjas ecológicas de la fitoterapia para reducir el uso de antibióticos, trabajar y formar a los veterinarios para que prácticas más acordes con la ganadería ecológica se implementen en las granjas, y encontrar la forma de mejorar la comercialización de los productos ecológicos para garantizar la rentabilidad de este tipo de ganadería.

Agradecimientos

Este proyecto ha recibido fondos del programa de investigación e innovación Horizon 2020 de la Unión Europea en virtud del acuerdo de subvención No [774340 – Organic-PLUS]. Estos resultados no habrían sido posible sin la ayuda de todos los ganaderos que han participado en la encuesta, así como de diversos entes y personas vinculadas a la producción ganadera que han contribuido a la difusión de la encuesta. La página web de algunos de los ganaderos que han participado se encuentra disponible en la web del proyecto Organic-PLUS (https://organic-plus.net/farming-partners/). También queremos agradecer a Ramón Costa, Director del Servei de Granges i Camps Experimentals de la UAB (Bellaterra, España) por sus sugerencias al cuestionario, y a Lídia Domínguez Clavería (Barcelona, España) por la revisión del castellano del cuestionario final.

Referencias bibliográficas

Blanco-Penedo I, Fernández González C, Tamminen L, Sundrum A, Emanuelson U (2018). Priorities and future actions for an effective use of phytotherapy in livestock–Outputs from an expert workshop. Frontiers in Veterinary Science 4: 248. https://doi.org/10.3389/fvets.2017.00248

Blanco-Penedo I, Sjöström K, Jones P, Krieger M, Duval J, van Soest F, Sundrum A, Emanuelson U (2019). Structural characteristics of organic dairy farms in four European countries and their association with the implementation of

animal health plans. Agricultural Systems 173: 244-253. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.03.008

Busch G, Kassas B, Palma MA, Risius A (2020). Perceptions of antibiotic use in livestock farming in Germany, Italy and the United States. Livestock Science 241: 104251. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104251

Daikeler J, Bošnjak M, Manfreda K (2020). Web versus other survey modes: An updated and extended meta-analysis comparing response rates. Journal of Survey Statistics and Methodology 8: 513-539. https://doi.org/10.1093/jssam/smz008

Dillman DA (2007). Mail and internet surveys: the tailored design method, 2nd Ed. John Wiley & Sons Inc, NJ, EE. UU. 523 pp.

Dufour S, Barkema HW, DesCôteaux L, DeVries TJ, Dohoo IR, Reyher K, Roy JP, Scholl DT (2010). Development and validation of a bilingual questionnaire for measuring udder health related management practices on dairy farms. Preventive Veterinary Medicine 95: 74-85. https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2010.02.018

Escobar EN (2016). A review on the use of herbs and spices as alternative compounds to manage helminthosis in small ruminants. Journal of Livestock Science 7: 244-249.

European Commission (2009). Reglamento (CE) No 767/2009 del parlamento Europeo y del Consejo de 13 Julio 2009 sobre la comercialización y la utilización de los piensos, por el que se modifca el Reglamento (CE) No 1831/2003 y se derogan las Directivas 79/373/CEE del Consejo, 80/511/CEE de la Comisión, 82/471/CEE del Consejo, 83/228/CEE del Consejo, 93/74/CEE del Consejo, 93/113/CE del Consejo y 96/25/CE del Consejo y la Decisión 2004/217/CE de la Comisión. Official Journal of the European Union 229: 1-28.

European Commission (2016). Facts and figures on organic agriculture in the European Union, Agricultural and Rural Development, 45 pp. Disponible en: https://ec.europa.eu/agriculture/rica/pdf/Organic_2016_web_new.pdf (Consultado: 10 febrero 2020).

Fan W, Yan Z (2010). Factors affecting response rates of the web survey: a systematic review. Computers in Human Behaviour 26: 132-139. https://doi.org/10.1016/j.chb.2009.10.015

Fernández González C, Blanco-Penedo I, Velarde A (2015). D9.4 – Report on the preconditions for an effective use of phytotherapy in pig and poultry production. IMPRO project, 49 pp. Disponible en: http://www.impro-dairy.eu/images/deliverables/IMPRO_D9.4_preconditions_phytotherapy_PU.pdf (Consultado: 23 septiembre 2020).

FiBL (2020). FiBL Statistics - Statistics. Disponible en: https://statistics.fibl.org/ (Consultado: 10 febrero 2020).

García Romero C, Bidarte Iturri A (2004). Manejo sanitario en ganadería ecológica. Ganadería ecológica 6: 16-22.

García Romero C, Mata Moreno C (2005). La ganadería ecológica en españa. Ganadería 36: 14-19.

Hovi M, Sundrum A, Thamsborg S (2003). Animal health and welfare in organic livestock production in Europe: current state and future challenges. Livestock Production Science 80: 41-53. https://doi.org/10.1016/S0301-6226(02)00320-2

INE (2019a). Resumen de datos de Personas por sexo, características socioeconómicas y tipo de uso de TIC. Disponible en: https://www.ine.es/jaxi/Datos.htm?path=/t25/p450/base_2011/a2019/l0/&file=01003.px (Consultado: 10 febrero 2020).

INE (2019b). Productos y Servicios / Publicaciones / Productos y Servicios / Publicaciones / Publicaciones de descarga gratuita. 2 December 2019. Disponible en: https://www.ine.es/ss/Satellite?L=es_ES&c=INESeccion_C&cid=1259925528782&p=1254735110672&pagename=ProductosYServicios%2FPYSLayout (Consultado: 10 febrero 2020).

Keller D, Blanco-Penedo I, De Joybert M, Sundrum A (2019). How target-orientated is the use of homeopathy in dairy farming? – A survey in France, Germany and Spain. Acta Veterinaria Scandinavica 61: 30. https://doi.org/10.1186/s13028-019-0463-3

Kemp S (2019). Digital 2019: Spain. 31 January 2019. Disponible en: https://datareportal.com/reports/digital-2019-spain (Consultado: 1 febrero 2020).

Kijlstra A, Eijck IAJM (2006). Animal health in organic livestock production systems: a review. NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences 54: 77-94.

Krieger M, Sjöström K, Blanco-Pened I, Madouasse A, Duval JE, Bareilled N, Fourichon C, Sundrum A, Emanuelson U (2017). Prevalence of production disease related indicators in organic dairy herds in four European countries. Livestock Science 198: 104-108. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.02.015

Lockeretz W (Ed) (2007). Organic farming an international history. Cromwell Press, Oxfordshire, United Kingdom, 295 pp.

López García D, Valle J, Velázquez S (2015). Híbridas y multicanal. Estrategias alternativas de distribución para el mercado español de alimentos ecológicos hortofrutícolas. Revista Española Estudios Agrosociales y Pesqueros 241: 49-80.

Manuelian CL, Penasa M, da Costa L, Burbi S, Righi F, De Marchi M (2020). Organic livestock production: a bibliometric review. Animals 10: 618. https://doi.org/10.3390/ani10040618

MAPA (2019). Avance del Anuario de estadística ministerio de agricultura, pesca y alimentación 2019. Subsecretaría de agricultura, pesca y alimentación, 740 pp.

Mayer M, Vogl CR, Amorena M, Hamburger M, Walkenhorst M (2014). Treatment of organic livestock with medicinal plants: A systematic review of European ethnoveterinary research. Forschende Komplementärmedizin 21: 375-386. https://doi.org/10.1159/000370216

Orjales I, López-Alonso M, Rodríguez-Bermúdez R, Rey-Crepo F, Villar A, Miranda M (2016). Use of homeopathy in organic dairy farming in Spain. Homeopathy 105: 102-108. https://doi.org/10.1016/j.homp.2015.08.005

Organic-PLUS (2020). Pathways to phase-out contentious inputs from organic agriculture in Europe. Disponible en: https://organic-plus.net/ (Consultado: 15 diciembre 2020).

Orsini S, Padel S, Lampkin N (2018). Labour use on organic farms: a review of research since 2000. Organic Farming 4: 7-15. https://doi.org/10.12924/of2018.04010007

Padel S (2001). Conversion to organic farming: a typical example of the diffusion of an innovation? Sociologia Ruralis 41: 40-61. https://doi.org/10.1111/1467-9523.00169

Perea J, Blanco-Penedo I, Barba C, Angón E, García A (2014). Organic beef farming in Spain: Typology according to livestock management and economic variables. Revista Científica FCV-LUZ 24: 347-354.

Sutherland MA, Webster J, Sutherland I (2013). Animal health and welfare issues facing organic production systems. Animals 3: 1021-1035. https://doi.org/10.3390/ani3041021

Tamminen L, Emanuelson U, Blanco-Penedo I (2018). Systematic review of phytotherapeutic treatments for different farm animals under European Conditions. Frontiers in Veterinary Science 5: 140. https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00140

Willer H, Schlatter B, Trávnícek J, Kemper L, Lernoud L (Eds.) (2020). The world of organic agriculture: statistics and emerging trends 2020. Research Institute of Organic Agriculture (FiBL), Frick, and IFOAM – Organics International, Bonn, Germany.

Zeltner E, Maurer V (2009). Welfare of organic poultry. Proceedings of 8th Poultry Welfare Symposium, 18-22 de mayo, Cervia, Italia, pp. 104-112.

(Aceptado para publicación el 17 de diciembre de 2020)

Conocimiento y percepción sobre técnicas de riego deficitario controlado por parte de agricultores y técnicos agrarios del sudeste español

David Martínez-Granados* y Javier Calatrava

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Universidad Politécnica de Cartagena, Paseo Alfonso XIII 48, 30203 Cartagena, Murcia, España

Resumen

Este trabajo evalúa el grado de conocimiento que agricultores y técnicos asesores agrarios del sudeste español tienen sobre el uso de técnicas de riego deficitario controlado en cultivos leñosos, así como su percepción sobre sus ventajas e inconvenientes y el potencial para su difusión a mayor escala en la agricultura de la zona. Para ello, se ha realizado un sondeo a agricultores y técnicos agrarios de la Región de Murcia que han participado en diferentes actividades de formación sobre manejo eficiente del riego en cultivos leñosos, tanto antes como después de su participación en las mismas. Los resultados obtenidos muestran el reducido nivel de conocimiento y experiencia que los agricultores y técnicos encuestados tienen sobre este tipo de técnicas, y cómo un mayor conocimiento de las mismas puede incrementar su nivel de difusión en el regadío de la zona de estudio. Asimismo, muestran como existe un notable potencial para la difusión de estrategias sostenibles de riego basadas en técnicas de riego deficitario controlado que puedan sustituir a las prácticas convencionales en la zona, si bien se requieren notables esfuerzos de formación e información, así como la existencia de servicios de asesoramiento y soporte técnico efectivos.

Palabras clave: Adopción de tecnologías, ahorro de agua, estrategias de riego, cultivos leñosos.

Farmers' and agricultural technical advisors' knowledge and perceptions about regulated deficit irrigation techniques in SE Spain

Abstract

This paper assesses the level of knowledge about the use of regulated deficit irrigation strategies in woody crops of both farmers and agricultural technical advisors in south-east Spain, as well as their perceptions about these strategies' advantages and disadvantages and the potential for its diffusion in the area's agriculture. To this end, a survey was carried out among farmers and technical advisors of the Spanish Murcia Region, attending different training courses about efficient management of irrigation, both before and after their participation in such activities. The results obtained show that the surveyed farmers and technical advisors have little knowledge and experience about the use of these irrigation techniques, and how a greater and improved knowledge can increase their diffusion in the irrigated agriculture of the study area. It is also shown that there is a notable potential for the diffusion of sustainable irrigation strategies, based on regulated deficit irrigation techniques that can substitute conventional irrigation practices used in the area. However, this requires important efforts to provide information and training, as well as the existence of effective technical support and advisory services.

Keywords: Irrigation strategies, technology adoption, water saving, woody crops.

* Autor para correspondencia: david.martinez@upct.es

Cita del artículo: Martínez-Granados D, Calatrava J (2021). Conocimiento y percepción sobre técnicas de riego deficitario controlado por parte de agricultores y técnicos agrarios del sudeste español. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 117(4): 415-435. https://doi.org/10.12706/itea.2020.036

Introducción

El sudeste de España es una de las regiones con mayor escasez de agua de toda Europa. La elevada rentabilidad de la actividad agrícola, unida a unas condiciones climáticas semiáridas, hace que la demanda supere con mucho a la disponibilidad de recursos hídricos. En el caso de la cuenca del Segura, la situación de escasez estructural existente (CHS, 2015) ha traído consigo la movilización de todas las fuentes de suministro disponibles en la cuenca, incluyendo un elevado nivel de reutilización de las aguas residuales y el reciente recurso a la desalinización de agua de mar (Martínez-Álvarez *et al.*, 2017; Melgarejo-Moreno *et al.*, 2019). Asimismo, ha incentivado la adopción generalizada de modernos sistemas de riego presurizado (riego por goteo, fertirrigación, sistemas de riego automatizado, etc.) que alcanzan el 75 % de la superficie regable de la cuenca del Segura, siendo este porcentaje cercano al 100 % en el regadío no tradicional (CHS, 2015). En paralelo, se ha producido la modernización de gran parte de las infraestructuras de distribución de agua, buscando maximizar la eficiencia en el uso del agua (Soto-García *et al.*, 2013).

Sin embargo, y pese al elevado grado de difusión de las más modernas tecnologías de riego en los sistemas agrícolas del sudeste español, el potencial de ahorro de agua no está completamente desarrollado, existiendo todavía margen para mejorar la eficiencia de las prácticas de riego. Frente a las consecuencias previstas del cambio climático en la zona, con escenarios que prevén una reducción del 5 % de la media de las aportaciones hídricas en régimen natural (CHS, 2015), la adopción de tecnologías de riego y de estrategias de manejo del agua de riego que permitan reducir el consumo de agua se postulan como instrumentos de adaptación con gran potencial para garantizar la continuidad de la actividad agraria en el sudeste español (García Brunton *et al.*, 2003; Ruiz-Sanchez *et al.*, 2010; Ward, 2014).

En este sentido, una de las opciones con mayor potencial para mejorar la sostenibilidad del regadío es el Riego Deficitario Controlado (RDC) (Chalmers *et al*., 1981). Las estrategias de RDC se basan en reducir el volumen de agua aplicado al cultivo durante los períodos fenológicos no críticos, cubriendo las necesidades de agua de la planta durante los períodos críticos, y sin que afecte a los rendimientos y a la calidad de la producción (Fereres y Soriano, 2007; Conesa *et al.*, 2015 y 2016). Durante las últimas dos décadas, numerosos trabajos han desarrollado y analizado la aplicación de estrategias de riego deficitario controlado en muy diversos cultivos leñosos y sistemas agrícolas. El consenso general en la literatura sobre el tema es que las estrategias de RDC mejoran la gestión del agua de riego, permitiendo un ahorro significativo de agua y manteniendo los rendimientos (Ruiz-Sanchez *et al*., 2010; Galindo *et al.*, 2018). También reducen el consumo de energía y de agroquímicos. Asimismo, aumentan y/o adelantan la floración, mantienen o incluso mejoran el contenido de sólidos solubles de la fruta y, por tanto, su calidad, mejorando además su conservación postcosecha (Domingo Miguel *et al.*, 2001; Pérez-Pastor *et al.*, 2007 y 2009; De la Rosa *et al.*, 2016; Pérez-Sarmiento *et al.*, 2016).

Los beneficios económicos resultantes pueden ser importantes. Las estrategias de RDC reducen los costes de producción directamente relacionados con el consumo de agua, sin comprometer significativamente los rendimientos y, por lo tanto, mejoran la rentabilidad de la explotación en muy diferentes sistemas productivos (García *et al.*, 2004 y 2012; Rodrigues y Pereira, 2009; Maestre-Valero *et al.*, 2016; Egea *et al.*, 2017; Tunc *et al.*, 2019), incrementando la productividad de factores de producción como el agua y energía (Nakawuka *et al.*, 2017), y permitiendo al agricultor maximizar la rentabilidad de un recurso escaso como el agua (Expósito y Ber-

bel, 2016). En consecuencia, las estrategias de RDC se postulan como una herramienta eficaz para la adaptación de los agricultores al cambio climático, pero también para su mitigación, ya que permiten reducir la aplicación de agua a los cultivos, el uso de agroquímicos y el consumo de energía y las emisiones de CO_2 asociadas, además de incrementar el potencial de los suelos para la fijación de carbono (Zornoza *et al.*, 2016).

Pese a todos estos beneficios, las estrategias de RDC apenas han dado el salto desde las parcelas experimentales a las explotaciones comerciales, siendo su nivel de adopción bastante reducido, sin que existan trabajos que hayan abordado las posibles razones. No existen tampoco investigaciones que analicen la adopción de diferentes estrategias de riego, aunque sí que hay una abundante literatura a nivel mundial que aborda el análisis de los factores que influyen en la adopción de tecnologías de riego, centrada principalmente en la adopción de sistemas de riego presurizado, diferenciándose entre factores institucionales, físicos y agro-climáticos, individuales y socioeconómicos (Feder y Umali, 1993).

Aunque las características que determinan la decisión de adoptar tecnologías de riego más eficientes suelen ser específicas de cada caso, sí que hay factores que aparecen de manera recurrente como claves en dicha adopción. El más evidente es la escasez de agua, siendo también un factor de relevancia su nivel de garantía de suministro (Negri y Brooks, 1990; Dinar *et al.*, 1996), lo que no depende solo de variables climáticas sino especialmente de aspectos institucionales como las políticas de gestión de los recursos hídricos (Ward, 2014; Olen *et al.*, 2016). Factores agroclimáticos, como un régimen de precipitaciones desigual y/o escaso, mayores temperaturas y terrenos con mayor pendiente y una peor calidad del suelo, suelen favorecer la adopción de tecnologías de ahorro de agua de riego (Caswell y Zilberman, 1986; Nieswiadomy, 1988), mientras que, entre los factores individuales que suelen favorecer dicha adopción, destacan el nivel educativo y formativo de los agricultores, así como su pertenencia a cooperativas y otras asociaciones profesionales (Abdulai *et al.*, 2011; Dai *et al.*, 2015).

Entre los factores socioeconómicos, destacan el tipo de cultivo, su rentabilidad relativa y la disponibilidad y precio de factores de producción, como el agua, la mano de obra y la energía (Abdulai *et al.*, 2011; Dai *et al.*, 2015). Otros factores económicos claves para la adopción de innovaciones que, como los sistemas de riego, supongan una notable inversión, son el acceso al crédito y el coste del capital (Lichtenberg, 1989) y la existencia de subvenciones para su adquisición (Olen *et al.*, 2016). El tamaño de la explotación puede ser también un factor de relevancia por estar frecuentemente relacionado con la existencia de economías de escala y con un mayor acceso al crédito y a sistemas de asesoramiento técnico (Feder, 1980).

En cuanto a la influencia del acceso a la información, se trata de un factor clave en la adopción de cualquier innovación tecnológica (Rogers, 1962), que, en el fondo, es el resultado de un proceso dinámico de toma de decisiones que incluye el aprendizaje mediante la obtención de información y la experimentación (Feder *et al.*, 1985). La facilidad para acceder a sistemas de asesoramiento técnico y a redes de conocimiento, tanto formales como informales, se postula como un factor determinante para la adopción (Dai *et al.*, 2015), sin olvidar por ello la importancia de los factores económicos (Nowak, 1987). El acceso a información con respecto a la tecnología permite conocer las ventajas comparativas que ésta supone. Sin embargo, no debe olvidarse que lo decisivo no es tanto que la innovación suponga una ventaja competitiva objetiva para el agricultor como que éste la perciba como ventajosa (Rogers, 1995). Cobra importancia, por tanto, conocer cómo perci-

ben los agricultores tanto las ventajas de una tecnología como las dificultades que pueda suponer su uso. Una innovación que se perciba como compleja de utilizar y que presente riesgos asociados a su uso puede ver como sus supuestas ventajas objetivas no se materialicen, dificultando o incluso imposibilitando su difusión (Adesina y Zinnah, 1993).

La mejora de las prácticas de riego cuando ya se dispone de sistemas de riego presurizado no requiere grandes inversiones en capital productivo (tecnologías de riego), pero sí de un notable esfuerzo en formación y asesoramiento técnico, ya que la aplicación adecuada del agua a los cultivos durante cada período fenológico requiere un control preciso del estado hídrico de planta y suelo. La adopción de estrategias de riego innovadoras que permitan ahorrar agua requiere que los agricultores las conozcan, que las perciban como potencialmente aplicables y que perciban sus beneficios con respecto a sus prácticas actuales, lo que requiere de sistemas adecuados de información y asesoramiento técnico (Levidow *et al.*, 2014).

En este sentido, el primer objetivo de este trabajo es evaluar cualitativamente el grado de conocimiento que agricultores y técnicos asesores agrarios tienen sobre las técnicas de riego deficitario controlado en cultivos leñosos, así como su percepción sobre sus ventajas e inconvenientes y el potencial para su difusión a mayor escala. Puesto que las principales fuentes de información técnica para los agricultores suelen precisamente ser otros agricultores y diferentes servicios de asesoramiento técnico, generalmente de índole privada o cooperativa, se asume en este trabajo que las opiniones y percepciones de estos grupos de interés sobre las estrategias de RDC serán un buen indicador cualitativo de su potencial de adopción y difusión entre los agricultores de la zona. En relación con este primer objetivo, la hipótesis de partida es que, pese al notable esfuerzo investigador en la materia, uno de los factores que explicaría el reducido grado de difusión en la práctica del riego deficitario controlado es la falta de conocimiento sobre el mismo. De confirmarse esta hipótesis, la siguiente sería asumir que actividades de difusión y capacitación dirigidas a agricultores y técnicos podrían fomentar un mayor uso de prácticas de riego más sostenibles basadas en técnicas de riego deficitario controlado. El segundo objetivo de este trabajo sería, por lo tanto, evaluar cualitativamente el impacto de actividades de formación concretas sobre el conocimiento y las percepciones de los participantes en las mismas acerca del uso de estrategias de riego deficitario controlado, y evaluar si actividades adecuadas de diseminación de conocimiento pueden incrementar el potencial de difusión de estrategias innovadoras de riego en el regadío de la zona. Para ello, se presentan los resultados de una encuesta realizada entre agricultores y técnicos agrarios de la Región de Murcia que han participado en diferentes actividades de formación sobre manejo eficiente del riego en cultivos leñosos. Se trata del primer estudio, al menos que los autores conozcan, que evalúa el grado de conocimiento y percepción de los usuarios finales acerca de las ventajas e inconvenientes del uso de estrategias de riego deficitario controlado.

Material y métodos

Para la consecución de los objetivos planteados en este trabajo, se realizó un sondeo entre agricultores y técnicos agrarios de la Región de Murcia mediante un cuestionario diseñado a tal fin. Puesto que los objetivos del trabajo incluían, no solamente evaluar el grado de conocimiento y percepción de los encuestados acerca de las técnicas de riego deficitario controlado, sino también evaluar en qué medida actividades de formación so-

bre dicha materia pueden modificar dicho conocimiento e incrementar el potencial para la difusión de este tipo de prácticas, la encuesta se realizó entre los asistentes a diferentes actividades de formación realizadas en el marco del proyecto LIFE+ IRRIMAN (*Implementation of efficient irrigation management for a sustainable agriculture*), a los que se sondeó tanto antes como después de su participación en estas actividades.

El objetivo del proyecto LIFE+ IRRIMAN es aplicar, demostrar y difundir tecnologías y estrategias de riego sostenible para promover su aceptación y uso a gran escala en diversos cultivos leñosos de sistemas agrícolas mediterráneos. Las actividades del proyecto se centran en los siguientes cultivos leñosos: melocotonero, albaricoquero, nectarino, paraguayo, uva de mesa, almendro, peral y olivo. Dentro de las actividades del proyecto, se incluían actividades de comunicación y difusión, dirigidas a demostrar los beneficios agronómicos, económicos y ambientales de estrategias de riego sostenible, así como su factibilidad mediante la aplicación de la tecnología y las directrices de programación de riego necesarias. El núcleo de las actividades de difusión del proyecto eran una serie de seminarios técnicos y cursos de formación sobre manejo eficiente del riego en cultivos leñosos dirigidos a agricultores y asesores técnicos agrícolas.

El cuestionario utilizado en el estudio consta de tres partes. La primera parte busca recoger información sobre los cultivos con los que cada encuestado tiene experiencia (bien sea como productor o como asesor técnico), los criterios y la tecnología que utiliza para tomar decisiones sobre el manejo del riego, su formación agrícola, su uso de servicios de asesoramiento de riego y su conocimiento y experiencia previa con técnicas de RDC. La segunda parte del cuestionario pregunta sobre la percepción que los encuestados tienen de las ventajas e inconvenientes del RDC. Las dos primeras partes del cuestionario se realizaron antes de que el encuestado participase en la actividad de formación.

En días posteriores, una vez finalizada cada actividad de formación, se realizaba la tercera parte del cuestionario, en la que se pide a los participantes que evalúen cualitativamente la mejora de sus conocimientos acerca de las estrategias de RDC y que opinen sobre la viabilidad de la aplicación práctica de las estrategias de riego que se les han mostrado, procediéndose finalmente a repetir la segunda parte de la encuesta. La evolución de su opinión acerca de las estrategias de RDC tras participar en las actividades de formación sirve como medida del impacto de dichas actividades.

Antes de ejecutar el sondeo, se realizó un pre-test del cuestionario en un seminario técnico de difusión con agricultores y técnicos agrícolas de la comunidad de regantes de Campotéjar, en Molina de Segura (Murcia), que permitió validar y mejorar el cuestionario. Posteriormente, ya con el cuestionario definitivo, se encuestaron a los participantes en varios cursos de formación celebrados durante 2018 en las localidades de Molina de Segura, Torre Pacheco, Jumilla, Galifa y Cartagena, todas localizadas en la Región de Murcia. En total, se completaron 105 encuestas válidas, de las cuales 69 corresponden a agricultores (65,7 %) y 36 a técnicos agrarios (34,3 %). La edad media de los encuestados es 49 años, siendo de 52 años para los agricultores y de 43 para los técnicos. La Figura 1 muestra cómo los principales cultivos existentes en las explotaciones de los agricultores encuestados, o con los que tienen experiencia los técnicos encuestados, son los cítricos, los frutales de hueso, el almendro y el olivar, que son precisamente los predominantes en las zonas en las que se han celebrado las actividades de formación del proyecto.

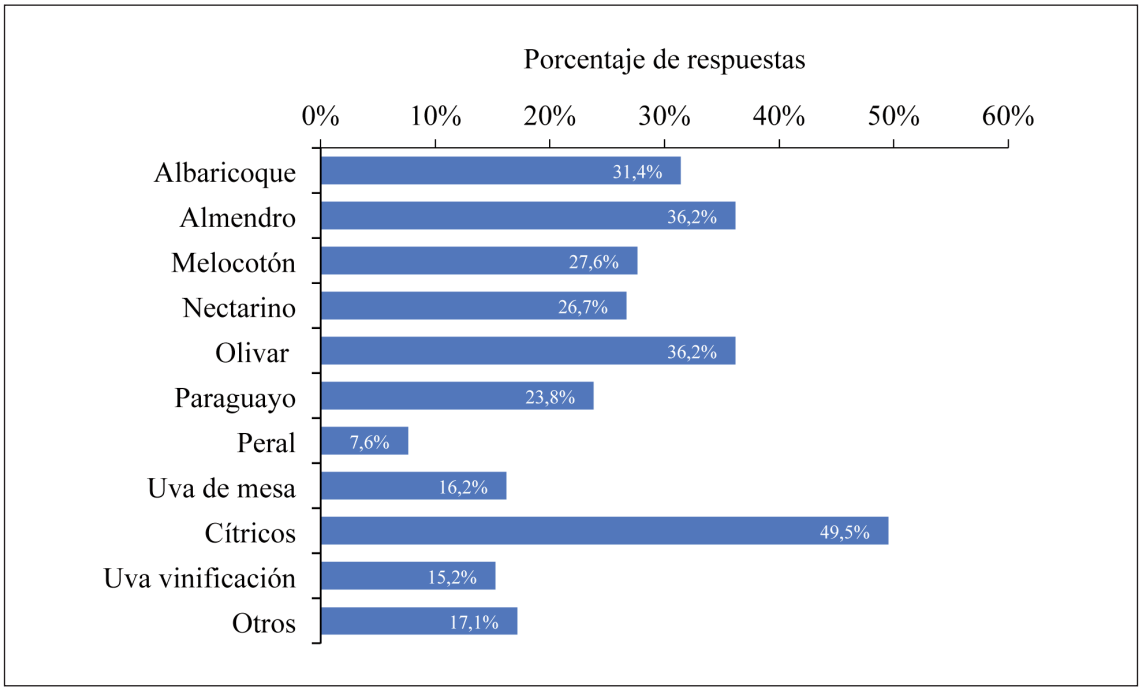


Figura 1. Porcentaje de encuestados que tienen experiencia profesional, como agricultor o técnico, con diferentes cultivos leñosos.
Figure 1. Percentage of survey respondents that have professional experience, as farmer or technical advisor, with different woody crops.

Resultados y discusión

Formación y asesoramiento sobre manejo del riego

La Tabla 1 muestra los porcentajes de las respuestas de los encuestados a las preguntas relativas a su formación agraria y fuentes de asesoramiento sobre manejo del riego. Una gran mayoría de los agricultores encuestados no tiene ninguna formación agraria reglada, sino tan solo su experiencia profesional. Uno de cada diez agricultores tiene estudios de Formación Profesional de la Rama Agraria y uno de cada veinte estudios universitarios agrarios (Ingeniero Técnico Agrícola y/o Ingeniero Agrónomo). En el caso de los técnicos, más de la mitad tiene estudios universitarios de la rama agraria, mientras que uno de cada cuatro tiene estudios de Formación Profesional de la rama agraria. En cuanto a su participación en actividades de formación continua, el 68 % afirma que asiste a cursos de formación o jornadas técnicas al menos una vez al año, porcentaje que es mayor entre los técnicos (80 %) que entre los agricultores (60 %). Sin embargo, solamente tres de cada diez encuestados afirma haber realizado con anterioridad algún curso de formación específico sobre técnicas de riego, siendo significativamente mayor esta proporción entre los técnicos agrarios (Tabla 1).

Las respuestas a la pregunta en las que se pedía a los encuestados que indicaran a qué fuentes recurren para asesorarse en materia

Tabla 1. Porcentaje de respuestas de los encuestados a las preguntas relativas a su formación agraria y fuentes de asesoramiento sobre riego.
Table 1. Percentage of responses of survey respondent to questions related to their formal agricultural training and sources of technical advice regarding irrigation management.

Pregunta	Total (n = 105)	Agricultores (n = 69)	Técnicos agrarios (n = 36)
Formación agraria reglada:			
F.P. Agraria/Capataz agrícola	15,24	10,14	25,00
Titulado universitario (rama agraria)	23,81	5,80	58,33
Frecuencia de asistencia a cursos de formación y/o jornadas técnicas:			
Nunca	13,33	17,39	5,56
Menos de una vez al año	19,05	21,74	13,89
Una vez al año	28,57	33,33	19,44
Más de una vez al año	39,05	27,54	61,11
Ha asistido alguna vez a cursos de formación sobre manejo del riego	29,52	20,29	47,22
Fuente de asesoramiento sobre el manejo del riego:			
Otros agricultores	27,62	37,68	8,33
Oficina Comarcal Agraria	7,62	5,80	11,11
Técnicos de su cooperativa	16,19	13,04	22,22
Técnicos de la com. de regantes	4,76	4,35	5,56
Técnicos de casas comerciales	28,57	31,88	22,22
Técnico asesor particular	27,62	27,54	27,78
Libros, búsquedas en internet, etc.	20,95	21,74	19,44
Otras fuentes	13,33	10,14	19,44
Nunca necesita asesoramiento	10,48	7,25	16,67

de riego ponen de manifiesto cómo los encuestados recurren a fuentes diversas, ya que la mayoría de ellos indicó varias opciones (Tabla 1). Las principales fuentes de asesoramiento sobre manejo del riego entre los agricultores son, con cierta diferencia, otros agricultores de su zona, seguidos de los técnicos de las casas comerciales y/o de un técnico privado que les asesora específicamente. Entre los técnicos agrarios destacan la consulta a otros técnicos (asesores particulares, de casas comerciales y de cooperativas). En general, uno de cada cinco encuestados recurre a la consulta de bibliografía sobre el tema o búsquedas en internet. Estos resultados avalan la importancia que el conocimiento y las percepciones de agricultores y técnicos asesores tienen a la hora de incrementar el potencial para la difusión de esta u otras innovaciones tecnológicas.

Toma de decisiones de riego

La Tabla 2 muestra las respuestas a las preguntas sobre la toma de decisiones relativas al manejo del riego. Debido a que en la fruticultura de la Región de Murcia el uso de sistemas de riego presurizado es muy elevado, no se preguntó a los encuestados sobre el sistema de riego utilizado, sino que las preguntas realizadas se centraron en tratar de determinar los criterios y uso de tecnologías para la toma de decisiones sobre el riego. Aproximadamente un 69 % de los encuestados utiliza un programador para la aplicación del agua de riego, sin diferencias significativas entre agricultores y técnicos. La gran mayoría de estos utilizan programadores por tiempo, mientras que solo un 18 % de los encuestados se apoya en el uso de sensores de pH/Conductividad y/o de estado hídrico de suelo/planta, porcentaje que es muy superior entre los técnicos (Tabla 2). Similar resultado se obtiene al respecto de los criterios utilizados por los encuestados para tomar sus decisiones de riego, ya que solo cuatro de los encuestados utilizan tensiómetros. La opción mayoritaria a la hora de tomar las decisiones de riego es guiarse por el asesoramiento de técnicos, seguida por el uso de datos climáticos y la propia experiencia (Tabla 2). Esta reducida penetración del uso de sensores para la programación del riego supone una importante barrera inicial para el uso de estrategias RDC.

Tabla 2. Porcentaje de respuestas a las preguntas sobre manejo del riego.
Table 2. Percentage of answers to questions regarding irrigation management.

Pregunta	Total (n = 105)	Agricultores (n = 69)	Técnicos agrarios (n = 36)
Utiliza programador para el control del riego:	68,57	68,12	69,44
Programador por tiempo	61,90	65,22	55,56
Con sensores de pH/conductividad eléctrica	11,43	4,35	25,00
Con sensores de estado hídrico de suelo/planta	6,67	1,45	16,67
Criterios técnicos utilizados para tomar decisiones de riego:			
A ojo, en base a mi experiencia	44,76	49,28	36,11
En base a datos climáticos	30,48	24,64	41,67
Tensiómetro	9,52	4,35	19,44
Asesoramiento técnico	40,95	44,93	33,33

Conocimiento y experiencia con el uso de técnicas de RDC

Respecto al grado de conocimiento que los encuestados tienen sobre las técnicas de riego deficitario controlado, resumido en la Tabla 3, un 37,1 % de estos desconoce en qué consisten este tipo de estrategias de riego. Este porcentaje es superior entre los agricultores (43,5 %) que entre los técnicos agrarios (25 %). El 62,9 % de los encuestados que saben lo que es el riego deficitario con-

Tabla 3. Porcentaje de las respuestas de los encuestados a las preguntas relativas a su conocimiento y experiencia con técnicas de riego deficitario controlado.
Table 3. Percentage of answers to questions related to the respondents' knowledge and experience with regulated deficit irrigation techniques.

Pregunta	Total (n = 105)	Agricultores (n = 69)	Técnicos agrarios (n = 36)
Sabe lo que son las técnicas de riego deficitario controlado	62,86	56,52	75,00
Grado de conocimiento sobre riego deficitario controlado en cultivos leñosos:			
Nulo	37,14	43,48	25,00
Bajo	40,95	39,13	44,44
Medio	14,29	13,04	16,67
Alto	7,62	4,35	13,89
Tiene experiencia en el uso de técnicas de riego deficitario controlado:			
No	77,14	84,06	63,89
Sí, las he utilizado alguna vez	14,29	8,70	25,00
Sí, las utilizo de manera habitual	8,57	7,25	11,11
Mejora del conocimiento sobre técnicas de RDC tras participar en el curso de formación:			
No ha aprendido nada nuevo	0,95	0,00	2,78
He aprendido algo más de lo que sabía	31,43	33,33	27,78
He aprendido bastante más	50,48	46,38	58,33
He aprendido mucho más	17,14	20,29	11,11

trolado se reparte entre un 41 % que reconoce tener un grado de conocimiento bajo sobre el tema, un 14,3 % que manifiesta tener un grado de conocimiento medio y un 7,6 % que considera que es alto. De nuevo, estos porcentajes son superiores entre los técnicos agrarios. En cuanto a la experiencia con el uso de técnicas de riego deficitario controlado, un 22,9 % de los encuestados manifiesta que tiene experiencia en su uso, de los que menos de la mitad (un 8,6 % de los encuestados) las utiliza de manera habitual en su actividad profesional (Tabla 3). Los encuestados que manifiestan tener alguna experiencia práctica con el uso de técnicas de RDC coinciden con los que manifiestan tener un conocimiento medio o alto sobre el tema. Estos resultados sugieren que un factor detrás del reducido nivel de difusión del RDC puede efectivamente ser el reducido nivel de conocimiento existente entre agricultores y técnicos.

Posteriormente, tras su participación en la actividad de formación correspondiente, se pidió a los encuestados que evaluasen cómo había mejorado su conocimiento sobre estrategias de riego deficitario controlado tras realizar dicha actividad. A este respecto, más de dos tercios de los encuestados manifestó

haber aprendido bastante o mucho más de lo que sabía sobre el tema (Tabla 3). Tan solo uno de los técnicos participantes afirmó no haber aprendido nada nuevo.

Percepción sobre las técnicas de riego deficitario controlado

La Figura 2 muestra cuales son, a juicio de los encuestados, las principales ventajas de las técnicas de riego deficitario controlado, preguntadas tanto antes como después de que éstos participen en la actividad de formación correspondiente, mientras que la Figura 3 muestra la misma información para los posibles inconvenientes. La principal ventaja, con mucha diferencia, para los encuestados en su conjunto (Figura 2) es la posibilidad de reducir el consumo de agua manteniendo la producción, seguida por la de reducir el consumo de agua (sin indicar si manteniendo o no la producción). Porcentajes menores de respuestas obtienen las ventajas de permitir reducir el consumo de energía y de permitir mejorar la calidad de la fruta. Ninguno de los encuestados piensa que no tengan ninguna ventaja. En cuanto a sus posibles inconvenientes (Figura 3), el principal es su dificultad de realización sin asesoramiento técnico, seguido por los posibles daños que a largo plazo se pueden causar en los árboles.

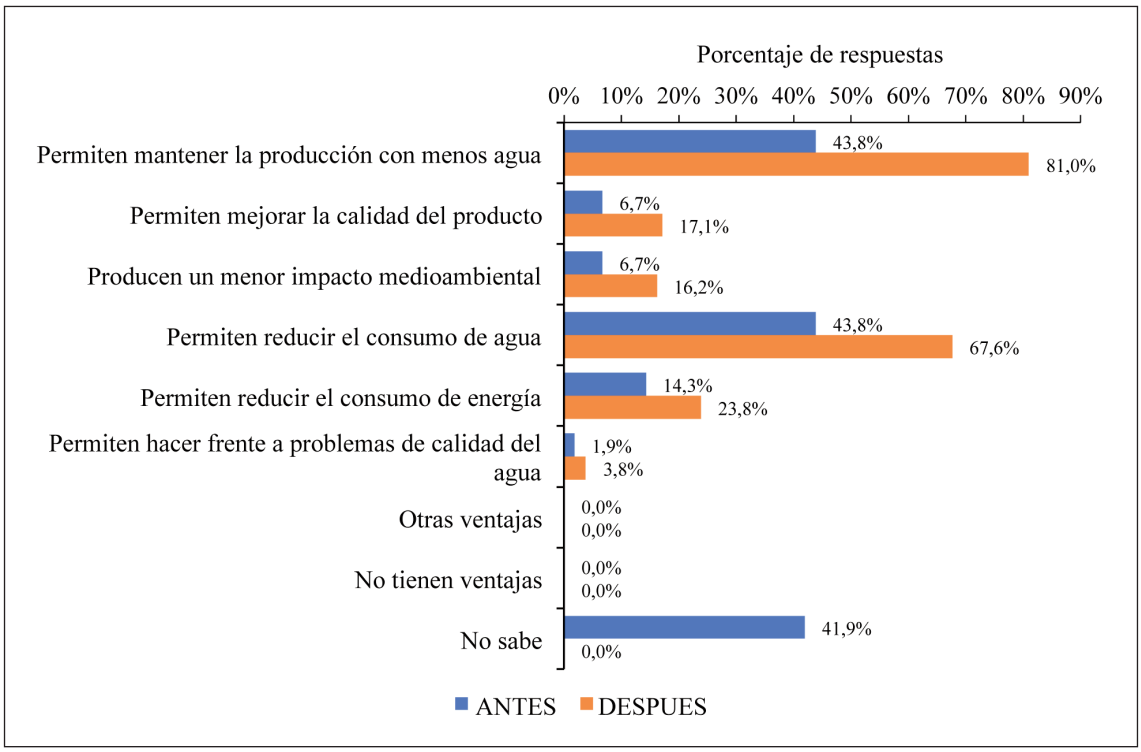


Figura 2. Porcentaje de encuestados que seleccionan cada una de las posibles ventajas de las técnicas de riego deficitario, antes y después de las actividades de formación.
Figure 2. Percentage of respondents that select each possible advantage of regulated deficit irrigation strategies, both before and after participating in training activities.

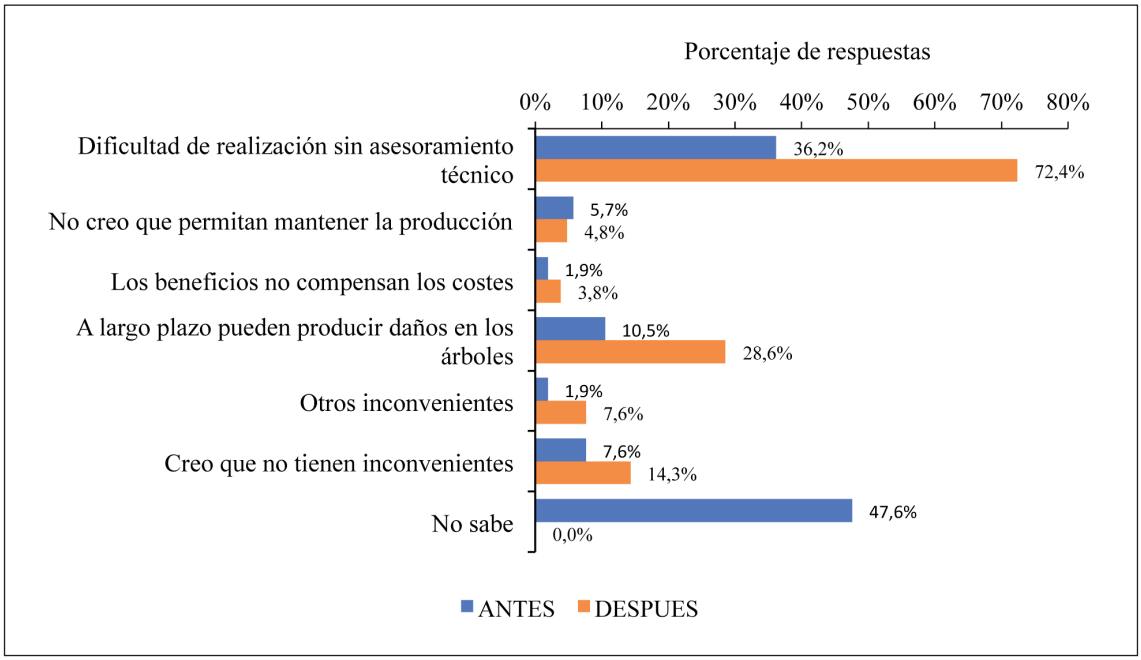


Figura 3. Porcentaje de encuestados que seleccionan cada uno de los posibles inconvenientes de las técnicas de riego deficitario, antes y después de las actividades de formación.
Figure 3. Percentage of respondents that select each possible disadvantage of regulated deficit irrigation strategies, both before and after participating in training activities.

Al comparar las respuestas dadas por los encuestados con anterioridad y posterioridad a participar en las actividades de formación correspondientes, puede llegarse a varias conclusiones que ponen de manifiesto el impacto que éstas tienen sobre el conocimiento y percepciones de los encuestados acerca de las técnicas de RDC. En primer lugar, el número de encuestados que indica que no sabe o que no tiene conocimiento, un 42 % en el caso de las ventajas (Figura 2) y un 48 % en el caso de los inconvenientes (Figura 3), se hace cero tras participar en el curso de formación correspondiente. En segundo lugar, el porcentaje de encuestados que señala cada una de las diferentes ventajas de las técnicas de riego deficitario controlado se incrementa, manteniéndose el orden de importancia dado a éstas, al ser seleccionadas por encuestados que previamente habían indicado su desconocimiento como para contestar (Figura 2). Es destacable que el porcentaje de la respuesta "Permiten mantener la producción con menor uso de agua" crece mucho más que la de la respuesta "Permiten reducir el consumo de agua".

Al comparar los resultados con respecto a los inconvenientes, antes y después de realizar las actividades de formación, se ve que estos son algo diferentes (Figura 3). La participación en las actividades de formación, además de eliminar las respuestas del tipo "No se / No tengo información como para contestar", incrementa notablemente el porcentaje de encuestados que señalan como inconvenientes los posibles daños que a largo plazo se pueden causar en los árboles y la necesidad de asesoramiento técnico para utilizar este tipo

de estrategias de riego, que son las dos respuestas mayoritarias. Asimismo, se incrementan ligeramente el número de encuestados que piensa que no existen inconvenientes o que señalan otros inconvenientes como el coste de la inversión en sensores de riego. Pese a ello, se mantienen pequeños porcentajes de encuestados que consideran que las estrategias de riego sostenible presentadas no permiten mantener la producción o de que los beneficios de dichas prácticas no compensan los costes.

En cuanto a la percepción que los encuestados tienen de la dificultad de implementación en la práctica de estrategias de riego deficitario controlado, y pese a que casi tres de cada cuatro encuestados señala como principal inconveniente la necesidad de asesoramiento técnico, solo un 35 % de ellos piensa que las estrategias de riego sostenible que se les han presentado en el curso de formación son difíciles o muy difíciles de realizar, porcentaje que es algo superior entre los agricultores que entre los técnicos, mientras que un 65 % las considera fáciles o muy fáciles de realizar (Figura 4). Asimismo, la mayoría de los encuestados piensan que las estrategias de riego deficitario controlado serían su primera opción si tuvieran que reducir el consumo de agua en su actividad agrícola (Figura 5). De nuevo, tras realizar la actividad de formación correspondiente, la mayoría de las respuestas del tipo "No se / No tengo información para responder", que se correspondían en gran medida con los encuestados que afirmaban desconocer lo que eran las técnicas de RDC, desaparecen (Figura 5). Estos resultados sugieren que efectivamente, un mayor conocimiento de las técnicas de RDC por parte de agricultores y técnicos puede incrementar el potencial para un mayor nivel de difusión de éstas.

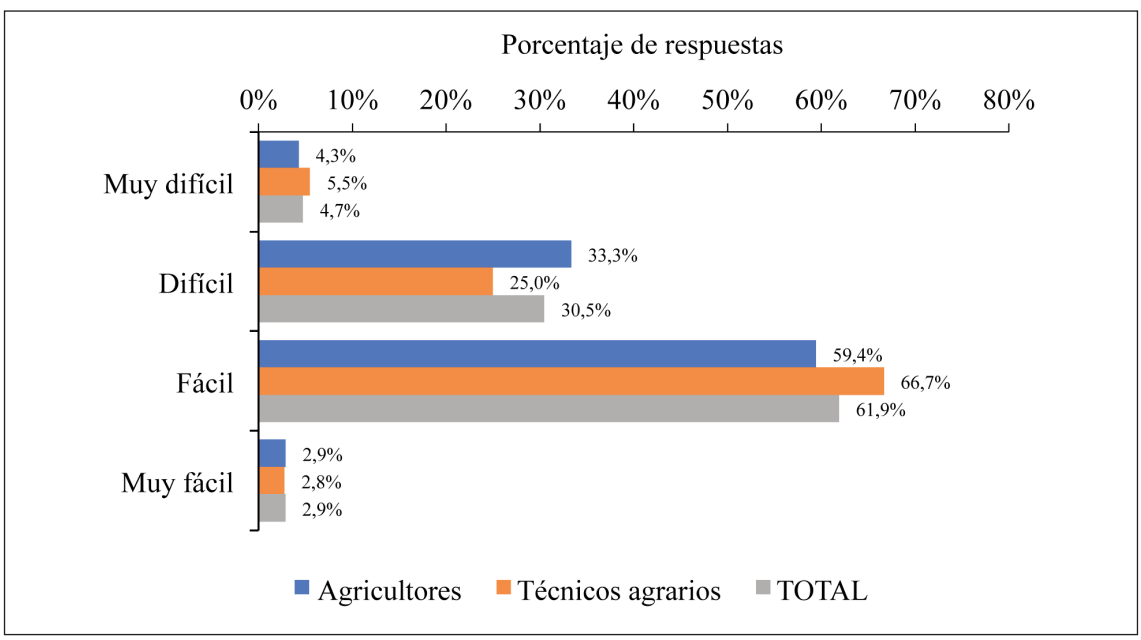


Figura 4. Percepción de los encuestados de la dificultad de aplicación de las estrategias de riego deficitario controlado.
Figure 4. Respondents' perception of the difficultness of implementing regulated deficit irrigation strategies.

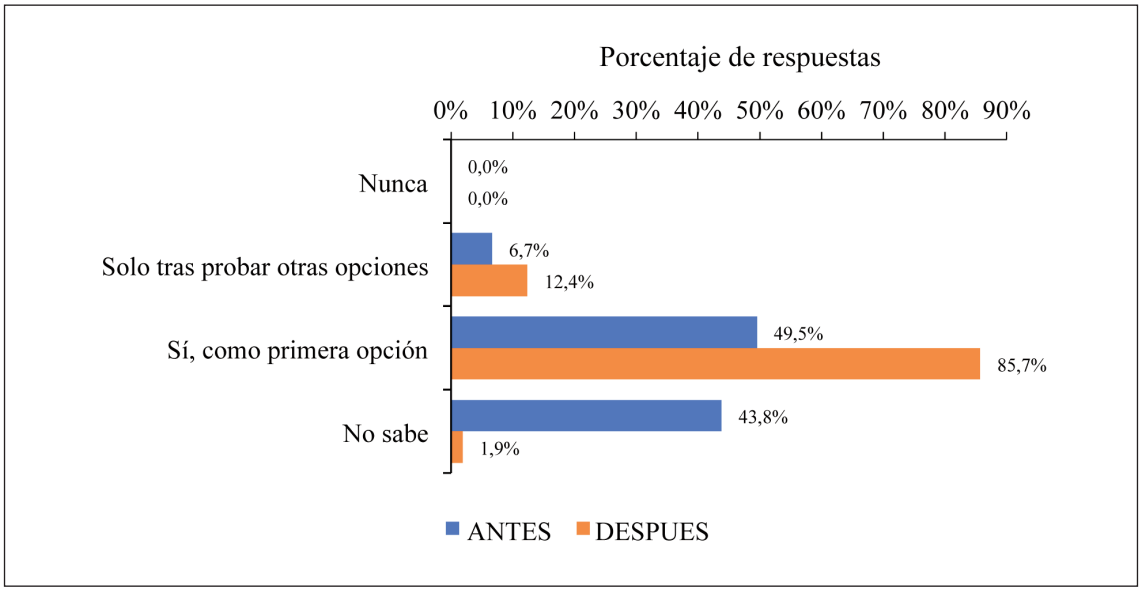


Figura 5. Porcentaje de respuestas a la pregunta "¿Si tuviese que reducir su consumo de agua, utilizaría técnicas de RDC?", preguntada antes y después de la actividad de formación.
Figure 5. Percentage of answers to the questions "If you have to reduce crop water consumption, would you RDI techniques?", both before and after the training activities.

Finalmente, se pidió a los encuestados que valorasen cualitativamente en qué medida pensaban que las técnicas de riego deficitario controlado que se les habían mostrado en las actividades de formación en las que habían participado podían mejorar la rentabilidad de las explotaciones en las que trabajaban (Figura 6). Un 7 % de los encuestados, incluidos quienes piensan que los costes superan los beneficios y/o que no es posible mantener los rendimientos al reducir la aplicación de agua, piensan que la rentabilidad no mejoraría, y un 10 % piensa que apenas mejoraría. Por el contrario, un 77 % piensan que tendría un impacto medio o elevado sobre la rentabilidad de los cultivos. Un 6 % no se atrevió a contestar esta pregunta.

Influencia de la formación, grado de conocimiento y experiencia sobre la percepción de las ventajas e inconvenientes de las técnicas de RDC

El análisis de relación realizado muestra como el nivel de formación agraria reglada está directamente relacionado con el nivel de conocimiento sobre las técnicas de RDC (estadístico Chi-cuadrado igual a 27,61 con un nivel de significación $P < 0{,}001$) y con su nivel de experiencia práctica con las mismas (estadístico Chi-cuadrado igual a 16,93 con un nivel de significación $P < 0{,}001$). Esto sugiere que un mayor nivel de formación redunda en un mayor conocimiento en la materia y que los encuestados con mayor experiencia en el

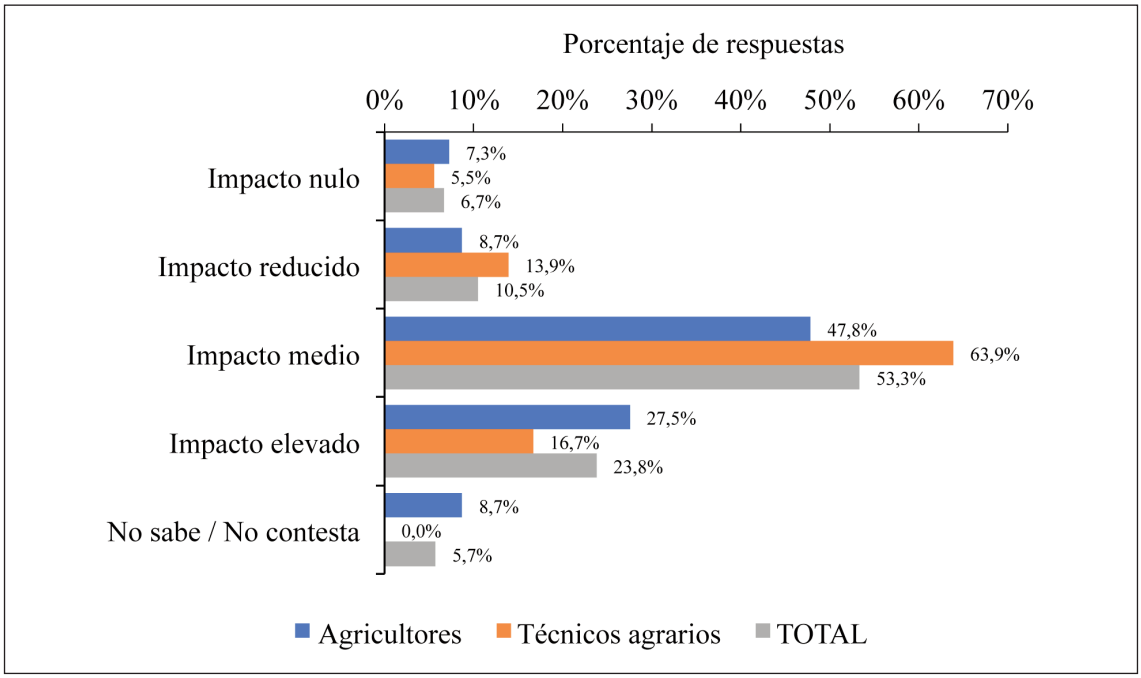


Figura 6. Porcentaje de respuestas a la pregunta "¿Piensa que la utilización de estrategias de riego deficitario controlado puede mejorar la rentabilidad de su actividad agrícola?".
Figure 6. Percentage of answers to the question "Do you think that using regulated deficit irrigation strategies can positively impact the profitability of your agricultural activity?".

uso del RDC suelen tener un mayor nivel de formación agraria. Asimismo, se observa una relación directa lógica entre el nivel de experiencia en el uso de técnicas de RDC y un mayor conocimiento de las mismas (estadístico Chi-cuadrado igual a 84,56 con un nivel de significación $P < 0{,}001$).

Las Tablas 4 y 5 resumen las relaciones existentes entre las tres variables que representan el nivel de formación agraria, el grado de conocimiento y la experiencia de los encuestados con las técnicas de RDC y su percepción sobre las ventajas e inconvenientes de las mismas, medidas antes y después de las actividades de formación, respectivamente. En cuanto a la percepción de los encuestados de las ventajas de las técnicas de RDC, preguntada antes de la participación en las actividades de formación, se observa como existe una relación directa entre el nivel de formación agraria, conocimiento y experiencia sobre las técnicas de RDC y el reconocimiento de la mayoría de sus ventajas (Tabla 4). Por el contrario, la relación es inversa con la respuesta "No conoce lo suficiente el tema como para opinar". Los encuestados con menor nivel de formación agraria reglada y conocimiento y experiencia sobre el uso de técnicas RDC seleccionan, por tanto, en menor medida las ventajas reconociendo en mayor medida su desconocimiento sobre el tema. Entrando en más detalle a analizar cada una de las respuestas pueden derivarse resultados adicionales de interés.

En primer lugar, los resultados sugieren que existen ventajas que pueden ser percibidas

Tabla 4. Resumen de las pruebas de contraste de dependencia Chi-cuadrado de Pearson relativas a la influencia de la formación y experiencia de los encuestados sobre la percepción de las ventajas de las técnicas de RDC.
Table 4. Summary of the Pearson's Chi-squared dependence tests related to the influence of respondents' formal agricultural training and experience on their perception about the advantages of Regulated Deficit Irrigation techniques.

Variables	Nivel de formación agraria	Grado de conocimiento sobre RDC en cultivos leñosos	Nivel de experiencia en el uso de RDC
Ventajas (antes de la actividad formativa)			
Permiten mantener la producción con menos agua	$10,55^{***}$ (+)	$54,04^{***}$ (+)	$4,81^{ns}$
Permiten mejorar la calidad del producto	$0,17^{ns}$	$22,22^{***}$ (+)	$6,11^{*}$ (+)
Producen un menor impacto medioambiental	$17,12^{***}$ (+)	$9,45^{*}$ (+)	$5,42^{ns}$
Permiten reducir el consumo de agua	$17,14^{***}$ (+)	$62,17^{***}$ (+)	$17,72^{***}$ (+)
Permiten reducir el consumo de energía	$13,81^{**}$ (+)	$21,22^{***}$ (+)	$13,97^{**}$ (+)
Permiten hacer frente a problemas de calidad del agua	$3,11^{ns}$	$11,17^{*}$ (+)	$6,37^{*}$ (+)
Otras ventajas	$1,92^{ns}$	$6,68^{ns}$	$7,19^{*}$ (+)
Creo que no tienen ventajas	–	–	–
No conoce lo suficiente como para opinar	$14,78^{***}$ (–)	$100,07^{***}$ (–)	$25,10^{***}$ (–)
Ventajas (tras la actividad formativa)			
Permiten mantener la producción con menos agua	$3,64^{ns}$	$1,74^{ns}$	$2,40^{ns}$
Permiten mejorar la calidad del producto	$1,51^{ns}$	$1,78^{ns}$	$0,06^{ns}$
Producen un menor impacto medioambiental	$6,13^{*}$ (+)	$1,12^{ns}$	$0,70^{ns}$
Permiten reducir el consumo de agua	$8,76^{*}$ (+)	$9,82^{*}$ (+)	$1,64^{ns}$
Permiten reducir el consumo de energía	$13,81^{**}$ (+)	$1,48^{ns}$	$1,55^{ns}$
Permiten hacer frente a problemas de calidad del agua	$1,00^{ns}$	$5,42^{ns}$	$5,81^{ns}$
Otras ventajas	–	–	–
Creo que no tienen ventajas	–	–	–
No conoce lo suficiente como para opinar	–	–	–

Para cada par de variables se muestra el estadístico Chi-cuadrado de Pearson, el nivel de significación estadística y el signo de la relación entre las variables entre paréntesis. Nivel de significación estadística: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$; ^{ns} no significativo. Niveles de significación inferiores a 0,05 indican que se rechaza la hipótesis nula de independencia entre las variables.

Tabla 5. Resumen de las pruebas de contraste de dependencia Chi-cuadrado de Pearson relativas a la influencia de la formación y experiencia de los encuestados sobre la percepción de los inconvenientes de las técnicas de RDC.
Table 5. Summary of the Pearson's Chi-squared dependence tests related to the influence of respondents' agricultural training and experience on their perception about the disadvantages of Regulated Deficit Irrigation techniques.

Variables	Nivel de formación agraria	Grado de conocimiento sobre RDC en cultivos leñosos	Nivel de experiencia en el uso de RDC
Inconvenientes (antes de la actividad formativa)			
Dificultad de realización/Necesidad de asesoramiento	$10{,}36^{**}$ (+)	$35{,}35^{***}$ (+)	$3{,}26^{ns}$
No creo que permitan mantener la producción	$4{,}65^{*}$ (–)	$6{,}31^{ns}$	$0{,}15^{ns}$
Los beneficios no compensan los costes	$1{,}78^{ns}$	$3{,}24^{ns}$	$0{,}75^{ns}$
A largo plazo pueden producir daños en los árboles	$2{,}37^{ns}$	$12{,}39^{**}$ (+)	$9{,}29^{**}$ (+)
Otros inconvenientes	$1{,}34^{ns}$	$9{,}34^{*}$ (+)	$10{,}35^{**}$ (+)
Creo que no tienen inconvenientes	$7{,}57^{*}$ (+)	$20{,}19^{***}$ (+)	$24{,}28^{***}$ (+)
No conoce lo suficiente como para opinar	$14{,}01^{***}$ (–)	$76{,}74^{***}$ (–)	$27{,}17^{***}$ (–)
Inconvenientes (tras la actividad formativa)			
Dificultad de realización/Necesidad de asesoramiento	$2{,}11^{ns}$	$3{,}31^{ns}$	$0{,}58^{ns}$
No creo que permitan mantener la producción	$2{,}74^{ns}$	$3{,}91^{ns}$	$3{,}28^{ns}$
Los beneficios no compensan los costes	$2{,}33^{ns}$	$3{,}29^{ns}$	$1{,}53^{ns}$
A largo plazo pueden producir daños en los árboles	$11{,}14^{ns}$	$6{,}56^{ns}$	$0{,}26^{ns}$
Otros inconvenientes	$0{,}92^{ns}$	$2{,}02^{ns}$	$0{,}13^{ns}$
Creo que no tienen inconvenientes	$3{,}24^{ns}$	$6{,}00^{ns}$	$0{,}30^{ns}$
No conoce lo suficiente como para opinar	–	–	–

Para cada par de variables se muestra el estadístico Chi-cuadrado de Pearson, el nivel de significación estadística y el signo de la relación entre las variables entre paréntesis. Nivel de significación estadística: * $P < 0{,}05$; ** $P < 0{,}01$; *** $P < 0{,}001$; ^{ns} no significativo. Niveles de significación inferiores a 0,05 indican que se rechaza la hipótesis nula de independencia entre las variables.

en base a un mayor nivel de formación agraria, incluso si el conocimiento sobre la materia es reducido o nulo. Por ejemplo, el mantenimiento de la producción con un menor uso de agua, la reducción del consumo de agua, la reducción del consumo energético (asociado al ahorro de agua) y la más minoritaria reducción del impacto ambiental son más señalados por los encuestados con mayor nivel de formación agraria y/o mayor conocimiento sobre la materia concreta. Por el contrario, otras opciones como la mejora de la calidad

de la fruta y la posibilidad de hacer frente a problemas de calidad del agua de riego no son más señaladas cuanto mayor es el nivel de formación agraria pero sí cuanto mayor es el nivel de conocimiento sobre técnicas de RDC y también cuanto mayor es la experiencia práctica con dichas técnicas, lo que indica que son aspectos menos obvios para los menos expertos.

Un segundo resultado interesante se refiere a las dos ventajas de las técnicas de RDC más señalada por los encuestados, que son la posibilidad de mantener la producción reduciendo el consumo de agua y el ahorro de agua. Ambas son más seleccionadas cuanto mayor es la formación agraria y el conocimiento sobre las técnicas de RDC. Sin embargo, la primera no es más seleccionada cuanto mayor es la experiencia profesional con las técnicas de RDC, lo que sí que ocurre con la segunda. Este resultado puede plantear dudas acerca la capacidad real de las técnicas de RDC para mantener la producción pese a la reducción en la aplicación de agua. Sin embargo, profundizando en este resultado, puede verse como el porcentaje de los que señalan la posibilidad de mantener la producción como una ventaja es mayor entre los encuestados que usan habitualmente estrategias de RDC (10 de 15) que entre los que solo las han utilizado ocasionalmente (10 de 18). Aunque no puede comprobarse directamente, esto puede deberse a que algunos de los encuestados que han utilizado ocasionalmente técnicas de RDC hayan tenido experiencia negativas en tal sentido, bien por un uso inadecuado de este tipo de estrategias o bien por otros problemas durante el desarrollo del ciclo productivo, lo que ha generado en ellos una percepción menos optimista de las posibilidades de la tecnología. Tal apreciación es coherente con el hecho de que, tras participar en la actividad formativa correspondiente, las anteriores proporciones solo se modifican ligeramente, pasando a ser 12 de 18 el número de encuestados con experiencia ocasional que señalan ahora tal ventaja, y 11 de 15 en el caso de los encuestados que utilizan habitualmente estrategias de RDC.

Un tercer resultado destacable es el hecho de que, tras participar en la actividad formativa correspondiente, la mayoría de las relaciones existentes dejan de ser significativas o reducen de manera notable su nivel de significación (Tabla 4). Esto pone de manifiesto como el efecto del nivel inicial de formación y conocimiento sobre la percepción de las ventajas de las técnicas de RDC desaparece en base a la efectividad de las actividades formativas realizadas.

Pasando a la percepción de los inconvenientes de las técnicas de RDC (Tabla 5), los resultados sugieren de nuevo que determinados inconvenientes son percibidos en mayor o menor medida en base a un mayor nivel de formación agraria, incluso si el conocimiento sobre la materia es reducido o nulo. Es el caso del reconocimiento de la necesidad de asesoramiento técnico experto para aplicar este tipo de técnicas de riego. De la misma manera, el escepticismo con respecto a la posibilidad de mantener los rendimientos pese al ahorro de agua, es menor cuanto mayor es el nivel de formación agraria. Por el contrario, la posibilidad de que el uso de técnicas de RDC produzca daños en los árboles frutales a largo plazo es más señalada por los encuestados con mayor conocimiento y con mayor experiencia, siendo un inconveniente menos obvio para los encuestados menos expertos. Este resultado es coherente con el hecho de que el porcentaje de encuestados que señala esta cuestión como desventaja se incrementa cuanto mayor es el nivel de conocimiento y experiencia sobre RDC.

Otro aspecto positivo a destacar es el hecho de que cuanto mayor es el conocimiento y la experiencia con el RDC mayor es el número de encuestados que señala que las técnicas

de RDC no presentan inconvenientes (Tabla 5). Asimismo, se observa de nuevo como los encuestados con menor nivel de formación agraria reglada y conocimiento y experiencia sobre el uso de técnicas RDC seleccionan en mayor medida la respuesta "No conoce lo suficiente el tema como para opinar" reconociendo su desconocimiento sobre el tema. Finalmente, y al igual que ocurría con la percepción de las ventajas, todas las relaciones existentes dejan de ser significativas tras la participación de los encuestados en la actividad formativa correspondiente (Tabla 5), eliminado el efecto que la formación agraria y el nivel de conocimiento inicial pudieran tener sobre la percepción de las ventajas de las técnicas de RDC.

Conclusiones

El uso de prácticas de riego sostenible, tales como las estrategias de riego deficitario controlado, permite mantener la productividad agrícola con un uso mínimo de agua de riego y sin afectar a la calidad de la fruta. Su adopción a mayor escala por los agricultores traería beneficios tanto económicos como ambientales al reducir el consumo de agua, energía y fertilizantes e incrementar el potencial de fijación de carbono en los suelos. Estas ventajas son especialmente importantes en zonas sometidas a escasez de agua, como es el caso de la Región de Murcia en el Sudeste de España. Pese a los mencionados beneficios, se hacen necesarios mayores y mejores esfuerzos de divulgación de este tipo de prácticas para incrementar su todavía reducido grado de difusión. En este sentido, el estudio presentado en este trabajo evalúa el grado de conocimiento que agricultores y técnicos asesores agrarios del sudeste español tienen sobre el uso de técnicas de riego deficitario controlado en cultivos leñosos, así como su percepción sobre sus ventajas e inconvenientes y el potencial para su difusión a mayor escala en la agricultura de la zona. Para ello, se realizó un sondeo a agricultores y técnicos agrarios de la Región de Murcia que han participado en diferentes actividades de formación sobre manejo eficiente del riego en cultivos leñosos, tanto antes como después de su participación en estas.

Los resultados obtenidos muestran como casi cuatro de cada cinco encuestados tiene un nivel de conocimiento nulo o muy bajo sobre el uso de técnicas de riego deficitario controlado y ninguna experiencia práctica con este tipo de estrategias, que solamente son utilizadas por una minoría de los encuestados. También muestran la importancia de la experiencia práctica sobre la percepción de las ventajas e inconvenientes de estas técnicas, especialmente de aquellas menos obvias. Asimismo, se pone de manifiesto una notable mejora del conocimiento sobre el uso de técnicas de riego deficitario controlado entre los agricultores y técnicos encuestados tras participar en actividades de formación sobre el tema, no solo con respecto al conocimiento de los beneficios de este tipo de estrategias sino también con respecto a sus aspectos negativos, como es el caso de los posibles efectos a largo plazo en los árboles. Finalmente, la mayoría de los encuestados considera que este tipo de estrategias es la mejor alternativa práctica existente para reducir el consumo de agua en la zona de estudio, y que son fáciles de llevar a la práctica siempre que se cuente con un adecuado apoyo y asesoramiento técnico.

Todo esto sugiere que, efectivamente, el reducido nivel de conocimiento existente entre agricultores y técnicos es uno de los factores que explicarían el reducido nivel de difusión de las técnicas de riego deficitario controlado, y que un mayor conocimiento de las mismas puede incrementar el potencial para un mayor nivel de difusión. Pese a la existencia de otras barreras al uso de estrategias RDC, como el reducido nivel de uso de sen-

sores para la programación del riego y el coste de la inversión necesario para su adquisición, la percepción positiva que los encuestados tienen sobre el impacto de las técnicas RDC en la rentabilidad de su actividad agraria pone de manifiesto la existencia de un notable potencial para la difusión de estrategias sostenibles de riego que puedan sustituir a las prácticas convencionales en la zona de estudio. Sin embargo, para que se materialice dicho potencial se requieren esfuerzos adicionales de transferencia de conocimiento que hagan especial hincapié en proporcionar una mejor visualización práctica de los beneficios de este tipo de técnicas, pero también de servicios de asesoramiento y soporte técnico efectivos.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la Unión Europea a través del Proyecto LIFE+ IRRIMAN (LIFE13 ENV/ES/000539). Los autores agradecen a Alejandro Pérez Pastor, Coordinador de IRRIMAN, su asesoramiento durante el diseño del cuestionario.

Referencias bibliográficas

Abdulai A, Owusu V, Bakang JEA (2011). Adoption of safer irrigation technologies and cropping patterns: Evidence from Southern Ghana. Ecological Economics 70: 1415-1423. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.03.004

Adesina AA, Zinnah MM (1993). Technology characteristics, farmers' perceptions and adoption decisions: a Tobit-model application in Sierra-Leone. Agricultural Economics 9(4): 297-311. https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.1993.tb00276.x

Caswell MF, Zilberman D (1986). The effects of well depth and land quality on the choice of irrigation technology. American Journal of Agricultural Economics 68(4): 798-811. https://doi.org/10.2307/1242126

Chalmers DJ, Mitchell PD, van Heek L (1981). Control of peach tree growth and productivity by regulated water supply, tree density and summer pruning. Journal of the American Society of Horticultural Science 106: 307-312.

CHS (2015). Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura 2015-2021. Confederación Hidrográfica de la Cuenca del Segura, Murcia.

Conesa MR, de la Rosa JM, Artés-Hernández F, Dodd IC, Domingo R, Pérez-Pastor A (2015). Long-term impact of deficit irrigation on the physical quality of berries in 'Crimson Seedless' table grapes. Journal of the Science of Food and Agriculture 95(12): 2510-2520. https://doi.org/10.1002/jsfa.6983

Conesa MR, Falagán N, de la Rosa JM, Aguayo E, Domingo R, Pérez-Pastor A (2016). Post-veraison deficit irrigation regimes enhance berry coloration and health-promoting bioactive compounds in 'Crimson Seedless' table grape. Agricultural Water Management 163: 9-18. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.08.026

Dai X, Chen J, Chen D, Han Y (2015). Factors affecting adoption of agricultural water-saving technologies in Heilongjiang Province, China. Water Policy 17: 581-594. https://doi.org/10.2166/wp.2015.051

De la Rosa JM, Conesa MR, Domingo R, Aguayo E, Falagán N, Pérez-Pastor A (2016). Combined effects of deficit irrigation and crop level on early nectarine trees. Agricultural Water Management 170: 120-132. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.01.012

Dinar A, Sunding D, Zilberman D (1996). Changes in irrigation technology and the impact of reducing agricultural water supplies. En: Advances in the economics of environmental resources. Marginal Cost Rate Design and Wholesale Water Markets Vol. 1 (Ed. Hall DC), pp. 167-183. Jai Press Inc. Connecticut.

Domingo Miguel R, Ruiz Sánchez MC, Nortes Tortosa PA, Torrecillas Melendreras A, Pérez Pastor A (2001). Respuesta productiva de albaricoqueros "Búlida" al riego deficitario. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 97(V2): 123-133.

Egea G, Fernández JE, Alcon F (2017). Financial assessment of adopting irrigation technology for plant-based regulated deficit irrigation scheduling in super high-density olive orchards. Agricultural Water Management 187: 47-56. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.03.008

Expósito A, Berbel J (2016). Microeconomics of deficit irrigation and subjective water response function for intensive olive groves. Water 8: 254. https://doi.org/10.3390/w8060254

Feder G (1980). Farm size, risk aversion and the adoption of new technology under uncertainty. Oxford Economic Papers 32: 263-283.

Feder G, Just RE, Zilberman D (1985). Adoption of agricultural innovations in developing countries: a survey. Economic Development and Cultural Change 33: 255-298.

Feder G, Umali D (1993). The adoption of agricultural innovations: A review. Technological Forecasting and Social Change 43: 215-239. https://doi.org/10.1016/0040-1625(93)90053-A

Fereres E, Soriano MA (2007). Deficit irrigation for reducing agricultural water use. Journal of Experimental Botany 58(2): 147-159. https://doi.org/10.1093/jxb/erl165

Galindo A, Collado-González J, Griñán I, Corell M, Centeno A, Martín-Palomo MJ, Girón IF, Rodríguez P, Cruz ZN, Memmi H, Carbonell-Barrachina AA, Hernández F, Torrecillas A, Moriana A, Pérez-López D (2018). Deficit irrigation and emerging fruit crops as a strategy to save water in Mediterranean semiarid agrosystems. Agricultural Water Management 202: 311-324. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.08.015

García Brunton J, Rincón L, Sáez J (2003). Respuesta del melocotonero "Catherine" injertado sobre 16 patrones con cuatro niveles de riego. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 99(V1): 75-82.

García J, Romero P, Botía P, García F (2004). Cost-benefit analysis of almond orchard under regulated deficit irrigation (RDI) in SE Spain. Spanish Journal of Agricultural Research 2(2): 157-165. http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2004022-70

García J, Martínez-Cutillas A, Romero P (2012). Financial analysis of wine grape production using regulated deficit irrigation and partial-root zone drying strategies. Irrigation Science 30(3): 179-188. https://doi.org/10.1007/s00271-011-0274-4

Levidow L, Zaccaria D, Maia R, Vivas E, Todorovic M, Scardigno A (2014). Improving water-efficient irrigation: Prospects and difficulties of innovative practices. Agricultural Water Management 146: 84-94. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.07.012

Lichtenberg E (1989). Land Quality, Irrigation Development, and Cropping Patterns in the Northern High Plains. American Journal of Agricultural Economics 71(1): 187-194. https://doi.org/10.2307/1241787

Maestre-Valero JF, Martin-Gorriz B, Alarcón JJ, Nicolas E, Martinez-Alvarez V (2016). Economic feasibility of implementing regulated deficit irrigation with reclaimed water in a grapefruit orchard. Agricultural Water Management 178: 119-125. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.09.019

Martínez-Álvarez V, González-Ortega MJ, Martin-Gorriz B, Soto-García M, Maestre-Valero JF (2017). The use of desalinated seawater for crop irrigation in the Segura River Basin (southeastern Spain). Desalination 422: 153-164. https://doi.org/10.1016/j.desal.2017.08.022

Melgarejo-Moreno J, López-Ortiz MI, Fernández-Aracil P (2019). Water distribution management in South-East Spain: A guaranteed system in a context of scarce resources. Science of the Total Environment 648: 1384-1393. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.263

Nakawuka P, Peters TR, Kenny S, Walsh D (2017). Effect of deficit irrigation on yield quantity and quality, water productivity and economic returns of four cultivars of hops in the Yakima Valley, Washington State. Industrial Crops and Products 98: 82-92. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.01.037

Negri DH, Brooks DH (1990). Determinants of irrigation technology choice. Western Journal of Agricultural Economics 15(2): 213-223.

Nieswiadomy ML (1988). Input substitution in irrigated agriculture in the high plains of Texas. Western Journal of Agricultural Economics 13(1): 63-70.

Nowak PJ (1987). The adoption of agricultural conservation technology: Economic and diffusion explanations. Rural Sociology 52: 208-220.

Olen B, Wu J, Langpap C (2016). Irrigation decisions for major west coast crops: water scarcity and climatic determinants. American Journal of Agricultural Economics 98: 254-275. https://doi.org/10.1093/ajae/aav036

Pérez-Pastor A, Ruiz-Sánchez MC, Martínez JA, Nortes PA, Artés F, Domingo R (2007). Effect of deficit irrigation on apricot fruit quality at harvest and during storage. Journal of the Science of Food and Agriculture 87: 2409-2415. https://doi.org/10.1002/jsfa.2905

Pérez-Pastor A, Domingo R, Torrecillas A, Ruiz-Sánchez MC (2009). Response of apricot trees to deficit irrigation strategies. Irrigation Science 27: 231-242. https://doi.org/10.1007/s00271-008-0136-x

Perez-Sarmiento F, Miras-Avalos JM, Alcobendas R, Alarcon JJ, Mounzer O, Nicolas E (2016). Effects of regulated deficit irrigation on physiology, yield and fruit quality in apricot trees under Mediterranean conditions. Spanish Journal of Agricultural Research 14(4): e1205. http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2016144-9943

Rodrigues GC, Pereira LS (2009). Assessing economic impacts of deficit irrigation as related to water productivity and water costs. Biosystems Engineering 103(4): 536-551. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2009.05.002

Rogers EM (1962). Diffusion of Innovations. 1st Edition. The Free Press. New York.

Rogers EM (1995). Diffusion of Innovations. 4th Edition. The Free Press. New York.

Ruiz-Sanchez MC, Domingo R, Castel JR (2010). Review. Deficit irrigation in fruit trees and vines in Spain. Spanish Journal of Agricultural Research 8(S2): 5-20. http://dx.doi.org/10.5424/sjar/201008S2-1343

Soto-García M, Martínez-Alvarez V, García-Bastida PA, Alcon F, Martin-Gorriz B (2013). Effect of water scarcity and modernisation on the performance of irrigation districts in south-eastern Spain. Agricultural Water Management 124: 11-19. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.03.019

Tunc T, Sahin U, Evren S, Dasci E, Guney E, Aslantas R (2019). The deficit irrigation productivity and economy in strawberry in the different drip irrigation practices in a high plain with semi-arid climate. Scientia Horticulturae 245: 47-56. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.008

Ward FA (2014). Economic impacts on irrigated agriculture of water conservation programs in drought. Journal of Hydrology 508: 114-127. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.10.024

Zornoza R, Rosales RM, Acosta JA, de la Rosa JM, Arcenegui V, Faz A, Pérez-Pastor A (2016). Efficient irrigation management can contribute to reduce soil CO_2 emissions in agriculture. Geoderma 263: 70-77. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.09.003

(Aceptado para publicación el 14 de octubre de 2020)

Preferencias ante el empleo en el sector agrario: un análisis de género, generacional y de trabajadores actuales y futuros

Deiyalí Angélica Carpio-Pacheco y Beatriz Urbano*

Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal, Universidad de Valladolid, Avda. de Madrid nº 57, 34004 Palencia, España

Resumen

Uno de los actuales retos para mejorar la competitividad y productividad del sector agrario es atraer y retener personal cualificado. El objetivo del presente trabajo es analizar las diferencias en las preferencias ante el empleo en el sector agrario, con el objeto de mejorar la atracción y retención del talento. Se analizó una muestra probabilística de 522 trabajadores y universitarios. Se realizaron entrevistas personales y grupos focales. Las pruebas de contraste no paramétrico de U de Mann-Whitney y Kruskal Wallis sirvieron para obtener las diferencias significativas entre las preferencias ante el empleo según puesto, género, generación y trabajadores actuales y futuros. Los resultados muestran un cambio en las preferencias ante el empleo en las nuevas generaciones; los trabajadores hasta los 40 años se diferencian en preferir empleos en que puedan realizarse profesionalmente y los universitarios, el salario y las retribuciones flexibles y para los menores de 20 años que el trabajo esté en consonancia con sus ideas. Las mujeres universitarias se diferencian en preferir un trabajo en consonancia con sus ideas y los hombres, las retribuciones por rendimiento. Los directivos y gerentes se diferencian en preferir retribuciones por rendimiento y flexibles, el desarrollo personal, la conciliación, el ambiente laboral, la estabilidad y la consonancia de ideas. Además, los trabajadores futuros difieren significativamente en preferir un trabajo que les permita desarrollarse profesionalmente y que la empresa ofrezca formación, reconocimientos u otras formas de motivación. Se concluye la necesidad de llevar a cabo una gestión diferenciada de personal, así como mejorar la alineación universidad-empresa para atraer y retener el talento en el sector agrario mejorando la competitividad y productividad.

Palabras clave: Gestión de personal, competitividad, retención de trabajadores, atracción de talento.

Job preferences in the agrarian sector: a gender, generation and present and future employees' analysis

Abstract

One of the current challenges to improve the competitiveness and productivity of the agricultural sector is to attract and retain qualified personnel. The objective of this study is to analyse the differences in preferences regarding employment in the agricultural sector, in order to improve the attraction and retention of talent. A sample of 522 employees and university students was analysed. Personal surveys and focus groups were developed. U Mann-Whitney and Kruskal Wallis tests were used to test for dif-

* Autor para correspondencia: beatriz.urbano@uva.es

Cita del artículo: Carpio-Pacheco DA, Urbano B (2021). Preferencias ante el empleo en el sector agrario: un análisis de género, generacional y de trabajadores actuales y futuros. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 117(4): 436-448. https://doi.org/10.12706/itea.2020.043

ferences in job preferences by position, gender, generation and current and future workers. Results show a change in preferences for employment in the new Z and millennial generations; workers up to 40 years of age differ in preferring jobs to fulfil themselves professionally, and university students, salary and flexible remuneration; while those under 20 years prefer that work is in line with their ideas. University women differ in preferring a job in line with their ideas while men focus on performance rewards. Executives and managers differ in preferring performance and flexible rewards, personal development, conciliation, work environment, stability and consistency with their ideas. In addition, future workers differ significantly in preferring a job that allows them to develop professionally and that the company offers training, recognition or other forms of motivation. The paper concludes about the need to carry out differentiated personnel management, as well as to improve the university-company alignment to attract and retain talent in the agricultural sector, improving competitiveness and productivity.

Keywords: Personnel management, competitiveness, employees' retention, talent attraction.

Introducción

Uno de los retos a los que se enfrenta el sector agrario del siglo XXI es atraer, motivar y retener personal cualificado (Jankelova *et al.,* 2017). Los bajos salarios, la falta de estabilidad, la alta rotación y el abandono del personal repercuten en la competitividad y productividad del sector (Bitsch y Hogberg, 2005). Mugera (2012) señaló que la competitividad de las empresas agrarias podría mejorarse con prácticas centradas en el personal capaces de motivar, satisfacer y retener a los trabajadores (Jankelova *et al.,* 2017), ya que el trabajador es fundamental en las empresas agrarias (Mugera, 2012). Sin embargo, en el sector agrario la actividad de recursos humanos se reduce, en muchos casos, a una simple gestión administrativa y de mediación (Jankelova *et al*., 2017). Y muchos gestores agrarios reconocen sus carencias en la gestión de personal (Bitsch, 2009). Para Jankelova *et al.* (2017), deben centrarse en el trabajador e influir en su motivación, lealtad, compromiso y dedicación. Necesitan satisfacer sus necesidades, escucharles y buscar soluciones, reaccionar ante sus problemas y promover los cambios necesarios en la empresa, a la vez que cubren sus expectativas (Wang, 2013). Aunque las retribuciones son importantes, la satisfacción de los empleados agrarios podría aumentarse considerablemente con medidas poco costosas como la retroalimentación y el aprecio (Bitsch, 2009). En este sentido, diversos autores señalan que en los últimos años, especialmente desde los años 50, se ha dado un cambio en las preferencias ante el empleo de los trabajadores, y los ingresos y la seguridad van dejando paso a la búsqueda de un trabajo interesante y significativo, en el que se requiera una mayor autonomía y autorrealización personal (García-Sainz y García-Díez, 2000). Además, se ha demostrado que las preferencias ante el empleo varían según la generación a la que pertenezca el trabajador y el género (Lu y Gursoy, 2013; Pérez-Carbonell y Ramos-Santana, 2015; Wheatley, 2017). Sin embargo, no se conocen hasta el momento, trabajos que hayan analizado las preferencias ante el empleo en el sector agrario español. El sector agrario español dio en 2017 empleo a 1,232.000 personas, el 62,6 % en actividades de agricultura y pesca y el 37,4 % en la industria de transformación (Maudos y Salamanca, 2019). La mayoría de los ocupados del sector agrario son hombres (71,3 %), cifra que aumenta en el sector primario (76,2 %), y el 1,2 % tiene más de 65 años (Eurostat, 2018). El 31 % de los agricultores propietarios de su explotación tienen más de 65 años y el 98 % no tienen formación agraria (PwC, 2019). Los empleados del sector agrario tienden a caracteri-

zarse por tener niveles educativos menores a la media nacional. Sin embargo, el número de empresas dirigidas por personal con formación universitaria en el sector ha aumentado un 16 % desde el año 2005 y los jóvenes tienden a tener un nivel formativo mayor al de sus homólogos mayores (PwC, 2019). Esta mayor formación servirá para afrontar los próximos retos a los que se enfrenta el empleo en el sector agrario como, i) garantizar el relevo generacional y la atracción de profesionales a la agricultura requeridos por el aumento de la población mundial y de la demanda de alimentos, ii) adaptar la actividad agraria a los cambios en los poderes económicos mundiales y el progreso de la urbanización, iii) responder a nuevas capacidades y habilidades por la revolución tecnológica, el agricultor 4.0 y iv) aumentar la eficiencia agraria por el cambio climático y la escasez de recursos (PwC, 2019).

El objetivo es analizar las diferencias en las preferencias ante el empleo en el sector agrario español por puesto, género, generación, y de los trabajadores actuales y futuros para mejorar la atracción y retención del talento.

Antecedentes

Las preferencias ante el empleo y la satisfacción de los trabajadores son temas de gran interés para los gestores y académicos, por las repercusiones que tienen en la eficiencia y productividad de los trabajadores (Raziq y Maulabakhsh, 2015), en el éxito y competitividad de las organizaciones (Khan y Aleem, 2014), en la cohesión de las empresas e integración con el entorno (Jacobs *et al.,* 2016), en la mejora de la calidad (Matzler *et al.,* 2004) y satisfacción de los clientes (Zablah *et al.,* 2016), y como consecuencia en los beneficios empresariales (Harter *et al.,* 2002). La teoría de Herzberg *et al.* (1967), la más ampliamente utilizada en los estudios de satisfacción y motivación del trabajador, señala tres áreas determinantes en las preferencias ante el empleo por los trabajadores y que son, el trabajo en sí mismo, la responsabilidad de uno en el trabajo y el reconocimiento recibido por el trabajo realizado. En cuanto al reconocimiento recibido por el trabajo realizado, se consideran además de las remuneraciones directas y fijas de *salario* (Herzberg *et al.,* 1967) y las *retribuciones variables por rendimiento* (García y Forero, 2014), las remuneraciones indirectas y personalizadas, *retribuciones flexibles*, que son cada vez más buscadas por las empresas para diferenciarse de la competencia, atraer el talento e influir en su propio personal incrementando los niveles de retención y satisfacción de los trabajadores, en forma de seguro médico, ticket de comida, gimnasio, club social, teletrabajo, o cualquier otra forma que la empresa establezca de manera creativa. En cuanto a la responsabilidad de uno en el trabajo, el informe Randstad (2019) sobre las preferencias ante el empleo de los españoles, señala que actualmente se valora, sin dejar a un lado el salario, el *desarrollo personal* (Pizarro, 2017), el equilibrio y la *conciliación* entre el trabajo y la vida familiar (Ferguson *et al.,* 2012), el *ambiente laboral* agradable, la estabilidad, el *desarrollo profesional* y la *motivación* (García y Forero, 2014). En el trabajo en sí mismo, Platis y Zoulias (2017) indicaron que en las preferencias influye tanto el tipo de trabajo como de empresa por su *localización*, *antigüedad* y *renombre*. Por ejemplo, Huang *et al.* (2015) demostraron que las pequeñas empresas *familiares* con una gestión más humanista del personal son más preferidas por los trabajadores. Y Bitsch (2009) señaló que muchas de las prácticas de gestión de personal de las *grandes corporaciones* no son aplicables en las pequeñas empresas agrarias. Por su parte, Judge *et al.* (2002) señalaron que las propias características del trabajador también determinan las preferencias ante el empleo. Por ejemplo, los hombres para conciliar en Reino Unido recurren más a la flexibilidad de ho-

rarios mientras que las mujeres a las jornadas partidas (Wheatley, 2017). Y numerosos autores han demostrado que las preferencias ante el empleo dependen de la generación a la que pertenezca el trabajador (Solnet y Kralj, 2011; Lu y Gursoy, 2013; Belias *et al.,* 2015). Para los trabajadores entre 40 años y 50 años, el empleo ocupa un lugar más central en sus vidas que para los jóvenes, y valoran la estabilidad y mantener su posición en el empleo (Lu y Gursoy, 2013). Mientras que las nuevas generaciones prefieren trabajos que les emocionen, en los que puedan desarrollarse profesionalmente y aprender, con reconocimiento y en un buen ambiente laboral (Salahuddin, 2011).

Material y métodos

Muestreo

Se analizó una muestra probabilística de 522 trabajadores (381) y universitarios (141) del sector agrario. Se obtuvo una muestra representativa de trabajadores en España mediante una estratificación de las empresas agrícolas, ganaderas e industriales por número de empleados y año de creación (intervalo de confianza IC = 95,0 %; error muestral = 5,0 %), así como una muestra representativa de universitarios del último curso de las ramas agrarias de la Universidad de Valladolid en los cursos 2017-2018 y 2018-2019 (Gabinete de Estudios y Evaluación de la Universidad de Valladolid, 2018) estratificados por titulación (IC = 93,8%; error muestral = 6,2 %) (Tabla 1).

El 34,9 % de los trabajadores ocupaba un puesto de administrativo/ventas, el 31,8 % eran supervisores/gerentes, el 18,9 % eran operarios y el 14,4 % eran directivos o dueños. El 65,8 % eran hombres y el 34,2 % mujeres. El 34,1 % de los trabajadores tenía entre 31 años y 40 años, el 29,7 % entre 41 años y 50 años, el 24,4 % entre 21 años y 30 años, el 11,3 % entre 51 años y 60 años, el 1,3 % más de 61 años y el 0,5 % menos de 20 años. El 89,4 % de los universitarios tenían entre 21 años y 30 años, el 5,0 % entre 31 años y 40 años, el 4,3 % tenía menos o 20 años y el 1,4 % entre 41 años y 50 años. El 56,7 % eran mujeres y el 43,3 % hombres.

Método y cuestionario

La investigación se desarrolló aplicando el método de entrevista personal. Para ello, se diseñó y aplicó un cuestionario creado a partir de las tres áreas de motivación de los trabajadores de la teoría de Herzberg *et al.* (1967); i) el reconocimiento recibido por el trabajo realizado, ii) la responsabilidad de uno en el trabajo y iii) el trabajo en sí mismo. En cada área, las variables se obtuvieron a partir de los ítems empleados por la encuesta de Metroscopia en España (European Values Study and Gesis Data Archive for the Social Sciences, 2008), los cuestionarios de Motivación en el Trabajo (CMT) y de Satisfacción Laboral (S20/23) empleados por García y Forero (2014) y los cuestionarios utilizados en los estudios de preferencias laborales de los universitarios en "Compromiso en la Empresa: Compromiso Laboral de los universitarios 2008/2009" (Fundación Universidad-Empresa, 2009). Los ítems se agruparon y simplificaron para evitar reiterar y agotar a los encuestados con largos cuestionarios. El cuestionario contó con un total de 15 variables (Tabla 2). La escala utilizada para la valoración de las variables es tipo Likert de cinco puntos, en la que 1 indica que, para quien responde, lo propuesto es "nada importante" y 5 "muy importante".

Se organizaron además grupos focales con los universitarios por titulaciones y curso académico, para obtener una valoración cualitativa ante el empleo de los trabajadores futuros. Se dispuso una sala en la que cada universitario contó con un ordenador personal y acceso a internet. La sesión comenzó explicando el objeto de la actividad, se entregó

Tabla 1. Muestra de trabajadores de empresas agrarias estratificadas por número de empleados y año de creación y universitarios estratificados por titulación.
Table 1. Sampling of employees of agribusiness firms screened by size and year of foundation and university students screened by degree or master.

Muestra	Criterios de estratificación			% Población	N muestra
Trabajadores	Empresas	Empleados	De 1 a 9	90,3	344
			De 10 a 49	8,0	30
			De 50 a 199	1,3	5
			≥200	0,4	2
		Año creación	Antes de 1998	30,5	116
			1998-2015	53,1	202
			Después de 2015	16,4	63
Universitario	Titulación	Grado	GE	23,0	32
			GIAMR	14,0	20
			GIIAA	11,0	15
		Máster	MCDIA	33,0	47
			MIA	16,0	22
			MTADA	4,0	5

Fuente: Gabinete de Estudios y Evaluación de la Universidad de Valladolid (2018), CES (2016), INE (2017), MAPAMA (2018).

GE-Grado en Enología; GIAMR-Grado en Ingeniería Agrícola y del Medio Rural; GIIAA-Grado en Ingeniería de las Industrias Agrarias y Alimentarias; MCDIA-Máster en Calidad, Desarrollo e Innovación de los Alimentos; MIA-Máster en Ingeniería Agronómica y MTADA-Máster en Tecnologías Avanzadas para el Desarrollo Agroforestal.

a cada participante un listado de las empresas del sector y se les invitó a que completasen, si lo necesitaban consultando en internet, la imagen que les transmitía cada empresa. A continuación se pusieron en común y recopilaron las preferencias ante el empleo de los universitarios.

Tratamiento de datos

Para analizar las diferencias por género y entre trabajadores actuales y futuros se realizó un análisis de diferencias significativas mediante un contraste no paramétrico para dos muestras independientes, por la prueba U de Mann-Whitney debido a que se rechazó la hipótesis nula de normalidad ($p < 0,05$) a través de la prueba de Kolmogorov-Smirnov. La prueba de U de Mann-Whitney, es equivalente a la prueba de suma de rangos de Wilcoxon y a la prueba de dos grupos de Kruskal-Wallis. Es la alternativa no paramétrica a la comparación de dos promedios independientes a través de la *t* de Student.

Para analizar las preferencias ante el empleo entre puestos y generaciones se realizó un

Tabla 2. Variables en el cuestionario según áreas de teoría de Herzberg.
Table 2. Variables in the questionnaire according to the Herzberg s theory.

Área de Herzberg	Descripción	Variable
Reconocimiento	Un buen salario por encima de todo	Salario
	En una empresa que se me pague por lo que genero a la empresa	Retribución por rendimiento
	En una empresa con retribuciones flexibles	Retribución flexible
Responsabilidad	En una empresa en la que me pueda realizar profesionalmente, con promoción y que aplica nuevas técnicas de coaching y mentoring	Desarrollo profesional
	En una empresa en la que pueda realizarme como persona	Desarrollo personal
	En una empresa que me permita compatibilizar mi vida personal con el trabajo	Conciliación
	En un buen ambiente con los compañeros	Ambiente laboral
	En una empresa que ofrezca formación, incentivos, reconocimientos u otras formas de motivación en el puesto	Motivación
	En una empresa estatal con seguridad con independencia del salario	Estabilidad
	En una empresa que esté en consonancia con mis ideas	Consonancia de ideas
Trabajo en sí mismo	En una pequeña empresa por mayor control del proceso	Empresa familiar
	En una gran multinacional por mayor seguridad	Gran corporación
	En una empresa cerca de casa	Localización
	En una empresa joven	Antigüedad
	En una empresa conocida	Renombre

Fuente: Elaboración propia a partir de European Values Study and Gesis Data Archive for the Social Sciences (2008), Fundación Universidad-Empresa (2009), García y Forero (2014), Herzberg *et al.* (1967), Pérez-Carbonell y Ramos-Santana (2015).

contraste no paramétrico para k muestras independientes, por la prueba H de Kruskal Wallis debido a que se rechazó la hipótesis nula de normalidad ($p < 0,05$) a través de la prueba de Kolmogorov-Smirnov. La prueba H de Kruskal Wallis analiza las diferencias en tendencia central siguiendo el proceso de, i) ordenación de todos los valores para las k muestras conjuntamente, ii) asignación de rangos desde 1 hasta N y en el caso de que existan rangos repetidos, éstos se promedian y existe una corrección de la H, iii) suma de los rangos para

cada una de las muestras (Rj) y obtención de la H de Kruskal-Wallis, aproximando a una chi-cuadrado con k–1 grados de libertad:

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{j=1}^{k} R_j^2 - 3(N+1)$$

Se tomaron como diferencias estadísticamente significativas aquellas cuya $p < 0,06$. Para el análisis de los datos se empleó la herramienta informática SPSS v.24.0.

Resultados y discusión

Diferencias en las preferencias ante el empleo por puesto ocupado

Los resultados revelaron diferencias significativas en las preferencias ante el empleo (prueba H de Kruskal-Wallis X^2 = 8,916; p = 0,03) entre operarios-administrativos/ventas (rango promedio = 193,06) y directivos/propietarios-supervisores/gerentes (rango promedio = 208,68). Los directivos y gerentes mostraron una mayor preferencia por las retribuciones por rendimiento y flexibles, el desarrollo personal, la conciliación, el ambiente laboral, la estabilidad y la consonancia de ideas. Este resultado se puede explicar por la mayor capacidad de decisión en estos puestos (Bitsch, 2009).

Diferencias en las preferencias ante el empleo por género

Los resultados revelan que no existen diferencias significativas en los trabajadores agrarios en las preferencias ante el empleo por género, a diferencia de otros sectores españoles (Randstad, 2019), aunque sí se encontraron diferencias entre los universitarios. Las universitarias consideran significativamente diferente la consonancia de ideas (p = 0,047) y los universitarios la retribución por rendimiento (p = 0,041) (Tabla 3). Los resultados confirman a Pérez-Carbonell y Ramos-Santana (2015) que demostraron las diferencias en las preferencias ante el empleo por género entre los universitarios.

Tabla 3. Análisis U de Mann-Whitney de la diferente preferencia ante el empleo por género en el sector agrario.
Table 3. U Mann-Whitney analysis: differences injob preferences by gender in the agrarian sector.

Variables	Hombre	Mujer	U de Mann-Whitney	W de Wilcoxon	Z	Sig. Asintótica (bilateral)
Universitarios						
Retribución por Rendimiento	**77,95**	65,70	2016,000	5256,000	-2,040	0,041
Consonancia de Ideas	64,76	**75,76**	2059,500	3950,500	-1,986	0,047

Diferencias en las preferencias ante el empleo por generación

La investigación revela diferencias significativas ante el empleo según la generación a la que pertenezca el encuestado. Los trabajadores hasta los 40 años, difieren significativamente en un empleo en el que puedan realizarse profesionalmente. Mientras que los universitarios a esa edad se diferencian en preferir el salario, las retribuciones flexibles

y en el caso de los menores de 20 años que el trabajo esté en consonancia con sus ideas. Estos datos coinciden con el resto de autores que demostraron que las nuevas generaciones prefieren trabajos que les emocionen, en los que puedan desarrollarse profesionalmente y aprender (García-Sainz y García-Díez, 2000; Salahuddin, 2011) (Tabla 4). Este resultado muestra un cambio en las preferencias ante el empleo en el sector agrario (Pérez-Carbonell y Ramos-Santana, 2015) que creemos también puede deberse al cambio en las preferencias a lo largo de la vida. La emoción y el placer son más preferidos en la adolescencia y disminuyen con la edad (Gouveia *et al.*, 2015). Estos resultados no coinciden con otros sectores españoles (Randstad, 2019) donde los mayores de 60 años se diferencian en preferir la estabilidad y los de 40-60 años la conciliación. Esta menor diferenciación por la conciliación en el sector agrario puede explicarse por el marcado carácter familiar de las empresas agrarias donde en muchos casos conviven familia y trabajo.

Tabla 4. Análisis H de Kruskal-Wallis, diferencias ante el empleo por edad.
Table 4. H Kruskal-Wallis's analysis: differences in job preferences by age.

Variables	Edad						H de Kruskal-Wallis (X^2)	*p*
	<20	21-30	31-40	41-50	51-60	>61		
	Rango promedio							
Trabajadores								
Desarrollo profesional	**285,50**	**205,61**	**201,68**	177,61	170,31	95,00	15,032	0,010
Universitarios								
Salario	40,75	**73,20**	**69,29**	29,00	0,00	0,00	8,005	0,046
Retribución flexible	67,75	**72,23**	**69,43**	9,00	0,00	0,00	14,994	0,002
Consonancia de ideas	**92,50**	**71,24**	62,29	22,00	0,00	0,00	7,648	0,054

El estadístico H se distribuye según el modelo de probabilidad chi-cuadrado, por lo que el programa SPSS ofrece directamente el valor del estadístico X^2, en este caso con cinco grados de libertad.

Diferencias ante el empleo de trabajadores actuales y futuros

Los resultados reflejan diferencias significativas entre los trabajadores actuales y futuros ante el empleo para todas las variables que se analizaron (Tabla 5).

La figura 1 demuestra la asimetría entre las preferencias ante el empleo de los trabajadores y los universitarios. Además, los universitarios manifestaron una baja preferencia por crear sus propias empresas y prefieren empresas activas, dinámicas y en las que puedan aprender. Otros tipos de empresas preferidas por lo universitarios son, organismos internacionales, centros de I+D+i y docentes, lo cual se puede explicar por la idiosincrasia de la universidad. Finalmente, un buen número de universitarios manifestaron preferir trabajar en una empresa de otros sectores y/o del extranjero evidenciando una falta de atracción por el sector agrario (Figura 1).

Tabla 5. Análisis U de Mann-Whitney diferencias en las preferencias ante el empleo de los trabajadores y universitarios en el sector agrario.
Table 5. U Mann-Whitney analysis: differences in job preferences between employees and students in the agrarian sector.

Variable	Trabajador	Universitario	U Mann-Whitney	W de Wilcoxon	Z	Sig. Asintótica bilateral
Desarrollo profesional	232,53	**339,79**	15822,000	88593,000	-8,559	0,000
Motivación	232,86	**338,89**	15948,000	88719,000	-8,698	0,000
Conciliación	251,05	**289,74**	22878,000	95649,000	-4,284	0,000
Ambiente laboral	251,55	**288,39**	23068,500	95839,500	-4,057	0,000
Desarrollo personal	255,55	**277,59**	24592,500	97363,500	-2,329	0,020
Estabilidad	**296,05**	168,15	13698,000	23709,000	-10,682	0,000
Retribución por rendimiento	**285,55**	196,52	17698,500	27709,500	-7,735	0,000
Salario	**281,67**	206,99	19174,500	29185,500	-7,314	0,000
Retribución flexible	**274,05**	227,60	22080,000	32091,000	-4,274	0,000
Consonancia de ideas	**270,05**	238,40	23604,000	33615,000	-2,984	0,003

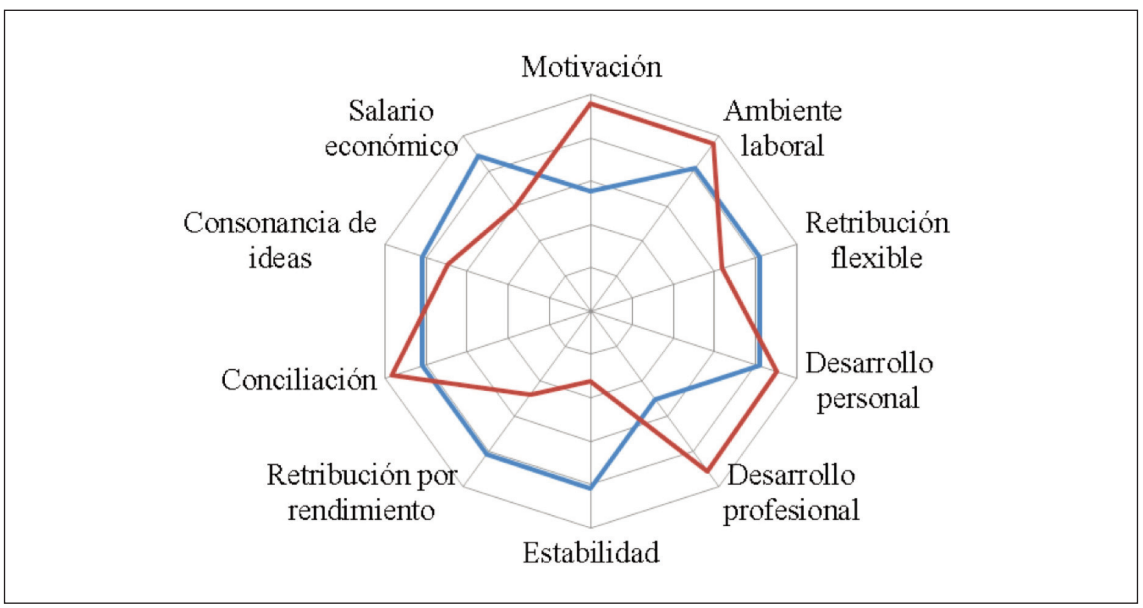


Figura 1. Gráfico tela de araña comparativa de las preferencias ante el empleo entre trabajadores (en azul) y universitarios (rojo).
Figure 1. Spider graph of the comparison of job preferences between employees (in blue) and university students (in red).

Cambios en la gestión de los recursos humanos agrarios

Los resultados ponen de manifiesto la necesidad de adaptar la gestión de los recursos humanos en las empresas agrarias a las diferencias en las preferencias ante el empleo (Cascante, 2017). Se necesita un primer cambio hacia instrumentos diferenciados de gestión del personal (Pasamar y Valle, 2011). De manera general, diferenciar los incentivos en forma de retribuciones por rendimiento para los hombres. Diferenciar los incentivos en forma de perspectivas reales de carrera y promoción profesional basados en el cumplimiento de objetivos y productividad, así como en forma de salario emocional, como toda retribución que incluye cuestiones de carácter no económico, cuyo fin es satisfacer las necesidades personales, familiares y profesionales del empleado (Ferguson *et al.*, 2012; Llano, 2014). En el caso de los jóvenes, se necesitan gerentes y supervisores con capacidad de liderazgo (Babalola, 2016) que creen confianza, motivación y que les hagan sentirse parte de la empresa, estimados y autorrealizados (Kianto *et al.*, 2016). Meyerding y Lehberger (2018) demostraron en el sector hortícola alemán que los supervisores comprensivos, con sentido del humor, que muestran reconocimiento y que dan recomendaciones constructivas son más capaces de crear lealtad y de conectar profesional y emocionalmente. Además, Kianto *et al.* (2016) demostraron que el supervisor que comparte su conocimiento, experiencia, ideas, coaching/entrenamiento y mentoring/guía aunque sea de manera informal, contribuye en mayor medida a la satisfacción del empleado (Wang, 2013; Theeboom *et al.*, 2014). El segundo cambio debe ir orientado hacia la alineación universidad-empresa. Se hace necesario trabajar en la alineación de la universidad con las empresas agrarias para salvar las asimetrías entre trabajadores y universitarios, que permitan una mejor atracción del talento en el sector agrario y aumente la empleabilidad (Comisión Europea/EACEA/Eurydice, 2014). En este sentido, las prácticas curriculares obligatorias deberían contribuir a trasladar el entorno laboral a los planes de estudios induciendo cambios. Sería interesante remunerar a las buenas empresas que reciban universitarios en prácticas, certificar a las empresas con buenos líderes y transferir buenas prácticas de los supervisores en el sector agrario.

Conclusiones

Esta investigación tuvo por objeto analizar las diferencias en las preferencias ante el empleo en el sector agrario por puesto, género, generación y trabajadores actuales y futuros, con el objeto de mejorar la atracción y retención del talento. Los resultados demuestran un cambio en el sector agrario en las preferencias ante el empleo en las nuevas generaciones, que van dejando paso a la búsqueda de un trabajo motivante y el desarrollo profesional. Existen diferencias por puesto, género y generación que recomiendan una gestión diferenciada según la distinta proporción de puestos, generaciones y género entre el personal. Se trata de incentivos diferenciados de desarrollo profesional y de retribuciones por rendimiento. Además, las diferencias ante el empleo entre trabajadores actuales y futuros aconsejan una alineación universidad-empresa para el aumento de la atracción y retención del talento en el sector.

Implicaciones prácticas y futuras líneas de investigación

Los resultados aportan una información valiosa para los gestores de las empresas agrarias sobre los cambios y diferencias en las preferencias ante el empleo. Un cambio de paradigma en la gestión de los recursos humanos repercutiría en un aumento de la com-

petitividad y productividad. Esta investigación abre nuevas líneas de investigación para identificar buenas prácticas en la gestión de los recursos humanos en las empresas agrarias y las formas y/o medios para mejorar la gestión y crear la conexión empresa-universidad que permita a las empresas atraer y retener el talento. A su vez, los resultados permitirán que las empresas puedan adaptarse a los cambios con mayor facilidad, que en el futuro consigan una mayor satisfacción de los trabajadores y una mayor retención del personal, llegando a un escenario en el que ambos se benefician, es decir, "ganar-ganar".

Referencias bibliográficas

Babalola SS (2016). The effect of leadership style, job satisfaction and employee-supervisor relationship on job performance and organizational commitment. Journal of Applied Business Research 32(3): 935-946. https://doi.org/10.19030/jabr.v32i3.9667

Belias D, Koustelios A, Sdrolias, L, Aspridis, G (2015). Job satisfaction, role conflict and autonomy of employees in the Greek Banking Organization. Procedia – Social and Behavioral Sciences 175: 324-333. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.1207

Bitsch V, Hogberg M (2005). Exploring horticultural employees' attitudes toward their jobs: a qualitative analysis based on Herzberg's theory of job satisfaction. Journal of Agricultural and Applied Economics 37(3): 659-671. http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.43500

Bitsch V (2009). Personnel Management Research in Agribusiness. Actas 19th Annual World Forum and Symposium of the International Food and Agribusiness Management Association, June 20-23, Budapest, Hungary.

Cascante E (2017). Gestión del talento intergeneracional. Best Workplaces 36-39.

CES (2016). Informe 3/2016. La de creación de empresas e impacto en el empleo. Consejo Económico y Social. 158 pp.

Comisión Europea/EACEA/Eurydice (2014). Modernización de la Educación Superior en Europa: acceso, permanencia y empleabilidad 2014. Informe Eurydice. Comisión Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. 102 pp.

European Values Study and Gesis Data Archive for the Social Sciences (2008). European Values Study Master Questionnaire en EVS 2008 Method Report Country Report – Spain. Luxembourg: GESIS.

Eurostat (2018). Labour Force Survey. Bélgica: Unión Europea. Disponible en: https://ec.europa.eu/eurostat/web/microdata/european-union-labour-force-survey (consultado: 13 de Diciembre de 2020).

Ferguson M, Carlson DS, Zivnuska S, Whitten D (2012). Support at work and home: The path to satisfaction through balance. Journal of Vocational Behavior 80(2): 299-307. https://doi.org/10.1016/j.jvb.2012.01.001

Fundación Universidad-Empresa (2009). Informe de resultados. Compromiso en la empresa. Compromiso laboral de los universitarios. Diagnóstico comparativo 2008/2009. Madrid: Fundación Universidad-Empresa. 20 pp.

Gabinete de Estudios y Evaluación de la Universidad de Valladolid (2018). Informe la UVa en cifras. Universidad de Valladolid.

García-Sainz C, García-Díez S (2000). Para una valoración del trabajo más allá de su equivalente monetario. Cuadernos de Relaciones Laborales 17: 39-64.

García M, Forero C (2014). Motivación y satisfacción laboral como facilitadores del cambio organizacional: Una explicación desde las ecuaciones estructurales. Psicogente 17(31): 120-142.

Gouveia VV, Vione KC, Milfont TL, Fischer R (2015). Patterns of value change during the life span: Some evidence from a functional approach to values. Personality and Social Psychology Bulletin 41(9):1276-1290. http://doi.org/10.1177/0146167215594189

Harter JK, Schmidt FL, Hayes TL (2002). Business-unit-level relationship between employee sa-

tisfaction, employee engagement, and business outcomes: A meta-analysis. Journal of Applied Psychology 87(2): 268-279. http://doi.org/10.1037//0021-9010.87.2.268

Herzberg F, Mausner B, Snyderman BB (1967). The Motivation to Work. John Wiley and Son, New York. 157 pp.

Huang M, Li P, Meschke F, Guthrie JP (2015). Family firms, employee satisfaction, and corporate performance. Journal of Corporative Finances 34: 108-127. http://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2015.08.002

INE (2017). Estadísticas empresas por actividad. Instituto Nacional de Estadística.

Jacobs MA, Yu W, Chavez R (2016). The effect of internal communication and employee satisfaction on supply chain integration. International Journal of Production Economy 171(1): 60-70. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.10.015

Jankelova N, Joniakova Z, Blstakova J, Nemethova I (2017). Readiness of human resource departments of agricultural enterprises for implementation of the new roles of human resource professionals. Agricultural Economics Czech 63: 461-470. https://doi.org/10.17221/189/2016-AGRICECON

Judge TA, Heller D, Mount MK (2002). Five-factor model of personality and job satisfaction: A meta-analysis. Journal of Applied Psychology 87: 530-541. https://doi.org/10.1037/0021-9010.87.3.530

Khan AH, Aleem M (2014). Impact of job satisfaction on employee turnover: An empirical study Autonomous Medical Institutions of Pakistan. Journal of International Studies 7: 122-132. http://doi.org/10.14254/2071-8330.2014/7-1/11

Kianto A, Vanhala M, Heilmann P (2016). The impact of knowledge management on job satisfaction. Journal Knowledge Management 20(4): 621-636. https://doi.org/10.1108/JKM-10-2015-0398

Lu ACC, Gursoy D (2013). Impact of job burnout on satisfaction and turnover intention: do generational differences matter? Journal of Hospitality & Tourism Research 40(2): 210-235. https://doi.org/10.1177/1096348013495696

Llano P (2014). La flexibilidad laboral y el salario emocional. Aglala 5(1): 34-68. http://doi.org/10.22519/22157360.700

MAPAMA (2018). Estadísticas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/estadisticas/ (consultado: 13 de Diciembre de 2020).

Matzler K, Fuchs M, Schubert A (2004). Employee satisfaction: Does Kano's model apply? Total Quality Management & Business Excellence 15(9-10): 1179-1198. https://doi.org/10.1080/1478336042000255569

Maudos J, Salamanca J (2019). Observatorio sobre el sector agroalimentario español en el contexto europeo. Informe 2018. Fundación Cajamar. 141 pp.

Meyerding SGH, Lehberger M (2018). Gender and job satisfaction in German horticulture. International Food and Agribusiness Management Review 21(7): 1003-1022. https://doi.org/10.22434/IFAMR2017.0125

Mugera AW (2012). Sustained competitive advantage in agribusiness: applying the resource-based theory to human resources. International Food and Agribusiness Management Review 15(4): 27-39.

Pasamar S, Valle R (2011). Conciliación de la vida profesional–personal en empresas españolas ¿Mito o realidad? Universia Business Review 29: 14-31.

Pérez-Carbonell A, Ramos-Santana G (2015). Preferencias de los y las estudiantes universitarias sobre el empleo desde una perspectiva de género. Revista Complutense de Educación 26(3): 721-739. https://doi.org/10.5209/rev_RCED.2015.v26.n3.44804

Pizarro O (2017). El Salario Emocional: más allá de la Nómina. Qreatic.

Platis C, Zoulias E (2017). Organization style and its effect on employee satisfaction and personal performance. En: Strategic Innovative Marketing (Eds. A Kavoura, D Sakas, P Tomaras), pp. 151-158. Springer Proceedings in Business and Economics. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56288-9_21

PwC (2019). El futuro del sector agrícola español. Pricewaterhouse Coopers Asesores de Negocios, S.L. 110 pp.

Randstad (2019). Informe Randstad employer brand research 2019. Disponible en: https://www.randstad.es/wp-content/uploads/2019/06/Informe-Randstad-Employer-Brand-2019.pdf (Consultado: 13 de Diciembre 2020).

Raziq A, Maulabakhsh R (2015). Impact of working environment on job satisfaction. Procedia Economics 23: 717-725. https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00524-9

Salahuddin MM (2011). Generational differences impact on leadership style and organizational success. Journal Diverse Management 5: 1-6. https://doi.org/10.19030/jdm.v5i2.805

Solnet D, Kralj A (2011). Generational differences in work attitudes: Evidence from the hospitality industry. Hospitality Review 29: 37-54.

Theeboom T, Beersma B, van Vianen AEM (2014). Does coaching work? A meta-analysis on the effects of coaching on individual level outcomes in an organizational context. The Journal of Positive Psychology 9: 1-18. https://doi.org/10.1080/17439760.2013.837499

Wang YL (2013). R&D employees' innovative behaviors in Taiwan: HRM and managerial coaching as moderators. Asia Pacific Journal Human Resources 51: 491-515. https://doi.org/10.1111/j.1744-7941.2012.00049.x

Wheatley D (2017). Employee satisfaction and use of flexible working arrangements. Work Employment Society 31(4): 567-585. https://doi.org/10.1177/0950017016631447

Zablah AR, Carlson BD, Donavan DT, Maxham JG, Brown TJ (2016). A cross-lagged test of the association between customer satisfaction and employee job satisfaction in a relational context. Journal of Applied Psychology 101(5): 743-55. http://doi.org/10.1037/apl0000079

(Aceptado para publicación el 11 de diciembre de 2020)

Determinantes de la adopción de instrumentos de gestión del riesgo en la agricultura de regadío

M. Dolores Guerrero-Baena[1,*], José A. Gómez-Limón[1] y Sandra Sánchez-Cañizares[2]

[1] WEARE-*Water, Environmental, and Agricultural Resources Economics Research Group*, Universidad de Córdoba. Facultad de Derecho y Ciencias Económicas y Empresariales, Puerta Nueva s/n. 14071 Córdoba, España

[2] Área de Organización de Empresas, Universidad de Córdoba, Facultad de Derecho y Ciencias Económicas y Empresariales, Puerta Nueva s/n. 14071 Córdoba, España

Resumen

La agricultura es una actividad económica sometida a diferentes fuentes de riesgo relacionadas, principalmente, con condicionantes climatológicos y de mercado. Para gestionar los riesgos agrarios, los agricultores tienen a su disposición una amplia batería de instrumentos, tales como la diversificación de cultivos, el empleo de contratos de compraventa o el seguro agrario, entre otros. El principal objetivo de este trabajo es analizar, desde una perspectiva integral, los principales determinantes de la adopción de un conjunto de once instrumentos de gestión del riesgo en una muestra de agricultores de regadío de la cuenca mediterránea empleando modelos de regresión logística. Como objetivo complementario de este trabajo, se analizan las relaciones de complementariedad y sustitución entre instrumentos. Los resultados permiten corroborar que la mayoría de las variables consideradas (percepción del riesgo, grado de aversión al riesgo, experiencia pasada, factores sociodemográficos del agricultor y técnico-económicos de la explotación) explican, en mayor o menor medida, la adopción de uno o varios instrumentos de gestión del riesgo. Los resultados de este trabajo contribuyen a soportar la toma de decisiones políticas en relación con la gestión del riesgo en la agricultura, en un contexto como el actual, de incidencia creciente de los impactos negativos del cambio climático.

Palabras clave: Estrategias de gestión del riesgo, fuentes de riesgo, cambio climático, percepción del riesgo, aversión al riesgo, España.

Factors explaining the adoption of risk management instruments in irrigated agriculture

Abstract

Agriculture is an economic activity subject to different sources of risk, mainly related to climatic and market conditions. To manage agricultural risks, farmers can implement a wide range of instruments, such as crop diversification, the use of sales contracts, or agricultural insurance, among others. The main objective of this paper is to analyze, from a comprehensive perspective, the main factors explaining the adoption of a set of eleven risk management instruments considering a sample of irrigated farmers in a Mediterranean agricultural system using logistic regression models. As a complementary objective, this

* Autor para correspondencia: dolores.guerrero@uco.es

Cita del artículo: Guerrero-Baena MD, Gómez-Limón JA, Sánchez-Cañizares S (2021). Determinantes de la adopción de instrumentos de gestión del riesgo en la agricultura de regadío. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 117(4): 449-473. https://doi.org/10.12706/itea.2021.001

study also analyzes the complementarity and substitution relationships between instruments. The results obtained confirm that most of the variables considered (risk perception, risk aversion, past experience, farmers' sociodemographic characteristics, and technical-economic factors of farms) explain, to a greater or lesser extent, the adoption of one or several risk management instruments. These results contribute to support political decision-making regarding risk management in agriculture in the current context where the negative impacts of climate change are increasing.

Keywords: Risk management strategies, risk sources, climate change, risk perceptions, risk aversion, Spain.

Introducción

El riesgo en la actividad agraria

La agricultura es una actividad económica caracterizada por su elevada exposición al riesgo (Hardaker *et al.*, 2004), esto es, a incertidumbres de diferentes tipos que pueden impactar negativamente en la renta y el bienestar de los agricultores (OECD, 2011). En este sentido, la clasificación de riesgos agrarios más ampliamente aceptada (Komarek *et al.*, 2020) es aquella que diferencia entre: i) riesgos de producción, que tienen su origen en eventos principalmente de carácter meteorológico, como heladas o sequías, o en circunstancias tales como la afectación de plagas y/o enfermedades, que ocasionan disminuciones en los rendimientos de los cultivos; ii) riesgos de mercado, derivados de la incertidumbre que rige en los mercados agrarios como consecuencia de las fluctuaciones de los precios de los insumos y de los productos agrarios y por la inseguridad en relación con las condiciones de compraventa que imponen a los agricultores los diferentes eslabones de la cadena de valor; iii) riesgos financieros, asociados especialmente a la volatilidad de los tipos de interés que puede encarecer la deuda asumida por los agricultores, así como a la incertidumbre en relación con el acceso al crédito en caso de necesidad de financiación o en relación con el valor de los activos financieros; iv) riesgos legales e institucionales, que se refieren a los cambios recurrentes en las políticas y regulación agrarias; y, finalmente, v) otros riesgos, como, por ejemplo, los relacionados con la responsabilidad civil o la salud del agricultor derivados de los posibles accidentes que puedan tener lugar en la explotación.

En España, la actividad agrícola es especialmente vulnerable a los riesgos de producción y de mercado, dada su fuerte dependencia del medio natural y de los mercados agrarios. Por una parte, las propias peculiaridades del clima mediterráneo de las regiones del sur y este peninsular (irregularidad de precipitaciones y elevada frecuencia de eventos adversos tales como heladas o granizos) hacen que los riesgos de producción derivados de factores climatológicos sean los más relevantes (Antón y Kimura, 2011). Las condiciones climatológicas (principalmente, las precipitaciones y la temperatura) son las variables que condicionan, en mayor medida, la cantidad y calidad de la producción agraria (Howden *et al.*, 2007). En este sentido, se ha de destacar que las proyecciones futuras sobre cambio climático en la agricultura mediterránea indican que la frecuencia y la intensidad de estos eventos climatológicos adversos (principalmente, las sequías) se irán acentuando en un futuro próximo (EEA, 2019). Ello contribuirá, particularmente, a incrementar la vulnerabilidad de la agricultura de regadío en estas regiones por la creciente escasez de agua de riego originada por sequías más intensas y prolongadas. En combinación con los riesgos de producción derivados de factores climatológicos, es necesario indicar que circunstancias tales como la progresiva globalización de los mercados europeos y el au-

mento de la competitividad en los mercados agrícolas por la entrada de producciones de países terceros, con las consiguientes oscilaciones de los precios agrarios, convierten a los riesgos de mercado en otra fuente de incertidumbre muy relevante para los agricultores españoles (Antón y Kimura, 2011).

Todas las fuentes de riesgo de la actividad agraria se caracterizan asimismo según su frecuencia o probabilidad de ocurrencia y en función del alcance o intensidad de sus impactos negativos sobre los agricultores. Así, según la OECD (2011), cabría distinguir entre: i) riesgos normales, esto es, acontecimientos que ocurren con elevada frecuencia a nivel local y, por lo general, con daños leves en las explotaciones; ii) riesgos negociables, que hacen referencia a aquellos acontecimientos menos frecuentes, pero más difíciles de gestionar por su mayor alcance por los agricultores por sí solos; y iii) riesgos catastróficos, es decir, aquellos eventos cuya probabilidad de ocurrencia es muy baja, pero con impactos muy elevados y de carácter sistémico.

Los instrumentos de gestión del riesgo en la agricultura

En este entorno de elevada incertidumbre, y dado que los agricultores son agentes económicos mayoritariamente aversos al riesgo (Just y Pope, 2013), estos productores responden adoptando diferentes instrumentos de gestión del riesgo para minimizar el impacto negativo tanto de los riesgos normales como de los negociables (los riesgos catastróficos son gestionados preferentemente a través de instrumentos políticos como las ayudas *ex-post*, aunque excepcionalmente también pueden ser gestionados mediante seguros agrarios, como el caso del *CAT crop insurance* en EE.UU.). En este sentido, los agricultores tienen a su disposición una amplia batería de instrumentos que pueden implementar (Bielza *et al.*, 2008; Meuwissen *et al.*, 2008), entre los cuales cabe distinguir tres principales categorías (Meraner y Finger, 2017):

Instrumentos dentro de la explotación de carácter agrario

En esta categoría de instrumentos, se distinguen: i) la optimización tecnológica, esto es, el uso de tecnologías productivas que permitan incrementar la eficiencia de la explotación minimizando los efectos negativos de los riesgos de producción (p. ej., programación óptima de riegos, ajuste de las dosis de abonado, etc.); ii) la implementación de buenas prácticas agrarias que conduzcan a una mejor gestión de los recursos (p. ej., implantación de sistemas integrados de gestión de plagas o del laboreo de conservación) y una adecuada gestión de riesgos de producción; iii) el uso de variedades de semillas resistentes a situaciones de estrés, tales como sequías, plagas y enfermedades; y, por último, iv) la diversificación de cultivos, para poder disminuir la vulnerabilidad ante los riesgos de producción y de mercado inherentes a determinados cultivos.

Instrumentos dentro de la explotación de carácter no agrario

En esta categoría cabe diferenciar entre: i) los contratos de compraventa, al objeto de fijar por anticipado las condiciones de la venta de la producción de los agricultores, incluyendo el precio que estos van a percibir (gestión del riesgo de mercado); ii) la venta de la producción a través de cooperativas, también como medio de gestionar los riesgos derivados de la comercialización de la producción; y iii) las reservas financieras de mantenimiento para hacer frente a cualquier tipo de contingencia que pudiera ocurrir en la explotación en un futuro.

Instrumentos externos a la explotación

En esta categoría, se consideran: i) la contratación de seguros agrarios para cubrir los daños en la producción que pudieran ser ocasionados por eventos tales como heladas o

granizo (riesgos de producción); ii) la contratación de otros seguros (responsabilidad civil, vida, salud o relacionados con la titularidad de activos fijos como maquinaria o edificaciones); iii) la dotación de fondos de pensiones; iv) el desempeño de otro empleo fuera de la explotación; y v) la realización de inversiones fuera de la explotación. Estos cuatro últimos instrumentos resultan adecuados para cubrir cualquier tipo de riesgo (producción, mercado, financieros, institucionales y legales y otros riesgos).

Todos estos instrumentos de gestión del riesgo contribuyen a reducir la exposición de los agricultores a los diferentes tipos de riesgo, disminuyendo su vulnerabilidad y favoreciendo la estabilización de las rentas agrarias. Por este motivo, en un contexto de riesgos crecientes por el cambio climático, tales instrumentos se configuran como medidas de adaptación al mismo (Varela-Ortega *et al.*, 2016; EEA, 2019).

Factores que inciden en la adopción de instrumentos de gestión del riesgo en la agricultura

Existe una extensa literatura que analiza la adopción de instrumentos para gestionar los riesgos por parte de los agricultores y de los factores que explican tales procesos de implementación. Para una revisión reciente del estado del arte puede consultarse el trabajo de Duong *et al.* (2019). En primer lugar, cabe indicar la percepción de la importancia relativa de las diferentes fuentes de riesgo por el propio agricultor como uno de los condicionantes más relevantes de esta adopción (Khan *et al.*, 2020), tal y como sugiere la teoría de la utilidad esperada subjetiva (TUES) (Savage, 1972). En segundo lugar, la propia experiencia pasada del agricultor ante las diferentes situaciones de riesgo. En tercer lugar, se ha evidenciado que el comportamiento de los agentes económicos bajo incertidumbre depende, asimismo, de su actitud frente al riesgo (grado de aversión al riesgo), siendo este otro condicionante relevante de la adopción de instrumentos de gestión del riesgo en la agricultura (van Winsen *et al.*, 2014; Meraner y Finger, 2017). En cuarto lugar, cabe señalar igualmente la influencia de factores sociodemográficos del agricultor y técnico-económicos de su explotación (Asravor, 2019). Finalmente, debe apuntarse el coste de implementación para el agricultor como factor también relevante en su toma de decisiones (Bielza *et al.*, 2007).

Sin embargo, se ha de advertir que, a pesar de la vasta literatura sobre gestión del riesgo en la agricultura, no existen trabajos que aborden el análisis de la adopción de instrumentos de gestión del riesgo por parte de los agricultores desde una perspectiva integral, esto es, considerando el conjunto de la amplia cartera de instrumentos que estos productores pueden implementar y teniendo en cuenta todos los condicionantes previamente comentados. En cualquier caso, como antecedentes de esta investigación pueden señalarse los trabajos de Asravor (2019) o Khan *et al.* (2020), que consideran el conjunto de instrumentos de gestión del riesgo que los agricultores pueden implementar dentro de su explotación, pero únicamente para gestionar los riesgos de producción. Asimismo, cabe señalar otros trabajos relacionados, aunque con enfoques más simplificados, como el de van Winsen *et al.* (2014), que emplea el análisis factorial para reducir el número de instrumentos a analizar, o el de van Asseldonk *et al.* (2016) que, si bien analiza la totalidad de instrumentos disponibles para el agricultor, considera un conjunto de variables explicativas muy reducido.

Objetivos del trabajo

Este artículo pretende contribuir a corregir el déficit de conocimiento arriba mencionado, planteando para ello un doble objetivo. En primer lugar, analizar los factores determinantes que explican la decisión de los agricultores en relación con la adopción de cada instrumento de gestión del riesgo de que disponen como alternativa. Y, en segundo lugar, analizar las relaciones de complementariedad y sustitución en las decisiones de adopción de los diferentes instrumentos de gestión del riesgo. La consecución de ambos objetivos se ha realizado de manera empírica, mediante la captura de información primaria procedente de una muestra representativa de agricultores de regadío de la provincia de Córdoba, considerado como caso de estudio, y su posterior tratamiento mediante técnicas de regresión logística.

Los resultados de este trabajo ayudan a entender la demanda de los diferentes instrumentos de gestión del riesgo en la agricultura y sus relaciones de complementariedad y sustitución en un sistema agrario poco explorado hasta el momento en este sentido, como es la agricultura mediterránea de regadío. Este nuevo conocimiento resulta útil tanto para los agricultores como para los decisores políticos. Por un lado, este trabajo provee información de utilidad que puede ser empleada en los procesos de decisión de los agricultores relativos a la selección de carteras de instrumentos de gestión adaptadas a los principales riesgos de sus explotaciones. Por otro lado, para los decisores políticos esta información puede orientarse a soportar mejoras en las políticas públicas de gestión del riesgo en la agricultura, permitiendo la correcta focalización de los incentivos ya existentes (p. ej., subvenciones a las primas del seguro agrario) y la confección de nuevos instrumentos (p. ej., incentivos fiscales para los ahorros de precaución).

Material y métodos

El análisis de la adopción de instrumentos de gestión del riesgo

La toma de decisiones de los agricultores en situaciones de riesgo ha venido tradicionalmente modelizándose de acuerdo con la teoría de la utilidad esperada (TUE) (von Neumann y Morgenstern, 1944). Según esta teoría, los individuos toman decisiones en función de la utilidad esperada que les puede reportar cada alternativa sujeta a riesgo. La TUE asume que los individuos tienen un perfecto conocimiento de la distribución de probabilidades de ocurrencia de los eventos estocásticos y del resultado esperado de cada alternativa. Sin embargo, este supuesto no se ajusta a la realidad agraria, puesto que los agricultores toman sus decisiones en un contexto de incertidumbre (las probabilidades de ocurrencia de los eventos estocásticos son inciertas). Por este motivo, los trabajos más recientes sobre procesos de decisión de los agricultores bajo incertidumbre (p. ej., Menapace *et al.*, 2013; Meraner y Finger, 2017) vienen fundamentándose en la extensión de la TUE, la previamente mencionada teoría de la utilidad esperada subjetiva (TUES) (Savage, 1972). Esta teoría considera que, cuando los individuos toman decisiones en un contexto de incertidumbre, como es el caso de la elección de instrumentos de gestión del riesgo en la agricultura, estos tienen en cuenta sus percepciones subjetivas del riesgo. Esto es, toman sus decisiones sobre la base de probabilidad de ocurrencia y consecuencias de cada alternativa establecidas en función de cómo las perciben individualmente. Por tanto, la TUES reconoce que, cuando los individuos no conocen las probabilidades objetivas de ocurrencia de los eventos estocásticos (contexto de incertidumbre), estos forman sus propias probabilidades subjetivas de ocurrencia que, en la práctica, no tienen por qué coincidir con las probabilidades objetivas (Menapace *et al.*, 2013).

Aunque a nivel teórico se asume que la percepción subjetiva del riesgo influye en el comportamiento del agricultor en un contexto de incertidumbre, a nivel empírico, la relación entre percepción del riesgo y adopción de instrumentos de gestión del riesgo en la agricultura no está claramente determinada. Algunos trabajos han demostrado que una mayor percepción subjetiva del riesgo por parte de los agricultores conduce a un aumento de la probabilidad de adoptar algunos instrumentos de gestión del riesgo (p. ej., Akhtar *et al.*, 2019; Khan *et al.*, 2020). Sin embargo, otros trabajos no llegan a la misma conclusión (p. ej., van Winsen *et al.*, 2014; Asravor, 2019).

Junto a la percepción subjetiva del riesgo, la evidencia empírica señala que la propia experiencia del agricultor en relación con haber sufrido importantes pérdidas en el pasado reciente, derivadas de los diferentes tipos de riesgos, resulta ser un factor igualmente influyente en la adopción de instrumentos de gestión del riesgo (Meraner y Finger, 2017).

En relación con la actitud del agricultor frente al riesgo (neutralidad o grado de aversión), se puede indicar que aquellos productores más aversos al riesgo prefieren alternativas más seguras, aunque ello implique sacrificar parte del valor esperado de la elección, por lo que la aversión al riesgo resulta *a priori* un factor que favorece la adopción de instrumentos de gestión del riesgo. Según Moschini y Hennessy (2001), la actitud frente al riesgo de los agricultores puede modelizarse en base a la TUE, considerando una función de utilidad esperada con aversión relativa al riesgo constante (*constant relative risk aversion* o CRRA) definida como $U(\pi_i) = \frac{(\pi_i^{1-CRRA_i})}{(1-CRRA_i)}$, donde π_i es el beneficio que obtiene el agricultor *i*, y $CRRA_i$ es el coeficiente de aversión relativa al riesgo de Arrow-Pratt de este mismo productor. El valor de este coeficiente de aversión al riesgo varía enormemente de un agricultor a otro, aunque los estudios empíricos evidencian que oscila normalmente entre 0,5 (ligeramente averso al riesgo) y 4 (extremadamente averso al riesgo) (Gollier, 2004, p. 31). En este sentido, cabe reportar algunos trabajos empíricos que evidencian cómo los agricultores con mayores niveles de aversión al riesgo (coeficiente CRRA) presentan una mayor probabilidad de adoptar instrumentos para minimizar la exposición al riesgo (Ullah *et al.*, 2015; Asravor, 2019). No obstante, otros trabajos no han podido evidenciar esta relación significativa (Adnan *et al.*, 2019) e, incluso, se ha encontrado que los agricultores más aversos al riesgo eran los menos propensos a adoptar instrumentos de gestión del riesgo como el seguro agrario y la diversificación (Hellerstein *et al.*, 2013).

Finalmente, estudios anteriores también han analizado el papel de las variables sociodemográficas del agricultor (edad, tamaño de la unidad familiar y renta procedente de la agricultura) y técnico-económicas de la explotación (dimensión física de la explotación, margen bruto, varianza del margen bruto, mano de obra asalariada no familiar y principales cultivos), en las decisiones relativas a la adopción de determinados instrumentos de gestión del riesgo (p. ej., Adnan *et al.*, 2019; Khan *et al.*, 2020). Sin embargo, también en este aspecto hay evidencias contradictorias sobre la influencia de estas variables como factores explicativos de estas decisiones de los agricultores.

Como se observa, dado que no hay consenso en la literatura empírica sobre cómo influyen, y bajo qué supuestos, la percepción subjetiva de las diferentes fuentes de riesgo, la experiencia pasada, la aversión al riesgo y los factores sociodemográficos del agricultor y técnico-económicos de la explotación en la decisión de adoptar un determinado instrumento de gestión del riesgo, es necesario seguir profundizando en el análisis al objeto de aportar nueva evidencia empírica. En este

sentido, este trabajo trata de contribuir con nueva información en relación con un sistema agrario que hasta el momento no ha sido analizado en este sentido, como es el de la agricultura de regadío de clima mediterráneo. Dado que este sistema sufre en la actualidad las consecuencias negativas del cambio climático (con previsiones nada satisfactorias para los próximos años) se ha considerado oportuno incluir en el análisis, asimismo, la percepción del agricultor acerca de cómo considera que el cambio climático está afectando a nivel local, variable que apenas ha sido incorporada en análisis de este tipo.

Caso de estudio

Tal y como se ha comentado previamente, como caso de estudio para acometer los objetivos planteados en este trabajo, se ha considerado la agricultura de regadío de la provincia de Córdoba. Este sistema agrario está compuesto por una población de 2.083 agricultores (explotaciones) que, en total, gestionan las 111.451 hectáreas regadas de la provincia. Los principales cultivos de este sistema son el olivar (41 % de la superficie regada), el naranjo (16 %), el trigo (9 %), el algodón (8 %) y los hortícolas (7 %), tales como la patata, el ajo o la cebolla.

Al igual que en otras zonas de clima mediterráneo y semi-árido, los regantes de la provincia de Córdoba deben hacer frente a un entorno caracterizado por el riesgo, siendo las fuentes de incertidumbre más importantes las relacionadas con los riesgos de producción y de mercado. En este sentido, la mayor particularidad del sistema agrario analizado es el riesgo de sequía hidrológica, que hace que las dotaciones de agua para el riego que reciben cada año los agricultores sea variable en función de la disponibilidad de agua en los embalses. Como se ha comentado previamente en la Introducción, las predicciones sobre cambio climático en la cuenca mediterránea indican que, en los próximos años, se producirá un descenso paulatino de las precipitaciones, un aumento progresivo de las temperaturas y una mayor frecuencia e intensidad de los periodos de sequía. Estas previsiones afectan muy negativamente a la agricultura de regadío del sur de España (Garrote *et al.*, 2015), ya que provocarán una mayor demanda de agua para riego (mayores necesidades hídricas de los cultivos), una menor disponibilidad estructural de agua (agua embalsada) y una mayor frecuencia de fallos de suministro (sequías hidrológicas). Ello está generando una preocupación creciente entre los regantes, en la medida que el cambio climático puede poner en riesgo la viabilidad de la agricultura de regadío en estas zonas. Todas estas circunstancias exigen la implementación de instrumentos de gestión del riesgo, que, en este contexto, deben considerarse como medidas de adaptación al cambio climático (Varela-Ortega *et al.*, 2016), cuya adopción resulta clave para incrementar la resiliencia de los productores de regadío. Todo ello justifica la elección del regadío de la provincia de Córdoba como caso de estudio para la presente investigación.

Recopilación de datos y descripción de la muestra

Al objeto de recopilar la información necesaria para el trabajo empírico, se realizó una encuesta a una muestra representativa de agricultores del caso de estudio. Los individuos seleccionados fueron entrevistados personalmente para completar el cuestionario diseñado para este trabajo. Las entrevistas comenzaron con una explicación sobre los objetivos de la investigación, con el propósito de captar la atención de los agricultores, incidiendo en la relevancia del tema de estudio para la actividad productiva de la región.

El cuestionario se estructuró en cinco partes. La primera se centró en recopilar información sobre las principales características de la explotación: dimensión física, plan de culti-

vos y mano de obra empleada en la explotación, entre otras. La segunda parte tenía por objetivo recoger toda la información necesaria para estimar la percepción de cada agricultor sobre la importancia relativa de las distintas fuentes de riesgo (producción, mercado, financiera, institucional y legal y el resto de las fuentes) en relación con la actividad agraria, así como para calcular el coeficiente de aversión al riesgo de cada individuo. A continuación, en la tercera parte, se indagó sobre la experiencia pasada de cada agricultor en relación con cada uno de los diferentes riesgos agrarios y acerca de cómo cada individuo percibía el cambio climático a nivel local. El siguiente apartado recogía preguntas destinadas a conocer qué instrumentos concretos de gestión del riesgo estaban adoptando los agricultores. Y, finalmente, la última parte del cuestionario incluyó preguntas relativas a variables sociodemográficas de los agricultores entrevistados, como género, edad, nivel educativo o dependencia económica de la agricultura, entre otras.

El cuestionario se testó inicialmente en una submuestra de 20 agricultores, con el objetivo de verificar que las preguntas eran fácilmente entendibles por los entrevistados y que estos podían contestarlas sin dificultad.

Para obtener una muestra representativa de regantes de la provincia de Córdoba, se llevó a cabo un muestreo de dos fases. Así, una vez determinado el tamaño muestral (n = 200), se empleó un muestreo por cuotas basado en la extensión de las 21 zonas regables en las que se divide el regadío de la provincia de Córdoba. Posteriormente, en cada zona regable se seleccionaron los agricultores a entrevistar siguiendo un procedimiento aleatorio. El trabajo de campo para la administración de la encuesta se desarrolló entre los meses de octubre y diciembre de 2018, consiguiendo completar 204 cuestionarios válidos.

La representatividad de la muestra se confirmó comparando las distribuciones de la muestra y de la población (obtenida del Censo agrario 2009) respecto a tres variables clave: dimensión física de la explotación, distribución de cultivos y edad del agricultor. Los test chi-cuadrado realizados a tal efecto no rechazaron en ningún caso la hipótesis nula de igualdad de distribuciones.

Las Tablas 1 y 2 presentan los estadísticos descriptivos de las variables métricas y categóricas recogidas por la encuesta.

En síntesis, cabe afirmar que la edad media de los agricultores objeto de estudio es de 54,8 años, siendo en su inmensa mayoría varones (98,5 %), con un nivel educativo medio-bajo (la tercera parte de la muestra sólo ha completado la educación primaria), y para los cuales la agricultura supone la principal fuente de rentas (media del 62,4 % del total de rentas percibidas). La dimensión media de la explotación es de 46,8 hectáreas.

Se observa que los regantes de la muestra perciben los riesgos de mercado (ponderación del 35,7 % sobre el total de riesgos) y de producción (29,2 %) como los más relevantes en su actividad agraria, mostrando un grado de aversión al riesgo medio-alto (media CRRA = 2,7). Asimismo, la mayoría de los agricultores entrevistados están de acuerdo en que los efectos del cambio climático se perciben a nivel local. Finalmente, en cuanto a los instrumentos de gestión del riesgo, todos los encuestados declararon emplear buenas prácticas productivas. Otros instrumentos utilizados mayoritariamente son: la optimización tecnológica (87,7 %), las reservas financieras (84,3 %), la contratación de seguros no agrarios (79,9 %), la venta de la producción a través de cooperativas (71,1 %), la utilización de variedades de semillas resistentes (68,6 %) y la contratación de seguros agrarios (52,5 %).

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de la muestra para las variables métricas.
Table 1. Sample descriptive statistics for metric variables.

Variable	Unidad de medida	Media	DT	Mínimo	Máximo
Características del agricultor					
Edad	Años	54,8	12,3	21,0	83,0
Tamaño de la unidad familiar	Nº de personas	2,5	1,1	1,0	6,0
Renta procedente de la agricultura	Porcentaje	62,4	29,2	5,0	100,0
Características de la explotación					
Dimensión de la explotación	Hectáreas	46,8	85,1	1,0	732,0
Margen bruto unitario	€/ha	2.013,3	1.872,6	420,4	8.552,0
Varianza del margen bruto	$(10^4$ €/ha$)^2$	1.815,7	2.634,7	18,7	8.669,1
Mano de obra asalariada no familiar	Porcentaje	63,4	35,8	0,0	100,0
Superficie cultivada de leñosos	Porcentaje	63,3	43,5	0,0	100,0
Percepción de la importancia relativa de los riesgos[a] y grado de aversión al riesgo[b]					
Percepción riesgos de producción	Porcentaje	29,2	15,0	4,3	65,7
Percepción riesgos de mercado	Porcentaje	35,7	15,6	4,0	64,7
Percepción riesgos financieros	Porcentaje	10,4	8,5	2,7	46,7
Coeficiente de aversión relativo al riesgo (CRRA)	Adimensional	2,7	2,0	0,3	5,5
Experiencia pasada y percepción del cambio climático					
En los últimos 5 años he sufrido importantes pérdidas por riesgos de producción	Likert 1: muy en desacuerdo a 5: muy de acuerdo	2,1	1,3	1,0	5,0
En los últimos 5 años he sufrido importantes pérdidas por riesgos de mercado	Likert 1: muy en desacuerdo a 5: muy de acuerdo	2,6	1,4	1,0	5,0
En los últimos 5 años he sufrido importantes pérdidas por riesgos financieros	Likert 1: muy en desacuerdo a 5: muy de acuerdo	1,3	0,7	1,0	5,0
Considero que el cambio climático está ocurriendo a nivel local	Likert 1: muy en desacuerdo a 5: muy de acuerdo	3,3	1,4	1,0	5,0

[a] Ponderaciones de la percepción de los diferentes tipos de riesgos obtenidas mediante el método multicriterio "best-worst" de Rezaei (2015).

[b] Coeficiente CRRA obtenido mediante el método de elección de loterías de Eckel y Grossman (2002 y 2008), en un intervalo de 0 (neutrales frente al riesgo) a 5,5 (muy averso al riesgo).

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la encuesta.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de la muestra para variables categóricas.
Table 2. Sample descriptive statistics for categorical variables.

Variable	Categoría	Número de agricultores	Porcentaje
Características del agricultor			
Género	1 = Varón	201	98,5
Nivel de estudios	0 = Estudios primarios	67	32,8
	1 = Estudios secundarios	62	30,4
	2 = Estudios universitarios	75	36,8
Hábitat de residencia	1 = Rural (<10.000 hab.)	118	57,8
Uso de instrumentos de gestión del riesgo			
Optimización tecnológica	1 = Sí	179	87,7
Variedades de semillas resistentes	1 = Sí	140	68,6
Buenas prácticas productivas	1 = Sí	204	100,0
Diversificación de cultivos	1 = Sí	92	45,1
Contratos de compraventa	1 = Sí	93	45,6
Venta de producción a través de coop.	1 = Sí	145	71,1
Reservas financieras	1 = Sí	172	84,3
Seguro agrario	1 = Sí	107	52,5
Otros seguros	1 = Sí	163	79,9
Fondo de pensiones	1 = Sí	48	23,5
Empleo fuera de la explotación	1 = Sí	82	40,2
Inversión fuera de la explotación	1 = Sí	82	40,2

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la encuesta.

Especificación econométrica: la regresión logística

La técnica empleada para el análisis de los factores determinantes de la adopción de los diferentes instrumentos de gestión del riesgo por parte de los agricultores ha sido la regresión logística binaria. Esta regresión se emplea cuando la variable dependiente (Y) es dicotómica, como ocurre en este trabajo, esto es, uso ($Y = 1$) o no uso ($Y = 0$) de cada uno de los instrumentos de gestión del riesgo considerados[1]. La adecuación de la regresión logística para el análisis de la adopción de

(1) Como la totalidad de la muestra (100 %) ha manifestado implementar el instrumento 'Buenas prácticas productivas' para la gestión de los riesgos agrarios, no se ha realizado el correspondiente modelo de regresión para este instrumento de gestión.

instrumentos de gestión del riesgo justifica que haya sido empleada abundantemente en la literatura (p. ej., Khan *et al.*, 2020).

Una descripción detallada de esta técnica de regresión puede encontrarse en Hosmer *et al.* (2013). Este subapartado trata únicamente de sintetizar los aspectos más relevantes de la misma para explicar la forma de implementación al caso de estudio considerado, así como facilitar al lector una adecuada interpretación de los resultados.

La regresión logística modeliza el logit de la probabilidad de que Y_{ij} = 1 (el agricultor *i* adopte el instrumento *j*) como una función lineal de las variables explicativas (X_i). Así, el logit de esta probabilidad (P_{ij}), se expresa en función del siguiente modelo:

$$ln\left(\frac{p_{ij}}{1-p_{ij}}\right) = X_i^{'} \cdot B_j + \varepsilon_{ij} \qquad \forall j \qquad (1)$$

donde $X_i^{'}$ = [1, x_{1i}, x_{2i}, ..., x_{ki}] representa el perfil del agricultor *i* para las *k* variables explicativas consideradas, $B_j^{'}$ = [B_{0j}, B_{1j}, ..., B_{kj}] es el vector de coeficientes a estimar a través de la regresión para cada instrumento *j*, y ε_{ij} representa el término de error aleatorio del modelo.

En los modelos de regresión analizados en este trabajo, de acuerdo con el marco teórico, las variables explicativas consideradas X_i son las mismas para todos los instrumentos, coincidiendo con las ya reportadas en las Tablas 1 y 2: a) características sociodemográficas del agricultor[2] (edad, nivel de estudios, hábitat de residencia, tamaño de la unidad familiar y porcentaje de renta procedente de la agricultura); b) características de la explotación agraria (dimensión, margen bruto unitario, varianza del margen bruto, mano de obra asalariada no familiar y superficie cultivada de leñosos); c) percepción de la importancia relativa de los riesgos (producción, mercado y financieros, por ser los tres más importantes para la muestra) y coeficiente de aversión relativo al riesgo (CRRA); y d) experiencia pasada (pérdidas importantes por riesgos de producción, mercado y financieros) y percepción del cambio climático a nivel local.

El procedimiento de estimación del modelo logístico se basa en la máxima verosimilitud, es decir, en la búsqueda del vector B_{kj} que maximiza la capacidad predictiva del modelo. Los coeficientes del modelo logístico así obtenidos se interpretan calculando el valor de los denominados *odds-ratio* (OR): $OR_{kj} = e^{B_{kj}}$. Estos OR o Exp(B) informan sobre la modificación que origina en la variable dependiente (Y_j) un cambio unitario en la variable explicativa considerada (x_k). De forma concreta, cuantifican el aumento o disminución de la probabilidad de adoptar el instrumento de gestión *j* frente a no adoptarlo, al aumentar en una unidad la variable explicativa *k*. Así, un coeficiente B_{kj} positivo implica un OR_{kj} mayor de uno, indicando que un aumento en la variable explicativa *k* aumenta la probabilidad de ocurrencia de la adopción del instrumento de gestión de riesgo *j*, mientras que un B_{kj} negativo (p. ej., OR_{kj} menor de uno) hace que esta probabilidad disminuya.

La significación estadística de los coeficientes B_{kj} en cuanto a la hipótesis de que sean distintos de cero se analiza a través del estadístico de Wald. Así, de forma similar al estadístico *t*-student de la regresión lineal, solo aquellos coeficientes con *p*-valores del estadístico de Wald inferiores a 0,1 se consideran significativos.

(2) La falta de variabilidad respecto de la variable género (el 98,5 % de los individuos encuestados son varones) impide obtener valores robustos para el regresor correspondiente. Esta circunstancia justifica que dicha variable se haya excluido de las regresiones realizadas.

La bondad de los ajustes de los modelos logísticos obtenidos se ha analizado mediante la prueba ómnibus sobre los coeficientes del modelo, que considera el modelo bien ajustado si la diferencia de verosimilitud entre este y el modelo base (sin variables independientes) es significativa. Para ello, el *p*-valor asociado al estadístico Chi-cuadrado del contraste ha de ser inferior al nivel de significación utilizado. En este mismo sentido, se han obtenido igualmente los coeficientes R^2 de Cox y Snell y de Nagelkerke. No obstante, debido a la dificultad de interpretación del primero de ellos (sus valores no están acotados superiormente por la unidad), el análisis de la capacidad predictiva de los modelos obtenidos se realizará a partir del segundo. Este coeficiente (Nagelkerke) se interpreta entre 0 y 1 de forma que, cuanto más próximo se encuentre su valor a la unidad, mayor será el efecto de las variables independientes en el modelo y su ajuste será mejor (mayor capacidad predictiva).

Finalmente, debe comentarse que el análisis de las relaciones de complementariedad y sustitución entre instrumentos de gestión del riesgo se ha realizado empleando igualmente la técnica de regresión logística. Para este análisis se ha regresado igualmente como variable dependiente la adopción o no por parte de los agricultores de cada uno de los instrumentos de gestión *j* (Y_{ij}). Sin embargo, en este segundo análisis, como variables explicativas se han considerado las variables dicotómicas correspondientes a la adopción o no del resto de instrumentos considerados; $X_i' = [1, y_{i1}, y_{i2}, ..., y_{ij}]$.

Resultados y discusión

Factores determinantes de la adopción de instrumentos de gestión del riesgo

Los resultados de las regresiones logísticas realizadas para cada uno de los instrumentos de gestión del riesgo considerados pueden observarse en las Tablas 3 (instrumentos dentro de la explotación) y 4 (instrumentos externos a la explotación).

En primer lugar, debe señalarse que todos los modelos presentan una buena bondad de ajuste según la prueba ómnibus, ya que en todos los casos el *p*-valor asociado al estadístico Chi-cuadrado del contraste es inferior a 0,05. Asimismo, los valores del coeficiente de Nagelkerke señalan que la capacidad predictiva de los modelos estimados resulta razonable, si bien los valores de este coeficiente varían entre 0,241 y 0,605.

Características sociodemográficas del agricultor

Los resultados reportan que la edad es un factor explicativo de la adopción de los instrumentos 'Reservas financieras' y 'Empleo fuera de la explotación', en ambos casos con OR algo menores de la unidad, lo que señala que su probabilidad de adopción disminuye con la edad. En el caso del primer instrumento, nuestros resultados se asimilan a los reportados por Ullah *et al.* (2015) y Adnan *et al.* (2019). Una posible explicación podría derivarse del hecho de que los agricultores de mayor edad pueden dedicar una menor parte de sus recursos financieros a crear reservas para gestionar los riesgos de la explotación debido a la mayor carga de gastos, principalmente familiares, que han de soportar (p. ej., hijos/as en periodo universitario). Respecto al segundo instrumento, cabe afirmar que los agricultores más jóvenes tienen una mayor probabilidad de encontrar otro empleo fuera de la explotación (McNamara y Weiss, 2005) ya que, a medida que se incrementa la edad del agricultor, las oportunidades laborales fuera de la explotación disminuyen.

Asimismo, el factor nivel de estudios ha resultado significativo para un buen número de instrumentos, en concreto para aquellos cuya gestión requiere una mayor formación general (no específicamente agraria), tales como

Tabla 3. Regresiones logísticas de la adopción de instrumentos de gestión del riesgo dentro de la explotación.
Table 3. Logistic regressions of the adoption of on-farm risk management instruments.

Variable	Optimización tecnológica		Variedades de semillas resistentes		Diversificación cultivos		Contratos de compraventa		Venta cooperativas		Reservas financieras	
	B	Exp(B)	B	Exp(B)	B	Exp(B)	B	Exp(B)	B	Exp(B)	B	Exp(B)
Constante	-0,967	0,380	1,896	6,661	-1,168	0,311	0,175	1,192	2,884	17,883	**5,206****	**182,300**
Edad (años)	0,043	1,043	-0,014	0,986	0,007	1,007	-0,024	0,976	-0,004	0,996	**-0,048***	**0,953**
Nivel estudios (1. Est. secundarios)	**1,480****	**4,393**	0,022	1,022	0,787	2,196	-0,712	0,491	**1,161****	**3,192**	0,187	1,206
Nivel estudios (2. Est. universitarios)	0,647	1,910	-0,264	0,768	0,437	1,548	0,389	1,476	-0,484	0,616	**3,009*****	**20,270**
Hábitat de residencia (1. Rural)	**1,014***	**2,757**	**0,833***	**2,301**	-0,030	0,971	-0,571	0,565	**0,802****	**2,229**	-0,435	0,647
Tamaño de la unidad familiar (num.)	0,048	1,049	-0,284	0,752	-0,058	0,943	-0,045	0,956	0,012	1,012	-0,329	0,719
Renta procedente agricultura (%)	**0,019****	**1,020**	-0,005	0,995	0,012	1,012	**0,012***	**1,012**	0,010	1,010	0,000	1,000
Tamaño explotación (ha)	0,001	1,001	0,007	1,007	**0,009****	**1,009**	0,002	1,002	-0,001	0,999	0,000	1,000
Margen bruto unitario (10^3 €/ha)	0,040	1,041	0,449	1,567	**0,387***	**1,473**	**-0,608*****	**0,544**	0,067	1,069	-0,147	0,863
Varianza del margen bruto (10^6 €/ha)^2	0,000	1,000	**-0,330****	**0,719**	-0,004	0,996	**0,540*****	**1,717**	-0,127	0,881	0,171	1,186
Mano obra asalariada no familiar (%)	0,002	1,002	0,011	1,011	0,010	1,010	0,007	1,007	0,000	1,000	-0,001	0,999
Superficie cultivada de leñosos (%)	**0,016****	**1,016**	**-0,026*****	**0,974**	**-0,036*****	**0,965**	**-0,028*****	**0,972**	0,008	1,008	**-0,012***	**0,988**
Riesgos producción (%)	-0,023	0,977	0,006	1,006	0,002	1,002	0,024	1,024	**-0,034****	**0,967**	-0,016	0,985
Riesgos mercado (%)	0,017	1,017	0,003	1,003	0,004	1,004	**0,037****	**1,038**	-0,023	0,978	0,023	1,024
Riesgos financieros (%)	-0,028	0,973	0,016	1,016	**-0,103*****	**0,902**	-0,004	0,996	-0,019	0,981	0,056	1,057
Aversión al riesgo (CRRA)	-0,163	0,849	-0,116	0,890	0,051	1,052	-0,006	0,994	-0,127	0,881	0,066	1,068
He sufrido riesgos producción (1-5)	-0,290	0,748	-0,268	0,765	-0,233	0,792	**0,299***	**1,349**	-0,130	0,878	-0,126	0,881
He sufrido riesgos mercado (1-5)	-0,127	0,881	**0,386****	**1,471**	**0,537*****	**1,710**	0,122	1,130	-0,017	0,983	-0,109	0,897
He sufrido riesgos financieros (1-5)	0,007	1,007	**1,011****	**2,748**	-0,254	0,775	-0,288	0,750	-0,203	0,816	-0,460	0,631
Cambio climático a nivel local (1-5)	-0,144	0,866	-0,240	0,787	-0,016	0,985	-0,141	0,868	-0,030	0,970	0,204	1,226
-2 Log. verosimilitud (-2LL)	112,651		175,195		158,100		205,119		204,365		136,601	
Prueba ómnibus: χ^2 (*p*-valor)	39,114 (0,004)		78,601 (0,000)		122,740 (0,000)		76,095 (0,000)		41,026 (0,002)		40,647 (0,003)	
R^2 de Cox y Snell	0,174		0,320		0,452		0,311		0,182		0,181	
R^2 de Nagelkerke	0,332		0,449		0,605		0,416		0,260		0,311	

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

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Regresiones logísticas de la adopción de instrumentos de gestión del riesgo externos a la explotación.
Table 4. Logistic regressions of the adoption of off-farm risk management instruments.

Variable	Seguro agrario		Otros seguros		Fondo de pensiones		Empleo fuera explotación		Inversión fuera explotación	
	B	Exp(B)	B	Exp(B)	B	Exp(B)	B	Exp(B)	B	Exp(B)
Constante	-0,634	0,531	2,531	12,567	**-9,133*****	**0,000**	**3,343***	**28,311**	1,883	6,576
Edad (años)	-0,007	0,993	-0,023	0,977	0,030	1,031	**-0,066*****	**0,936**	-0,009	0,991
Nivel estudios (1. Est. secundarios)	0,568	1,764	**1,762*****	**5,826**	0,404	1,498	-0,411	0,663	-0,276	0,759
Nivel estudios (2. Est. universitarios)	**1,315****	**3,723**	0,641	1,898	0,907	2,477	**1,126****	**3,083**	0,139	1,149
Hábitat de residencia (1. Rural)	**-1,123*****	**0,325**	-0,454	0,635	-0,052	0,950	0,021	1,021	0,220	1,246
Tamaño de la unidad familiar (num.)	0,195	1,216	0,151	1,163	0,160	1,174	**0,263***	**1,301**	**0,298***	**1,347**
Renta procedente agricultura (%)	**0,020*****	**1,020**	**0,016****	**1,016**	-0,004	0,996	**-0,032*****	**0,968**	**-0,034*****	**0,966**
Tamaño explotación (ha)	0,001	1,001	**0,018***	**1,018**	0,000	1,000	**-0,012****	**0,989**	0,002	1,002
Margen bruto unitario (10^3 €/ha)	**-0,530*****	**0,589**	-0,214	0,807	-0,064	0,938	0,144	1,154	-0,050	0,951
Varianza del margen bruto (10^6 €/ha)^2	**0,414*****	**1,512**	0,134	1,143	0,123	1,131	0,125	1,133	0,030	1,031
Mano obra asalariada no familiar (%)	**0,010***	**1,010**	0,008	1,008	-0,003	0,997	**-0,015****	**0,985**	**0,020*****	**1,020**
Superficie cultivada de leñosos (%)	**-0,017*****	**0,983**	-0,002	0,998	0,004	1,004	0,005	1,005	0,000	1,000
Riesgos producción (%)	0,021	1,021	-0,024	0,976	**0,055****	**1,057**	-0,001	0,999	-0,003	0,997
Riesgos mercado (%)	0,007	1,007	-0,029	0,971	**0,056****	**1,058**	0,016	1,016	-0,008	0,992
Riesgos financieros (%)	0,033	1,034	0,003	1,003	**0,076*****	**1,079**	0,007	1,007	**-0,065****	**0,937**
Aversión al riesgo (CRRA)	-0,082	0,922	0,077	1,080	**0,190****	**1,209**	-0,012	0,988	**-0,205****	**0,815**
He sufrido riesgos producción (1-5)	**-0,354****	**0,702**	0,112	1,119	-0,180	0,835	0,069	1,071	-0,036	0,965
He sufrido riesgos mercado (1-5)	0,152	1,164	-0,195	0,823	**0,333****	**1,395**	-0,035	0,966	0,031	1,031
He sufrido riesgos financieros (1-5)	-0,328	0,720	-0,304	0,738	-0,291	0,748	0,316	1,372	0,290	1,337
Cambio climático a nivel local (1-5)	-0,026	0,974	0,005	1,005	0,058	1,060	0,112	1,118	**-0,238***	**0,788**
-2 Log. verosimilitud (-2LL)	217,265		162,229		186,963		174,605		209,118	
Prueba ómnibus: χ^2 (*p*-valor)	65,049 (0,000)		42,489 (0,002)		35,640 (0,012)		100,304 (0,000)		65,792 (0,000)	
R^2 de Cox y Snell	0,273		0,188		0,160		0,388		0,276	
R^2 de Nagelkerke	0,364		0,297		0,241		0,525		0,372	

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

Fuente: Elaboración propia.

'Optimización tecnológica', 'Reservas financieras', 'Ventas por cooperativa', 'Seguro agrario', 'Otros seguros' y 'Empleo fuera de la explotación'. La probabilidad de adopción de todos estos instrumentos es mayor en agricultores con estudios secundarios o universitarios, en comparación con los que solo tienen estudios primarios, debido a los mayores conocimientos que tienen los primeros para comprender la dinámica y la operatividad de los instrumentos más complejos, tales como 'Optimización tecnológica' o 'Seguro agrario'. Trabajos como los de Zhang *et al.* (2019) o Khan *et al.* (2020) también han reportado una influencia positiva del nivel educativo en algunos de estos instrumentos. De manera especial cabe destacar la influencia de la variable nivel de estudios (estudios universitarios) en los instrumentos 'Reservas financieras' y 'Empleo fuera de la explotación', pues esta es la variable que influye de manera más importante sobre la adopción de ambos instrumentos. Efectivamente, un mayor nivel educativo se asocia positivamente con una mayor capacidad de ahorro y con mayores oportunidades laborales fuera de la explotación (con mejor retribución), lo que aumenta la probabilidad de que aquellos agricultores más formados desempeñen otro empleo (Meraner y Finger, 2017).

El hábitat de residencia también se ha confirmado como un factor explicativo del empleo de 'Optimización tecnológica', 'Variedades de semillas resistentes', 'Ventas por cooperativa' y 'Seguro agrario'. Para los tres primeros, la probabilidad de adopción se incrementa cuando el agricultor reside en el medio rural (y, por tanto, cerca de su explotación), mientras que, para el cuarto, la probabilidad de implementación es mayor para aquellos productores que residen en municipios de más de 10.000 habitantes. Posiblemente, estos resultados reflejen una preferencia de los agricultores que viven en el medio rural por los instrumentos dentro de la explotación, debido a su mayor accesibilidad a la propia explotación. En contraposición, quienes residen en municipios más poblados optan en mayor medida por instrumentos externos a la explotación como el 'Seguro agrario', debido igualmente a la menor frecuencia de acceso y seguimiento productivo de la propia explotación, que les hacen preferir instrumentos de gestión del riesgo externos a la misma, que minimicen las tareas de supervisión por parte del agricultor.

El tamaño de la unidad familiar es un factor explicativo de la utilización de los instrumentos 'Empleo fuera de la explotación' e 'Inversión fuera de la explotación'. En ambos modelos, los OR son mayores que la unidad (la probabilidad de adopción aumenta con el tamaño familiar). Cabría interpretar que los agricultores con familias más numerosas, que requieren mayores rentas para el sustento de sus necesidades, optan en mayor medida por instrumentos externos a sus explotaciones como vía para gestionar sus riesgos, a la vez que complementan sus rentas agrarias.

Finalmente, el porcentaje de renta procedente de la agricultura también ha resultado ser un factor relevante para explicar el empleo de diversos instrumentos. Así, a medida que se incrementa la profesionalidad de los agricultores (mayor porcentaje de renta procedente de la agricultura), aumenta la probabilidad de adopción de los instrumentos 'Optimización tecnológica', 'Contratos de compraventa', 'Seguro agrario' y 'Otros seguros'. Por el contrario, como resulta lógico, a medida que aumenta el valor de esta variable explicativa, se reduce la probabilidad de utilizar instrumentos de diversificación de rentas no agrarias, como el 'Empleo fuera de la explotación' y la 'Inversión fuera de la explotación'.

Características de la explotación agraria

Cabe comenzar señalando que su dimensión física se relaciona positivamente (OR > 1) con la adopción de los instrumentos 'Diversifica-

ción de cultivos' y 'Otros seguros', y negativamente (OR < 1) con el 'Empleo fuera de la explotación'. La primera de estas relaciones resulta lógica pues, a medida que se incrementa la superficie de la explotación, existen mayores posibilidades para la 'Diversificación de cultivos', ya que la implementación de este instrumento resulta más económica (no se incurre en deseconomías de escala en los diferentes cultivos porque todos los cultivos ocupan una extensión suficientemente grande y, además, se permite la optimización del uso de la maquinaria y la mano de obra a lo largo del año). Esta misma relación ha sido evidenciada igualmente por Ullah *et al.* (2015). Asimismo, también en la literatura se ha constatado repetidamente la relación positiva del tamaño de la explotación con la contratación de seguros (p. ej., Sherrick *et al.*, 2004; van Asseldonk *et al.*, 2016). En relación con el 'Empleo fuera de la explotación', es obvio que, a mayor dimensión de la explotación, la gestión de la misma se vuelve más compleja, requiriendo de una mayor dedicación, lo que disuade al agricultor de desempeñar otro empleo fuera de la explotación para complementar su renta.

La intensidad productiva de la actividad, cuantificada como el margen bruto unitario (euros/hectárea), se observa como factor explicativo tanto de 'Diversificación de cultivos', como de 'Contratos de compraventa' y 'Seguro agrario', el primer caso con OR mayor que la unidad (a mayor margen bruto unitario, mayor probabilidad de adopción) y los dos últimos menores de uno (a mayor margen bruto unitario, menor probabilidad de adopción). En el primer caso, los resultados confirman que los agricultores especializados en cultivos hortícolas, los de mayor rentabilidad por hectárea del caso de estudio, son más propensos a adoptar la 'Diversificación de cultivos' como instrumento de reducción del riesgo. En el caso de 'Contratos de compraventa' y 'Seguro agrario', se ha de comentar que, para la producción de hortícolas, el primer instrumento no resulta adecuado; los contratos de compraventa apenas se utilizan, al ser productos difíciles de estandarizar y con cotizaciones muy volátiles. En el caso del seguro agrario, debe comentarse que los cultivos hortícolas de la zona del caso de estudio están sometidos, principalmente, a riesgos de mercado (variaciones de los precios de venta), siendo los riesgos de producción relativamente bajos. Esta situación explica que el seguro agrario, instrumento diseñado actualmente para gestionar riesgos de producción, no se ajuste a las propias necesidades de los horticultores de la zona. Esta situación contrasta con lo que ocurre en otras regiones con producción hortícola, como el Levante, con producciones extratempranas, donde los riesgos de producción son mucho más elevados y, en consecuencia, el seguro tiene un grado de implantación muy superior a la zona considerada como caso de estudio.

La varianza del margen bruto cuantifica la variabilidad de la rentabilidad de la explotación, consecuencia del conjunto de riesgos a los que esta se ve sometida. Esta variable explicativa ha resultado significativa en los modelos correspondientes a los instrumentos 'Variedades de semillas resistentes', 'Contratos de compraventa' y 'Seguro agrario', el primero con un OR menor que la unidad y los dos últimos con OR mayor de uno. Estos resultados apuntan que, a medida que se incrementa la varianza del margen bruto, aumenta la probabilidad de implementar 'Contratos de compraventa' y 'Seguro agrario'. En este sentido, debe señalarse que la varianza del margen bruto está negativamente correlacionada con el montante de ayudas de la Política Agraria Común (PAC) percibido por los agricultores, factor que se ha apuntado igualmente como explicativo de las decisiones relativas a la adopción de instrumentos de gestión del riesgo (Bielza *et al.*, 2004;

Castañeda y Garrido, 2017). Para evitar problemas de multicolinealidad, no se ha podido incluir en los modelos de regresión ninguna variable que cuantifique este efecto (p. ej., 'Porcentaje de renta agraria procedente de las subvenciones de la PAC'). No obstante, la significación de los OR antes comentados puede interpretarse en este sentido de manera contraria; a medida que aumentan las ayudas de la PAC percibidas por los agricultores, disminuye la probabilidad de que estos adopten 'Contratos de compraventa' y 'Seguro agrario' como estrategias de cobertura de riesgos.

La mano de obra asalariada no familiar se muestra como una variable explicativa de la instrumentación de 'Seguro agrario', 'Empleo fuera de la explotación' e 'Inversión fuera de la explotación'. El OR del instrumento 'Empleo fuera de la explotación' es menor que la unidad, lo que podría explicar el hecho de que los agricultores que tienen una ocupación fuera de su explotación lo hacen debido a que, en realidad, la explotación no requiere la actividad laboral de una persona a tiempo completo y, por tanto, no se necesita contratar trabajadores. Esta misma variable explicativa presenta OR mayores de la unidad para los otros dos instrumentos, 'Seguro agrario' e 'Inversión fuera de la explotación', señalando que los agricultores incrementan la tasa de adopción de estos dos instrumentos cuando contratan una mayor cantidad de mano de obra y la gestión de la explotación se vuelve más compleja; por ejemplo, cuando se especializan en cultivos más intensivos (hortícolas).

Para terminar las variables relativas a las características de la explotación, cabe indicar que la variable superficie cultivada de leñosos (olivar, principalmente) presenta coeficientes significativos para un gran número de instrumentos. Por un lado, esta variable presenta OR menores de la unidad para 'Variedades de semillas resistentes', 'Diversificación de cultivos', 'Contratos de compraventa', 'Reservas financieras' y 'Seguro agrario', ya que todos estos instrumentos (a excepción de los dos últimos) resultan inadecuados para las producciones leñosas: no emplean semillas, son cultivos permanentes que no permiten rotación y su producción se comercializa mediante cooperativas o en firme, a través de corredores. Por su parte, la menor adopción del 'Seguro agrario' cabe explicarse por el bajo grado de subvención de su línea de seguro agrario, así como por el elevado nivel de ayudas que este cultivo recibe de la PAC. Por el contrario, la superficie de leñosos sí favorece la adopción de 'Optimización tecnológica', ya que es la estrategia de gestión del riesgo más adaptada para este tipo de cultivos (p. ej., programación del riego deficitario, la fertirrigación, etc.).

Variables explicativas relativas a la percepción de la importancia relativa de los riesgos de producción, mercado y financieros

El principal resultado es que las tres variables están relacionadas positivamente (OR > 1) con el instrumento 'Fondo de pensiones'. Así, a medida que se incrementa el peso relativo asignado a cualquiera de estos tres riesgos relacionados con la actividad agraria, aumenta la propensión de los agricultores a contratar un plan de pensiones, como ahorro a largo plazo para gestionar tales riesgos. Asimismo, cabe señalar que el peso del riesgo de producción presenta un OR menor de uno para el caso de 'Ventas por cooperativa', ya que la pertenencia a este tipo de sociedades no resulta adecuada para gestionar riesgos de producción (sí riesgos de mercado durante la comercialización). Por su parte, la importancia percibida del riesgo de mercado se relaciona positivamente (OR > 1) con 'Contratos de compraventa', puesto que se trata de un instrumento específicamente indicado para que el agricultor pueda cubrir su riesgo de volatilidad de precios.

De manera inesperada, los resultados constatan que el coeficiente de aversión relativo al riesgo (CRRA) solo resulta ser una variable explicativa significativa para dos instrumentos externos a la explotación: 'Fondo de pensiones' e 'Inversión fuera de la explotación'. Para el primero de ellos el OR es mayor de uno, mientras que para el segundo es menor de la unidad. Así, los agricultores más aversos al riesgo son más proclives a la contratación de fondos de pensiones, pero menos propensos a realizar inversiones fuera de la explotación, debido a la mayor incertidumbre que puede implicar este segundo instrumento. Como se observa, por tanto, la aversión al riesgo no influye en la adopción de instrumentos dentro de la explotación, lo que contrasta con evidencias previas como las recogidas por Meraner y Finger (2017), quienes sí encontraron una influencia positiva sobre este tipo de instrumentos en agricultores con mayor aversión al riesgo.

Experiencia pasada sobre pérdidas por riesgos de producción, mercado y financieros

Los resultados obtenidos podrían considerarse *a priori* como contraintuitivos. Así, por ejemplo, el haber experimentado importantes riesgos de producción se relaciona con una menor probabilidad de suscripción del 'Seguro agrario' (indicado para cubrir este tipo de riesgos –rendimientos inferiores a la media–), y con una mayor probabilidad de usar 'Contratos de compraventa' (adecuado para cubrirse de riesgos de mercado –variaciones de precios–). Por un lado, la interpretación que cabe hacer de estos resultados es que el riesgo de producción lo han experimentado de manera más intensa aquellos agricultores que no se han cubierto adecuadamente para poder afrontarlo, implementando instrumentos adecuados, como es el seguro agrario.

Percepción del cambio climático a nivel local

Debe destacarse que esta variable no ha resultado ser explicativa en ningún modelo logístico, a excepción de la influencia negativa que ejerce sobre el instrumento 'Inversión fuera de la explotación'. Este resultado parece indicar que, a pesar de que la mayor parte de los agricultores perciben ya los efectos del cambio global, tal percepción no se relaciona con la adopción de la mayoría de los instrumentos de gestión del riesgo.

Relaciones de complementariedad y sustitución entre instrumentos

Los resultados de las regresiones logísticas realizadas al objeto de analizar las relaciones de complementariedad y sustitución entre instrumentos de gestión del riesgo pueden observarse en la Tabla 5.

Se puede apreciar que todos los modelos calculados superan la prueba ómnibus sobre los coeficientes, con *p*-valores inferiores a 0,05, exceptuando los casos de 'Reservas financieras', 'Fondo de pensiones' y 'Empleo fuera de la explotación'. Asimismo, se puede comprobar que los valores del coeficiente R^2 de Nagelkerke son significativamente menores que en el análisis anterior, variando dentro de un rango que va desde 0,344 ('Diversificación de cultivos') a 0,111 ('Reservas financieras'). No obstante, la menor capacidad predictiva de estos modelos no es relevante en estos casos, ya que no se trata de modelos explicativos como en el análisis de la sección anterior, sino de modelos que intentan analizar la adopción conjunta de los diferentes instrumentos, requiriendo únicamente de la interpretación de los coeficientes que resulten significativos. En este sentido, coeficientes positivos (OR > 1) indican relaciones de complementariedad (la

Tabla 5. Regresiones logísticas que relacionan la adopción de los diferentes instrumentos de gestión del riesgo.
Table 5. Logistic regressions relating the adoption of different risk management instruments.

Variable	Optimización tecnológica		Variedades de semillas resistentes		Diversificación cultivos		Contratos de compraventa		Venta cooperativas		Reservas financieras	
	B	Exp(B)	B	Exp(B)	B	Exp(B)	B	Exp(B)	B	Exp(B)	B	Exp(B)
Constante	**2,107****	**8,223**	-0,773	0,461	**-1,328***	**0,265**	-0,713	0,490	0,132	1,141	1,059	2,884
Optimización tecnológica			0,782	2,186	**-1,179****	**0,308**	0,406	1,500	**1,165****	**3,205**	-0,700	0,496
Variedades de semillas resistentes	0,819	2,268			**2,053*****	**7,788**	**0,667***	**1,948**	**0,773***	**2,167**	-0,201	0,818
Diversificación de cultivos	**-1,285****	**0,277**	**2,072*****	**7,942**			0,445	1,561	-0,069	0,933	0,356	1,428
Contratos de compraventa	0,330	1,391	**0,745***	**2,107**	0,433	1,542			**-1,618*****	**0,198**	0,206	1,229
Venta cooperativas	**1,233****	**3,431**	**0,830****	**2,294**	-0,056	0,946	**-1,597*****	**0,203**			-0,202	0,817
Reservas financieras	-1,205	0,300	-0,090	0,914	0,387	1,473	0,122	1,130	-0,189	0,828		
Seguro agrario	-0,355	0,701	-0,103	0,903	**1,008*****	**2,740**	**0,647***	**1,910**	0,039	1,039	0,406	1,501
Otros seguros	**1,483*****	**4,405**	-0,449	0,638	-0,040	0,960	-0,263	0,769	0,571	1,770	0,779	2,179
Fondo de pensiones	-0,474	0,622	-0,480	0,619	0,045	1,046	**0,623***	**1,864**	0,185	1,203	0,592	1,807
Empleo fuera explotación	**-0,875***	**0,417**	-0,273	0,761	**-0,882****	**0,414**	**0,674****	**1,963**	0,302	1,352	0,657	1,930
Inversión fuera explotación	-0,466	0,627	0,058	1,060	-0,154	0,857	-0,190	0,827	**-0,779****	**0,459**	0,603	1,827
-2 Log. verosimilitud (-2LL)	124,87		210,08		220,18		241,33		205,99		163,68	
Prueba ómnibus: χ^2 (*p*-valor)	26,90 (0,005)		43,72 (0,000)		60,66 (0,000)		39,88 (0,000)		39,40 (0,000)		13,57 (0,258)	
R^2 de Cox y Snell	0,124		0,193		0,257		0,178		0,176		0,064	
R^2 de Nagelkerke	0,235		0,271		0,344		0,237		0,251		0,111	

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

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Regresiones logísticas que relacionan la adopción de los diferentes instrumentos de gestión del riesgo (continuación).
Table 5. Logistic regressions relating the adoption of different risk management instruments (continuation).

Variable	Seguro agrario		Otros seguros		Fondo de pensiones		Empleo fuera explotación		Inversión fuera explotación	
	B	Exp(B)	B	Exp(B)	B	Exp(B)	B	Exp(B)	B	Exp(B)
Constante	**-2,073*****	**0,126**	-1,024	0,359	**-2,323*****	**0,098**	0,360	1,433	0,087	1,090
Optimización tecnológica	-0,260	0,771	**1,391****	**4,019**	-0,373	0,689	-0,730	0,482	-0,391	0,677
Variedades de semillas resistentes	-0,155	0,856	-0,289	0,749	-0,389	0,678	-0,220	0,803	0,056	1,058
Diversificación de cultivos	**1,043*****	**2,837**	-0,031	0,970	-0,052	0,949	**-0,921*****	**0,398**	-0,209	0,812
Contratos de compraventa	**0,609***	**1,839**	-0,258	0,772	0,581	1,787	**0,654***	**1,924**	-0,203	0,816
Venta cooperativas	-0,043	0,958	0,507	1,660	0,213	1,237	0,260	1,296	**-0,803****	**0,448**
Reservas financieras	0,344	1,410	0,747	2,111	0,597	1,818	0,632	1,882	0,562	1,754
Seguro agrario			**1,832*****	**6,248**	0,644	1,905	-0,244	0,784	0,208	1,231
Otros seguros	**1,779*****	**5,924**			0,071	1,074	-0,313	0,731	0,014	1,015
Fondo de pensiones	0,652	1,919	0,108	1,114			0,073	1,076	**0,650***	**1,916**
Empleo fuera explotación	-0,254	0,775	-0,246	0,782	0,056	1,057			**-0,608***	**0,544**
Inversión fuera explotación	0,174	1,190	0,006	1,006	**0,630***	**1,878**	**-0,605***	**0,546**		
-2 Log. verosimilitud (-2LL)	238,36		171,19		205,51		252,66		255,87	
Prueba ómnibus: χ^2 (p-valor)	43,96 (0,000)		33,53 (0,000)		2,30 (0,970)		17,10 (0,105)		19,04 (0,050)	
R^2 de Cox y Snell	0,194		0,152		0,080		0,103		0,089	
R^2 de Nagelkerke	0,259		0,239		0,121		0,140		0,120	

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

Fuente: Elaboración propia.

adopción de un instrumento incrementa la probabilidad de adopción del otro), mientras que coeficientes negativos (OR < 1) señalan relaciones de sustitución (la adopción de un instrumento disminuye la probabilidad de adopción del otro).

Respecto a las relaciones significativas entre instrumentos cabe distinguir dos motivaciones principales. La primera de ellas es la posibilidad o adecuación técnica (o la imposibilidad o inadecuación técnica) de la adopción conjunta de diferentes pares de instrumentos (o adopción sustitutiva), en función de: a) la orientación productiva de las explotaciones, b) determinadas características de sus titulares, y c) la similitud en su operatividad. Así, por ejemplo, se observa una fuerte relación de complementariedad entre 'Variedades de semillas resistentes' y 'Diversificación de cultivos' (los agricultores que emplean 'Variedades de semillas resistentes' tienen una probabilidad casi ocho veces mayor de utilizar también la 'Diversificación de cultivos', y viceversa), dado que ambos instrumentos son implementados mayoritariamente por los agricultores de cultivos herbáceos. Por el contrario, el instrumento de 'Optimización tecnológica', ampliamente adoptado por los productores de cultivos leñosos, presenta relaciones de sustitución con 'Diversificación de cultivos', instrumento propio de los productores de cultivos herbáceos.

De igual manera, se aprecia una relación de sustitución entre 'Contratos de compraventa' y 'Ventas por cooperativa' como instrumentos para la gestión de los riesgos comerciales. Esta relación de sustitución está justificada por las características comerciales de las diferentes producciones. Así, los cultivos herbáceos extensivos son productos no perecederos, lo que permite una comercialización más sencilla como *commodities* claramente estandarizadas. Esta circunstancia hace que los agricultores especializados en estos cultivos no tengan la necesidad de acudir a la comercialización de su producción mediante cooperativas. Por el contrario, el carácter perecedero y/o las necesidades de primera transformación de las producciones de hortícolas y leñosos (olivar y naranjo), justifica que la comercialización de estas producciones se realice mediante cooperativas. Esta dualidad es la que explica la relación de sustitución entre ambos instrumentos. Asimismo, se evidencia una relación significativa entre el uso de 'Fondo de pensiones' e 'Inversión fuera de la explotación', como instrumentos complementarios en el caso de los agricultores con mayor patrimonio (capacidad de ahorro e inversión). De manera similar, se observa una relación de sustitución entre 'Ventas por cooperativa' e 'Inversión fuera de la explotación', ya que el primero de los instrumentos resulta especialmente adecuado para los pequeños agricultores, que tratan de adquirir mayores economías de escala en la comercialización de su producción mediante el asociacionismo, mientras que el segundo resulta únicamente adecuado para los agricultores de mayor tamaño (mayor patrimonio). Otro ejemplo reseñable en este sentido sería la relación de sustitución de 'Diversificación de cultivos' y 'Empleo fuera de la explotación', puesto que el primero de los instrumentos es empleado por grandes agricultores profesionales, que obtienen la práctica totalidad de sus rentas de la actividad agraria y que necesitan dedicar toda la jornada laboral a las tareas de la explotación, mientras que el segundo resulta habitual en pequeños agricultores pluriempleados, que requieren complementar sus rentas agrarias con rentas del trabajo fuera del sector.

Finalmente, a este respecto conviene reseñar que los agricultores que tienen suscrito un 'Seguro agrario' tienen seis veces más probabilidad de suscribir también 'Otros seguros' (y viceversa), presumiblemente por la similitud en la operatividad de ambos instrumentos.

La segunda de las causas que justifica estas relaciones es la necesidad que tienen los agri-

cultores de adoptar combinaciones de instrumentos que les permitan cubrirse adecuadamente de los principales riesgos a los que están sometidos (relaciones de complementariedad en la gestión del riesgo). Este sería el caso, por ejemplo, de la relación entre 'Contratos de compraventa' (cobertura de riesgos de mercado) y 'Seguro agrario' (cobertura de riesgos de producción), como combinación adecuada de aquellos agricultores que no son socios de cooperativas; de la combinación de 'Variedades de semillas resistentes' (cobertura de riesgos de producción) con 'Contratos de compraventa' o 'Ventas por cooperativa' (cobertura de riesgos de mercado), habitual en los productores de cultivos herbáceos; o de la combinación de 'Optimización tecnológica' (cobertura de riesgos de producción) con 'Ventas por cooperativa' (cobertura de riesgos de mercado), muy habitual en los productores de olivar.

Conclusiones

El principal objetivo de este trabajo ha sido estudiar los principales determinantes de la adopción de los instrumentos de gestión del riesgo disponibles en la agricultura de regadío, considerando como caso de estudio una región española de clima mediterráneo. En particular, se ha medido la influencia de variables sociodemográficas y técnico-económicas de la explotación, de factores relacionados con la percepción subjetiva de las diferentes fuentes de riesgo y del grado de aversión al riesgo del agricultor, así como el efecto de los riesgos sufridos en la explotación en el pasado y la percepción de la importancia del cambio climático a nivel local en la adopción de cada uno de los once instrumentos de gestión del riesgo considerados. Como objetivo complementario, se han analizado las relaciones de complementariedad y sustitución entre los distintos instrumentos de gestión del riesgo.

Todas las variables incluidas en el análisis han resultado ser explicativas de la adopción de uno o varios instrumentos de gestión del riesgo. En primer lugar, de los resultados alcanzados en los distintos modelos logísticos en relación con las variables sociodemográficas del agricultor, se podría destacar que el nivel educativo es una variable que influye en la adopción de aquellos instrumentos técnicamente más complejos, tales como la 'Optimización tecnológica' o el 'Seguro agrario'. En segundo lugar, de todas las variables técnico-económicas de la explotación consideradas, cabe resaltar, por un lado, que la dimensión física de la explotación se relaciona positivamente con la 'Diversificación de cultivos', dado que la factibilidad de este instrumento se incrementa con la cantidad de superficie cultivable. Por otro lado, la variable que mide el riesgo real de la explotación (varianza del margen bruto) influye positivamente sobre la adopción de 'Contratos de compraventa' (para cubrir los riesgos de mercado) y del 'Seguro agrario' (para cubrir los riesgos de producción). Asimismo, el cultivo de leñosos (olivar, principalmente) favorece la implementación del instrumento 'Optimización tecnológica', debido a que es, posiblemente, la estrategia de gestión del riesgo más atractiva para este cultivo.

En tercer lugar, se puede afirmar que la percepción relativa de las tres principales fuentes de riesgo influye positivamente en la adopción del instrumento 'Fondo de pensiones' (instrumento adecuado para gestionar cualquier riesgo), mientras que la percepción relativa del riesgo de mercado parece estar estrechamente vinculada a la adopción de los 'Contratos de compraventa', como uno de los instrumentos más adecuados para la gestión de los riesgos derivados de la volatilidad de precios. En cuarto lugar, los resultados corroboran que el grado de aversión al riesgo únicamente está relacionado positivamente con la suscripción del instrumento 'Fondo de

pensiones', de tal modo que aquellos agricultores más aversos al riesgo prefieren disminuir su exposición a los diferentes tipos de riesgo contratando este instrumento de ahorro a largo plazo. Y, en quinto lugar, en relación con la experiencia pasada de las diferentes fuentes de riesgo, podría argumentarse que aquellos agricultores que no han adoptado ninguna herramienta para gestionar el riesgo de producción (como sería el seguro agrario), parece que han sufrido en mayor medida este tipo de riesgo. Ello podría indicar que, en el futuro, estos agricultores sí podrían ser proclives a adoptar esta modalidad de instrumento.

Los resultados del trabajo han permitido encontrar igualmente relaciones de complementariedad y sustitución entre los diferentes instrumentos de gestión del riesgo. En este sentido, cabe destacar que la orientación productiva de las explotaciones agrarias, determinadas características de los titulares, la similitud en la operatividad de varios instrumentos y el deseo de combinar adecuadamente los instrumentos para gestionar diferentes tipos de riesgos favorecen (o imposibilitan) la implementación conjunta de varios instrumentos.

Los resultados de este trabajo permiten, por un lado, continuar reportando evidencias empíricas acerca de los determinantes de la adopción de los instrumentos de gestión del riesgo en la agricultura. Y, por otro lado, contribuyen a aportar nueva información muy útil para los decisores políticos en el diseño de las políticas de gestión del riesgo en la agricultura, muy necesarias en el actual contexto de incremento de los riesgos de producción derivados del cambio climático, y en el que se está debatiendo la instrumentación de la futura PAC para el próximo periodo de programación 2021-2027.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los revisores anónimos del trabajo sus comentarios y sugerencias, en la medida que han permitido la mejora de la calidad del artículo. Los autores agradecen, asimismo, a la Consejería de Economía, Conocimiento, Empresas y Universidad de la Junta de Andalucía y al Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) la financiación concedida a través del proyecto de investigación FINAGUA (UCO1264548).

Referencias bibliográficas

Adnan KMM, Ying L, Sarker SA, Hafeez M, Razzaq A, Raza MH (2019). Adoption of contract farming and precautionary savings to manage the catastrophic risk of maize farming: evidence from Bangladesh. Sustainability 11: 29. https://doi.org/10.3390/su11010029

Akhtar S, Li GC, Nazir A, Razzaq A, Ullah R, Faisal M, Naseer MAUR, Raza MH (2019). Maize production under risk: the simultaneous adoption of off-farm income diversification and agricultural credit to manage risk. Journal of Integrative Agriculture 18: 460-470. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)61968-9

Antón J, Kimura S (2011). Risk Management in Agriculture in Spain. OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers 43: 1-62. https://doi.org/10.1787/5kgj0d57w0wd-en

Asravor RK (2019). Farmers' risk preference and the adoption of risk management strategies in Northern Ghana. Journal of Environmental Planning and Management 62: 881-900. https://doi.org/10.1080/09640568.2018.1452724

Bielza M, Garrido A, Sumpsi JM (2004). Revenue insurance as an income stabilization policy: an application to the Spanish olive oil sector. Cahiers d'Economie et Sociologie Rurales 70: 5-27. https://doi.org/10.22004/ag.econ.202658

Bielza M, Garrido A, Sumpsi JM (2007). Finding optimal price risk management instruments: the case of the Spanish potato sector. Agricultural Economics 36: 67-78. https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2007.00177.x

Bielza M, Conte CG, Dittman C, Gallego-Pinilla FJ, Stroblmair J (2008). Agricultural Insurance Schemes. Joint Research Centre. Ispra, Italy. 285 pp.

Castañeda A, Garrido A (2017). Evaluation of risk management tools for stabilising farm income under CAP 2014-2020. Economía Agraria y Recursos Naturales 17: 3-23. https://doi.org/10.7201/earn.2017.01.01

Duong TT, Brewer T, Luck J, Zander K (2019). A global review of farmers' perceptions of agricultural risks and risk management strategies. Agriculture 9: 10. https://doi.org/10.3390/agriculture9010010

Eckel CC, Grossman PJ (2002). Sex differences and statistical stereotyping in attitudes toward financial risk. Evolution and Human Behavior 23: 281-295. https://doi.org/10.1016/S1090-5138(02)00097-1

Eckel CC, Grossman PJ (2008). Forecasting risk attitudes: an experimental study using actual and forecast gamble choices. Journal of Economic Behavior and Organization 68: 1-17. https://doi.org/10.1016/j.jebo.2008.04.006

EEA (European Environment Agency) (2019). Climate Change Adaptation in the Agriculture Sector in Europe. European Environment Agency. Copenhagen, Dinamarca. 108 pp. https://doi.org/10.2800/537176

Garrote L, Iglesias A, Granados A, Mediero L, Martin-Carrasco F (2015). Quantitative assessment of climate change vulnerability of irrigation demands in Mediterranean Europe. Water Resources Management 29: 325-338. https://doi.org/10.1007/s11269-014-0736-6

Gollier C (2004). The Economics of Risk and Time. The MIT Press. Boston, USA. 466 pp.

Hardaker JB, Huirne RBM, Anderson JR, Lien G (2004). Coping with Risk in Agriculture. CABI. Wallingford, UK. 352 pp. https://doi.org/10.1079/9780851998312.0000

Hellerstein D, Higgins N, Horowitz J (2013). The predictive power of risk preference measures for farming decisions. European Review of Agricultural Economics 40: 807-833. https://doi.org/10.1093/erae/jbs043

Hosmer DW, Lemeshow S, Sturdivant RX (2013). Applied Logistic Regression, Third ed. John Wiley & Sons. Hoboken (NJ), USA. 528 pp. https://doi.org/10.1002/9781118548387

Howden SM, Soussana JF, Tubiello FN, Chhetri N, Dunlop M, Meinke H (2007). Adapting agriculture to climate change. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 104: 19691-19696. https://doi.org/10.1073/pnas.0701890104

Just RE, Pope RD (2013). A Comprehensive Assessment of the Role of Risk in US Agriculture. Springer. Boston, USA. 586 pp. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-3583-3

Khan I, Lei HD, Shah IA, Ali I, Khan I, Muhammad I, Huo XX, Javed T (2020). Farm households' risk perception, attitude and adaptation strategies in dealing with climate change: promise and perils from rural Pakistan. Land Use Policy 91: 11. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104395

Komarek AM, De Pinto A, Smith VH (2020). A review of types of risks in agriculture: what we know and what we need to know. Agricultural Systems 178: 102738. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102738

McNamara KT, Weiss C (2005). Farm household income and on– and off-farm diversification. Journal of Agricultural and Applied Economics 37: 37-48. https://doi.org/10.1017/S1074070800007082

Menapace L, Colson G, Raffaelli R (2013). Risk aversion, subjective beliefs, and farmer risk management strategies. American Journal of Agricultural Economics 95: 384-389. https://doi.org/10.1093/ajae/aas107

Meraner M, Finger R (2017). Risk perceptions, preferences and management strategies: evidence from a case study using German livestock farmers. Journal of Risk Research 22: 110-135. https://doi.org/10.1080/13669877.2017.1351476

Meuwissen MPM, Van Asseldonk MAPM, Huirne RBM (2008). Income Stabilisation in European Agriculture: Design and Economic Impact of Risk Management Tools. Wageningen Academic Publishers. Wageningen, The Netherlands. 233 pp.

Moschini G, Hennessy DA (2001). Uncertainty, risk aversion, and risk management for agricultural producers. En: The Handbook of Agricultural Economics (Eds. Gardner BL y Rausser GC), pp. 87-153. Amsterdam, Elsevier Science. https://doi.org/10.1016/S1574-0072(01)10005-8

OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (2011). Managing Risk in Agriculture: Policy Assessment and Design. OECD Publishing. Paris, Francia. 256 pp. https://doi.org/10.1787/9789264116146-en

Rezaei J (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. Omega 53: 49-57. https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.11.009

Savage LJ (1972). The Foundations of Statistics. Dover Publications. New York, USA. 310 pp.

Sherrick BJ, Barry PJ, Ellinger PN, Schnitkey GD (2004). Factors influencing farmers' crop insurance decisions. American Journal of Agricultural Economics 86: 103-114.

Ullah R, Jourdain D, Shivakoti GP, Dhakal S (2015). Managing catastrophic risks in agriculture: simultaneous adoption of diversification and precautionary savings. International Journal of Disaster Risk Reduction 12: 268-277. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2015.02.001

van Asseldonk M, Tzouramani I, Ge L, Vrolijk H (2016). Adoption of risk management strategies in European agriculture. Studies in Agricultural Economics 118: 154-162. https://doi.org/10.7896/j.1629

van Winsen F, de Mey Y, Lauwers L, Van Passel S, Vancauteren M, Wauters E (2014). Determinants of risk behaviour: effects of perceived risks and risk attitude on farmer's adoption of risk management strategies. Journal of Risk Research 19: 56-78. https://doi.org/10.1080/13669877.2014.940597

Varela-Ortega C, Blanco-Gutiérrez I, Esteve P, Bharwani S, Fronzek S, Downing TE (2016). How can irrigated agriculture adapt to climate change? Insights from the Guadiana Basin in Spain. Regional Environmental Change 16: 59-70. https://doi.org/10.1007/s10113-014-0720-y

von Neumann J, Morgenstern O (1944). Theory of Games and Economic Behavior. Princeton University Press. Princeton, USA. 641 pp.

Zhang YY, Ju GW, Zhan JT (2019). Farmers using insurance and cooperatives to manage agricultural risks: a case study of the swine industry in China. Journal of Integrative Agriculture 18: 2910-2918. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62823-6

(Aceptado para publicación el 11 de enero de 2021)

PREMIOS DE PRENSA AGRARIA 2021 DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO

La Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA) otorga un premio anual de Prensa Agraria para destacar aquel artículo de los publicados en ITEA en el año 2021 que reúna las mejores características técnicas, científicas y de valor divulgativo y de transferencia al sector, así como un impacto relevante de sus resultados. El artículo deberá reflejar 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 2021. 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) Presidencia de AIDA, que presidirá el jurado.
   b) Dirección de la revista ITEA, que actuará de Secretario.
   c) Dirección del CITA (Gobierno de Aragón).
   d) Dirección del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza.
   e) Dirección de la Estación Experimental de Aula Dei.
   f) Dirección 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.

Si desea Vd. pertenecer a la Asociación debe rellenar esta ficha de inscripción y la siguiente hoja sobre Protección de datos.

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 (Caixabank, Ag. Zuera (Zaragoza), España, nº ES70 2100 8687 2702 0001 2107) por el importe de la couta 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 (COUTA ANUAL: 50 EUROS)

	Cargo a cuenta corriente (rellenar la domiciliación bancaria)
	Transferencia a la cuenta de AIDA ES70 2100 8687 2702 0001 2107 (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:

PROTECCIÓN DE DATOS

ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO, de ahora en adelante AIDA, le informa de que los datos facilitados durante su relación con la Asociación serán tratados para gestionar el alta de socio, así como para las gestiones administrativas de la Asociación. La base legal para el tratamiento de sus datos es la relación contractual y su consentimiento. Sus datos podrán ser cedidos a las entidades que sea necesarias para el cumplimiento de nuestras obligaciones legales, y si así lo autoriza, a las empresas colaboradoras de la Asociación. Tiene derecho a acceder, rectificar, suprimir, oponerse al tratamiento de sus datos, así como retirar el consentimiento prestado y pedir su portabilidad.

AUTORIZACIONES

- ❑ * – Autoriza a que AIDA le envíe información a través de medios postales y/o electrónicos (correo electrónico, SMS, etc.) sobre noticias de la asociación, así como información de servicios de sus patrocinadores y/o colaboradores.
- – Autoriza a que AIDA pueda facilitar sus datos de contacto a las empresas patrocinadoras o colaboradoras con fines comerciales. ❑ Sí ❑ No *

* Debe responder a estar cuestiones obligatoriamente.

Por último, en aras a dar cumplimiento al Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de abril de 2016, relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos, y siguiendo las Recomendaciones e Instrucciones emitidas por la Agencia Española de Protección de Datos (A.E.P.D.),

SE INFORMA

- Los datos de carácter personal solicitados y facilitados por usted, son incorporados un fichero de titularidad privada cuyo responsable y único destinatario es AIDA, con domicilio en Avenida Montañana, no 930, 50059 - Zaragoza.
- Solo serán solicitados aquellos datos estrictamente necesarios para prestar adecuadamente los servicios solicitados, pudiendo ser necesario recoger datos de contacto de terceros, tales como representantes legales, tutores, o personas a cargo designadas por los mismos.
- Todos los datos recogidos cuentan con el compromiso de confidencialidad, con las medidas de seguridad establecidas legalmente, y bajo ningún concepto son cedidos o tratados por terceras personas, físicas o jurídicas, sin el previo consentimiento del socio, tutor o representante legal, salvo en aquellos casos en los que fuere imprescindible para la correcta prestación del servicio.
- Una vez finalizada la relación entre la Asociación y el socio, los datos seguirán archivados y conservados mientras sean necesarios para dar cumplimiento a las obligaciones legales o, en su defecto, serán devueltos íntegramente al socio (o autorizado legal) o suprimidos si así se solicita por su parte.
- Los datos que facilito serán incluidos en el Tratamiento denominado Socios de AIDA, con la finalidad de gestión del alta de socio, la gestión del servicio contratado, pago de cuotas, contacto, etc., y todas las gestiones relacionadas con los socios y manifiesto mi consentimiento.
- Tiene derecho a acceder a sus datos personales, a solicitar su rectificación, cancelación y oposición, indicándolo por escrito a AIDA con domicilio en Avenida Montañana, no 930, 50059 – Zaragoza, o al correo electrónico de la Asociación: administracion@aidaitea.org.
- Los datos personales serán cedidos por AIDA a las entidades que prestan servicios a la misma siempre que sea estrictamente necesario para llevar a cabo los servicios ofrecidos por la Asociación. Igualmente, sus datos serán cedidos si existe una obligación legal.

Nombre y apellidos del Socio:

DNI:

Representante legal (si lo hubiere):

DNI:

En _____ , a ___ de _____de 20___

FIRMA DEL SOCIO:

NORMAS PARA LOS AUTORES (actualizado marzo de 2021)

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

Desde marzo de 2019, para publicar un artículo en la revista ITEA es necesario que al menos uno de los autores sea socio de AIDA, o en su caso los autores del artículo deberán abonar la cantidad de 50 euros cuando el artículo sea aceptado para su publicación en la revista ITEA. Puede consultar cómo hacerse socio de AIDA en http://www.aida-itea.org/index.php/sobre-nosotros/hacerse-socio.

1. Envío de manuscritos y evaluación

Los manuscritos originales se escribirá en español. Se recomienda la revisión del manual "Cómo traducir y redactar textos científicos en español"(https://www.esteve.org/libros/cuaderno-traducir-textoscientificos/) Los manuscritos se enviarán a través de la plataforma OJS de la revita ITEA (http://recyt.fecyt.es/index.php/ITEA/user/register). Para ello, los autores deberán registrarse en la aplicación, incluir el nombre y apellidos de todos los autores de manuscrito en los metadatos del artículo, y seguir las indicaciones pertinentes. El manuscrito se enviará como un único documento Word, incluyendo las tablas y figuras al final del mismo. Los autores deberán incluir en archivo independiente una carta de presentación en la que figure el título, los autores y un listado con 4 potenciales revisores (nombre completo, dirección postal y correo electrónico), que no deberán estar en conflicto de intereses con los autores o el contenido de manuscrito, en cuyo caso el Comité Editorial podrá negarse a colaborar con dichos revisores.

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

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

2. Tipos de manuscritos

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

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

Los artículos de investigación de la sección de Producción Vegetal deben contener suficientes resultados para que las conclusiones sean robustas. Para ello, como norma general, será necesario repetir el mismo ensayo dos veces en momentos o campañas diferentes. Se considerará aceptable realizar el mismo ensayo sobre dos variedades o en dos situaciones o localidades diferentes. En los ensayos de eficacia sobre malas hierbas, insectos, hongos u otros organismos, una posibilidad es obtener la dosis adecuada para el control del organismo en estudio en un ensayo de dosis-respuesta y que esta dosis sea probada de nuevo en otro ensayo, es decir, sin volver a repetir toda la batería de dosis ensayadas previamente. Los ensayos constarán de suficientes repeticiones (mínimo tres). Las condiciones ambientales deberán escribirse de manera que permitan llevar a cabo la repetición del ensayo. La mayoría de ensayos necesitarán un análisis estadístico que refuerce los resultados. En ese caso conviene que se indiquen los resultados de dicho análisis, o al menos la tabla de resultados del anova o del análisis estadístico que se realiza.

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

– **Las revisiones bibliográficas** serán una evaluación crítica de una temática que exponga los resultados de otros trabajos, el estado actual de los conocimientos en esa temática y tratará de identificar nuevas conclusiones y áreas de investigación futuras. La extensión máxima será de 35 páginas. Los apartados de los que constarán son: Introducción, seguida de los apartados que consideren oportunos los autores, Conclusiones y Bibliografía; tablas y figuras si los autores lo consideran oportuno. En caso de copia literal de una tabla o figura de otro artículo, es responsabilidad del autor del manuscrito tener el permiso expreso del autor de la tabla o figura.

3. Preparación del manuscrito

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

Se tratará de usar lenguaje inclusivo en todo el manuscrito. Se recomienda la revisión de los documentos "Lenguaje Inclusivo con perspectiva de género" del Gobierno de Aragón (https://www.aida-itea.org/images/Files/MANUAL_LENGUAJE_INCLUSIVO.pdf); "Guías para el uso no sexista del lenguaje" del Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad (https://www.aida-itea.org/images/Files/Guiaslenguajenosexista_.pdf) y/o visitar la página web de las Naciones Unidas "lenguaje inclusivo en cuanto al género" (https://www.un.org/es/gender-inclusive-language/guidelines.shtml)

Todos los manuscritos incluirán, en la primera página:

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

Autores: nombre completo y apellido de los autores. Si un autor desea aparecer con dos apellidos, éstos deberán unirse con un guión. Los autores penúltimo y último irán separados por una "y". En caso de que pertenezcan a distintas instituciones, señalar a cada autor con números superíndices diferentes.

El/la autor/a para correspondencia irá indicado con un asterisco. En el caso de un artículo con varios autores, el/la autor/a para correspondencia garantizará que el resto de autores están de acuerdo con el contenido del artículo y el orden de autoría. En caso de que haya habido cambios en la autoría durante la evaluación del manuscrito, el/la autor/a para correspondencia garantizará que todos los autores implicados en alguna fase del proceso de evaluación están de acuerdo con la autoría final. Una vez que un manuscrito está aceptado no se podrán modificar los autores.

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

Correo electrónico el/la autor/a a quien se va a dirigir la correspondencia.

Ejemplo:

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

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

*autor para correspondencia: gpardos@aragon.es

El manuscrito incluirá a continuación:

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

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

En inglés: Título del artículo, Resumen, Palabras clave

4. Apartados del manuscrito

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

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

  *un autor (Padilla, 1974)

  *dos autores (Vallace y Raleigh, 1967)

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

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

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

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

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

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

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

Artículo

Blanc F, Bocquier F, Agabriel J, D'Hour P, Chilliard Y(2006). Adaptative abilities of the females and sustainabilityof ruminant livestock systems. A review. AnimalResearch 55: 489-510. https://doi.org/10.1051/animres:2006040.

Capítulo de libro

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

Libro

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

Acta de congreso

Misztal I (2013). Present and future of genomic selection at the commercial level. Book of Abstracts of the 64th Annual Meeting of the EAAP, 20-30 de agosto, Nantes, Francia, pp. 100. https://doi.org/.3920/978-90-8686-782-0.

Fuente electrónica

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

Documento oficial

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

Leyes / Reglamentos

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

Indicar la URL del DOI, en las referencias que dispongan del mismo, al final del resto de datos de la referencia. Ejemplo: Albaladejo-García JA, Martínez-Paz JM, Colino J (2018). Evaluación financiera de la viabilidad del uso del agua desalada en la agricultura de invernadero del Campo de Níjar (Almería, España). ITEA-Información Técnica Económica Agraria 114(4): 398-414. https://doi.org/10.12706/itea.2018.024.

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

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

Ejemplo de tabla:

Tabla 3. Tarjetas de productos hipotéticos expuestos a los encuestados

Table 3. Hypothetical products cards shown to those surveyed

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

Fuente: Diaz *et al.* (2013)

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

5. Normas de estilo

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

Volumen 117
Número 4
Septiembre 2021

itea

información técnica económica agraria

www.aida-itea.org

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO

2021 CALIDAD REVISTAS CIENTÍFICAS ESPAÑOLAS
FECYT-159/2021
Fecha de certificación: 06 de octubre de 2014 (4ª convocatoria)
Válido hasta: 30 de julio de 2022