# itea

información técnica económica agraria

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO



Volumen 115

Número 1

Marzo 2019

aida-itea.org

# itea

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

| | | |
|---|---|---|
| 2019- AÑO L<br>Vol. 115 N.º 1<br>http://dx.doi.org/10.12706/itea | **DIRECCIÓN Y REDACCIÓN**<br>Avda. Montañana, 930<br>50059 ZARAGOZA (ESPAÑA)<br>Tel.: 34-976 716305<br>Fax.: 34-976 716335<br>E-mail: cmmarin@aragon.es | Depósito legal: Z-577-82<br>ISSN: 2386-3765<br>INO Reproducciones, S.A.<br>Pol. Malpica, calle E, 32-39<br>(INBISA II, nave 35)<br>50016 Zaragoza |

DIRECTOR: Clara Mª Marín, CITA de Aragón. España

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

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

COMITÉ DE REDACCIÓN: 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. Prohibida toda reproducción total o parcial sin autorización expresa de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario, Editor titular del copyright. ITEA no se responsabiliza necesariamente de las opiniones vertidas en los artículos firmados que publica, cuya responsabilidad corresponde a sus autores.

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



Foto y texto: Javier Álvarez Rodríguez

El sector porcino ocupa el primer lugar en importancia económica de la producción ganadera española. Esta coyuntura ha permitido el crecimiento de un gran tejido industrial y el mantenimiento de población en el medio rural, pero se enfrenta a numerosos retos, entre ellos, el mantenimiento de altos estándares sanitarios de su cabaña, la exportación de sus productos como elemento necesario para equilibrar el mercado, y la adecuada gestión de sus deyecciones para reducir su impacto ambiental. Las exigencias de los consumidores, que se reflejarán próximamente en las políticas europeas, provocarán además cambios de manejo para mejorar el bienestar animal, limitando mutilaciones como la castración sin anestesia o el corte de rabos, y promoverán además la libertad de movimiento de los animales en todas sus fases, lo que obligará a reducir el uso de jaulas de partos en las cerdas. Los agentes implicados deberán convertir estos desafíos en una nueva oportunidad.

# Editorial

Estimados colegas,

Dentro del proceso de renovación y mejora continua de AIDA, en el año 2018 se estrenó nuestra nueva web –www.aida-itea.org– haciéndola más moderna y dinámica, y dotándola de nuevos contenidos y funcionalidades: se han ampliado los contenidos ofrecidos de la revista ITEA, así como de las jornadas técnicas que promueve AIDA.

*Sobre la asociación AIDA:* este menú de la nueva web recoge el organigrama actual de la asociación, así como el formulario online que hay que rellenar para hacerse socio de AIDA. También recoge una nueva sección de galería fotográfica, en la que se irán publicando fotos de eventos que se realicen: conferencias, jornadas, etc.

*Sobre la revista ITEA:* este menú de la nueva web recoge toda la información necesaria sobre la revista ITEA-Información Técnica Económica Agraria: el enfoque y alcance de la revista, el modelo de evaluación por pares de sus artículos, sus datos actualizados de índice de impacto, la forma de citarla en los artículos científicos y otra información que en ocasiones puede ser de utilidad para sus autores, evaluadores y lectores. La revista ITEA mantiene su condición de Open-Access, es decir, puedes consultar de forma gratuita todos los artículos publicados en la revista. Además, a partir de ahora los artículos "en prensa" se publicarán en la web en cuanto estén disponibles las primeras pruebas de maquetación, sin necesidad de esperar a que se les asigne un volumen para poder leerlos y citarlos.

*Sobre las Jornadas técnicas de AIDA:* En este menú de la nueva web se ha ampliado la información disponible sobre las jornadas, y por supuesto, también se sigue mostrando en Open-Acces las comunicaciones de las jornadas realizadas hasta la fecha. Es cierto que no aparecen todas las comunicaciones de la historia de las Jornadas de Estudio, pero eso es algo que se tiene previsto incorporar con el tiempo.

*Buscador de artículos y comunicaciones:* Esta es una funcionalidad que se ha implementado en la nueva web de AIDA. El nuevo buscador tiene dos pestañas, una para buscar artículos publicados en la revista ITEA y otra para buscar comunicaciones presentadas en las jornadas técnicas. En las dos pestañas se puede realizar una búsqueda por: palabras que contenga el título, el autor, el resumen, etc. Hay una tercera pestaña, que permite hacer búsquedas dentro de los PDF de los artículos y de las revistas de forma menos específica.

La asociación sigue adaptándose a los nuevos tiempos, por ello se han creado también perfiles en redes sociales, en los que es posible estar al tanto de todo lo que sucede a tiempo real. El perfil de Facebook es <https://www.facebook.com/AIDA.ITEA/> y el perfil de Twitter <https://twitter.com/AIDA_ITEA>. Os animamos a seguirlos a los que participéis de forma activa en estas redes sociales.

Todas estas mejoras se hacen pensando en los socios y en los no socios. AIDA es una asociación abierta a las inquietudes de todos los profesionales implicados en el desarrollo agrario (agricultores, ganaderos, estudiantes, técnicos, investigadores, políticos…). Desde AIDA se pretende: facilitar a los asociados contactos profesionales, apoyar relaciones de colaboración en-

tre los asociados, crear medios facilitadores de la difusión y el intercambio de conocimientos, y orientar y desarrollar iniciativas que redunden en beneficio del desarrollo técnico, económico y social del sector agrario.

Desde AIDA te animamos a que te unas a nosotros. Después de 51 años seguimos teniendo la misma ilusión de nuestros orígenes, y nos encantaría que, con las actuales técnicas renovadas, la gente joven del sector Agroalimentario encuentre en AIDA también su asociación. Te esperamos.

**Clara Mª Marín**
Directora de ITEA

**María Salillas Fernández**
Gestora de contenidos web y redes sociales de AIDA
Editora técnica de revista ITEA

**Juan Antonio Marín**
Presidente de AIDA

# Sumario

## Producción Vegetal

Cepas de bacterias aisladas de esporomas de hongos ectomicorrízicos promueven el crecimiento vegetal.
*Strains of bacteria isolated from sporomes of ectomycorrhizal fungi promote plant growth.*
D.Y. Pineda-Mendoza, J.J. Almaraz, M.E. Lara-Hernandez, R. Arteaga-Garibay y H.V. Silva-Rojas 4

Evaluación del uso de endomicorrizas y *Azospirillum* sp. en la productividad y calidad nutracéutica de chile morrón (*Capsicum annuum*) en invernadero.
*Evaluation of endomycorrhizae and* Azospirillum *sp. in agronomic characteristics and nutraceutical quality of chilli pepper* (Capsicum annuum) *in greenhouse.*
E.A. Pérez-Velasco, R. Mendoza-Villarreal, A. Sandoval-Rangel, M. Cabrera-de la Fuente, V. Robledo-Torres y L.A. Valdez-Aguilar 18

## Producción Animal

Identificación mediante Sistemas de Información Geográfica de áreas problemáticas de ganadería intensiva por incumplimiento de las normativas vigentes: el caso de la Comunidad Valenciana.
*Geographic Information Systems detection of problematic areas of intensive livestock farming for non-compliance with the regulations in force: the case of the Valencian Community.*
C. Calafat-Marzal, A. Gallego-Salguero e I. Quintanilla-García 31

Efecto de los factores zootécnicos en la producción en primera lactación de vacas Frisonas en N.O. de España.
*Effect of zootechnical factors on first lactation milk yield of Friesian cows from N.W. Spain.*
M.J. Sánchez, R. Fouz, E. Yus, F. Camino y F.J. Diéguez 52

## Economía Agraria

Caracterización estructural, productiva y financiera de las explotaciones de jóvenes agricultores.
*Structural, productive and financial characterization of farms run by young farmers.*
M. Castillo-Quero y M.D. Guerrero-Baena 62

Análisis socio-ergonómico en la agricultura. Evaluación del sector oleico desde una perspectiva de género y envejecimiento.
*Socio-ergonomic analysis in agriculture. Evaluation of the oleic sector from a gender and aging perspective.*
V. Zorrilla-Muñoz, M.S. Agulló-Tomás y T. García-Sedano 83

# Cepas de bacterias aisladas de esporomas de hongos ectomicorrízicos promueven el crecimiento vegetal

D.Y. Pineda-Mendoza[1], J.J. Almaraz[1,*], M.E. Lara-Hernandez[1], R. Arteaga-Garibay[2] y H.V. Silva-Rojas[1]

[1] Programa de Edafología, Colegio de Postgraduados, Km 36,5 Carr. México-Texcoco, Montecillo, Estado de México, C.P. 56230

[2] Centro Nacional de Recursos Genéticos, Av. Biodiversidad No. 2498, Col. Centr. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México, C.P. 47600

**Resumen**

Los bosques son una fuente de recursos microbianos con potencial biotecnológico en la agricultura. En esta investigación se aislaron seis cepas bacterianas de esporomas del hongo ectomicorrízico *Lactarius salmonicolor* R. Heim & Leclairde con el fin de estudiar su capacidad promotora de crecimiento en hortalizas usando como planta indicadora chile Serrano (*Capsicum annuum* L.). Las cepas se cultivaron en medios selectivos para determinar solubilización de fosfatos, producción de indoles, sideróforos, y actividad antifúngica; se incluyeron tres cepas como controles de comparación. Además, se estableció un experimento de invernadero para determinar el efecto de las cepas en plántulas de chile. De las seis cepas aisladas, cinco fueron del género *Pseudomonas* y otra de la especie *Rouxiella silvae*. Todas las cepas solubilizaron fosfato sobresaliendo la OLsSf1. En el caso de la síntesis de indoles, la mayor producción correspondió a OLsSf1 y la cepa control P61. Las tres cepas control y la OLsSf3 inhibieron en más de 40% el crecimiento de *Rhizoctonia* sp. y la mayoría produjeron sideróforos. La mayor germinación de semillas (70%) se tuvo con la cepa OLsSf3. Se observó mayor elongación de la radícula con la cepa OLsAu2.3. Las cepas OLsSf5, OLsAu1, OLsAu2.3 y la cepa control A46 incrementaron el peso seco de plántulas en más de 60%, superando significativamente al testigo sin inoculación. Este trabajo mostró que rizobacterias aisladas de esporomas de hongos ectomicorrízicos pueden ser utilizadas en cultivos agrícolas como chile Serrano para incrementar el crecimiento de plántulas e incluso pueden superar a cepas de rizobacterias aisladas de especies vegetales cultivadas.

**Palabras clave:** Antagonismo, comunidades microbianas, *Lactarius salmonicolor*, metabolitos microbianos.

**Strains of bacteria isolated from sporomes of ectomycorrhizal fungi promote plant growth**

**Abstract**

Forest ecosystems are a source of microbial resources with biotechnological potential in agriculture. In this research, six bacterial strains from sporomes of the ectomycorrhizal fungus *Lactarius salmonicolor* R. Heim & Leclairde were isolated in order to study their growth promoter capacity in vegetables using Serrano chilli (*Capsicum annuum* L.) as an indicator plant. Strains were grown in culture media to determine phosphate solubilization, indole and siderophore production, and antifungal activity, three strains

* Autor para correspondencia: jalmaraz@colpos.mx

Cita del artículo: Pineda-Mendoza DY, Almaraz JJ, Lara-Hernandez ME, Arteaga-Garibay R, Silva-Rojas HV (2019). Cepas de bacterias aisladas de esporomas de hongos ectomicorrízicos promueven el crecimiento vegetal. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 115(1): 4-17. https://doi.org/10.12706/itea.2018.027

were included as comparison controls. In addition, a greenhouse experiment was established to determine the effect of the strains on chilli seedlings. Of the six isolated strains, five were species of the genus *Pseudomonas* and another was the species *Rouxiella silvae*. All strains solubilized phosphate being the best of them OLsSf1. In the case of indoles, the highest production corresponded to OLsSf1 and the control strain P61. The three control strains and the OLsSf3 inhibited in more than 40% the growth of *Rhizoctonia* sp., most of them produced siderophores. The highest seed germination (70%) was with the strain OLsSf3. Greater elongation of the radicle was observed with the strain OLsAu2.3. The OLsSf5, OLsAu1, OLsAu2.3 and the control strain A46 increased the dry weight of seedlings by more than 60%, significantly exceeding the control without inoculation. This work showed that rhizobacteria isolated from sporomes of ectomycorrhizal fungi can be used in agricultural crops such as Serrano chilli to increase seedling growth and even to overcome rhizobacteria strains isolated from cultivated plant species.

**Keywords:** Antagonism, microbial communities, *Lactarius salmonicolor*, microbial metabolites.

## Introducción

Los bosques son grandes reservorios de biodiversidad de plantas, animales y microorganismos. Estos últimos desempeñan diferentes funciones que son vitales en el mantenimiento del bosque (Baldrian, 2017; Yang *et al.*, 2017), entre las cuales se encuentran: mineralización de la materia orgánica, movilización y reciclaje de nutrientes. Muchos de ellos establecen interacciones positivas con las plantas mejorando su nutrición y crecimiento a través de diferentes mecanismos (Uroz *et al.*, 2011; Müller *et al.*, 2016; Baldrian, 2017). Por ejemplo, producen hormonas vegetales (auxinas, giberelinas, etileno) y diversas enzimas, aumentan la disponibilidad de nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio y hierro), y producen metabolitos secundarios con actividad antimicrobiana (Nadeem *et al*., 2014; Navya *et al*., 2015).

Las comunidades microbianas viven en el dosel de las comunidades vegetales, en la rizosfera, el suelo e incluso en superficies rocosas (Siebyla y Hilszczanska, 2017). Algunos grupos microbianos como los hongos ectomicorrízicos establecen simbiosis con plantas forestales y crean una red de hifas que exploran el suelo más allá de las raíces e interconectan diferentes especies haciéndolas exitosas en la adquisición de nutrientes y agua (Aspray *et al*., 2006; Baldrian, 2017). La red de hifas y raíces, conocida como micorrizosfera, crea un ambiente que permite el establecimiento de diversos microorganismos característicos de esta área del suelo, entre los que se encuentran las bacterias auxiliadoras de la micorrización, que actúan como moduladores de la colonización y promoción de la simbiosis entre los hongos micorrízicos y las plantas, así como también pueden influir directamente en el crecimiento vegetal de sus hospedantes (Johansson *et al*., 2004; Fatemeh *et al*., 2014).

Las bacterias auxiliadoras de la micorrización y promotoras del crecimiento tienen un gran potencial de uso en viveros forestales como varios estudios lo demuestran (Dominguez-Nuñez *et al*., 2015), y posiblemente su efecto benéfico no se restringa solo a sus hospedantes arbóreos sino que se extienda a otras especies como cultivos agrícolas. En este trabajo se estudió el potencial de un grupo de cepas de rizobacterias aisladas de esporomas del hongo ectomicorrízico *Lactarius salmonicolor* R. Heim & Leclairde para promover crecimiento, usando como planta indicadora a chile Serrano (*Capsicum annuum* L.), una hortaliza ampliamente cultivada en México y otros países del mundo.

## Materiales y métodos

### *Aislamiento de cepas de bacterias de esporomas*

Se recolectaron esporomas del hongo ectomicorrízico *Lactarius salmonicolor* en un rodal de oyamel (*Abies religiosa* (HBK) Schl. & Cham.), en el Monte Tláloc, Texcoco, Estado de México. El suelo en este rodal es un andosol de textura franca con pH de 4,9, además, tiene 14,6% de materia orgánica, 18,8 mg $Kg^{-1}$ de nitrógeno inorgánico y 6,2 mg $Kg^{-1}$ de fósforo disponible. Los esporomas colectados en el rodal de oyamel se colocaron en una hielera para mantenerlos en condiciones frescas durante el traslado al laboratorio. Se cortó finamente un gramo del esporoma y se agregó a un tubo que contenía 9 mL de agua destilada estéril, se agitó vigorosamente y de esta dilución ($10^{-1}$) se realizaron diluciones decimales seriales ($10^{-2}$ hasta $10^{-6}$), se tomaron alícuotas de 100 µL de cada dilución y se dispersaron homogéneamente en cajas Petri con el medio de cultivo Pikovskaya (ver detalles del medio más adelante). Las cajas se incubaron a 28 °C durante 7 días. Las colonias crecidas que presentaron el mayor halo transparente fueron resembradas en agar nutritivo y conservadas hasta su utilización.

### *Identificación molecular de las cepas aisladas*

Se extrajo el DNA genómico a partir de tres colonias de las cepas aisladas con el sistema comercial EZ-10 Spin® Column Bacterial DNA mini-preps kit (Bio Basic Inc., Canadá), se verificó la integridad en un gel de agarosa al 0,8%. Se amplificó vía una PCR el gen 16S rDNA, correspondiente a las regiones hipervariables V1 a V3 que permiten la asignación de identidad de manera confiable hasta nivel de género y especie, según el grupo bacteriano. La PCR se realizó con un protocolo de un ciclo de 2 min a 95 °C, seguido de 30 ciclos de 1 min a 57 °C, 30 ciclos de 1,3 min a 72 °C y 1 ciclo de 5 min a 72 °C. Se utilizaron los Primer 8F (5 -AGAGTTTGATCCTGGCTCAG-3 ) y el 1492R (5 -GGTTACCTTGTTACGACTT-3 ). Los productos de amplificación se enviaron al servicio de secuenciación de MACROGEN (Corea del sur).

Se editaron las secuencias de las cepas con software bioinformático, se convirtieron las secuencias a formato FASTA con el programa BioEdit versión 7.0.9.0 y se analizaron las secuencias en la plataforma BLAST, se descargaron hasta 10 secuencias del GenBank con similitudes mayores al 98% para generar un alineamiento múltiple con el programa ClustalX versión 2.0, el alineamiento se editó para generar la secuencia consenso con el programa Seaview versión 4.0. Se analizó la secuencia consenso en la plataforma BLAST para generar una minería de secuencias homologas de las especies con mayor similitud; con la minería, se construyó un árbol filogenético por cada secuencia con el programa MEGA versión 6.0 (Tamura *et al*., 2013) para comparar la topología de la filogenia con el resultado de BLATS; el criterio de asignación de identidad fue que se tuvieran porcentajes de identidad mayores al 97% para nivel de especie, 95-96% para nivel de género y porcentajes de cobertura mayores al 85%, con base a lo descrito por Rosselló-Mora y Amann (2001).

### *Cepas de rizobacterias incluidas como control*

Para caracterizar la capacidad promotora de crecimiento de las cepas de rizobacterias aisladas de los esporomas del hongo ectomicorrízico se incluyeron tres cepas promotoras de crecimiento como referencia: P61 (*Pseudomonas tolaasii)*, A46 (*P. tolaasii)* y Bsp1.1 (*Paenibacillus* sp.); estas cepas fueron obtenidas del laboratorio de Microbiología, del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de Mé-

xico. Las cepas produjeron indoles, solubilizaron fosfatos, incrementaron germinación de semillas y el crecimiento de plantas (datos no publicados). El hongo fitopatógeno utilizado en la prueba de antagonismo fue *Rhizoctonia* sp., aislado de chile poblano (*Capsicum annuum* L.) que fue también obtenido del laboratorio de Microbiología ya mencionado.

### *Capacidad de solubilización de fosfato*

Las cepas de rizobacterias se sembraron en medio Pikovskaya y se incubaron durante 7 días a 28 °C en agitación. El medio contiene (por litro): 10 g de glucosa; 5 g de $Ca_3(PO_4)_2$; 0,5 g de $(NH_4)_2SO_4$; 0,2 g de NaCl; 0,1 g de $MgSO_4 \cdot 7H_2O$; 0,2 g de KCl; 0,5 g de extracto de levadura; 0,002 g de $MnSO_4$ y 0,002 g de $FeS0_4 \cdot 7H_2O$; pH 7. El cultivo bacteriano se centrifugó a 7000 rpm durante 10 min; del sobrenadante se tomaron alícuotas de 150 µL de muestra y se depositaron en microplacas de 96 pozos (microplates Costar 3591, Corning, NY); se adicionaron 50 µL de molibdato y 50 µL de vanadato, y se mezclaron. Se dejó reaccionar durante cinco minutos y después las muestras se leyeron en un espectrofotómetro (Synergy 2 microplate reader, Biotek Instruments, Inc.) a 420 nm. El fosfato soluble se cuantificó a través de una curva estándar elaborada con diferentes concentraciones de fosfato (0, 20, 40, 60, 100, 150, 200, 250, 300 µg $mL^{-1}$). El diseño experimental utilizado fue completamente al azar (tres repeticiones por cepa). Los datos se analizaron mediante el paquete estadístico SAS versión 9.0; se hizo comparación de medias (Tukey, P = 0,05).

### *Producción de indoles totales*

Las cepas bacterianas se cultivaron en tubos con 5 mL de medio Luria-Bertani (por litro: 10 g Triptona, 5 g de extracto de levadura, 5 g NaCl, 1 g de Triptófano y 20 g de agar) a 28 °C en agitación (150 rpm). Muestras de cultivo bacteriano se obtuvieron a las 24, 48 y 72 h. Después los cultivos se centrifugaron a 7000 rpm durante 15 min; se tomaron 50 µL de sobrenadante de cada muestra y se depositaron en microplacas de 96 pozos (Microplates Costar 3591, Corning, NY); se adicionaron 200 µL de solución Salkowski (2% de $FeCl_3$ 0,5 M en ácido perclórico al 35%) y se incubó durante 30 min en oscuridad. Las muestras se leyeron en un espectrofotómetro (Synergy 2 microplate reader, BioteK instruments, Inc.) a 530 nm. La concentración de indoles se estimó a partir de una curva estándar de concentraciones conocidas de ácido indolacético (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 µg $mL^{-1}$) que se procesaron de la misma forma que las muestras (Hynes *et al*., 2008). El diseño experimental utilizado fue completamente al azar (tres repeticiones por cepa). Los datos se procesaron, se analizaron estadísticamente y se determinaron las medias y el error estándar.

### *Producción de sideróforos*

Las cepas bacterianas se sembraron en caldo nutritivo durante tres días a 28 °C en agitación. Posteriormente, los cultivos se centrifugaron a 7000 rpm durante 15 min y se realizaron tres lavados con agua estéril bidestilada para eliminar rastros de oligoelementos. La pastilla se resuspendió en 5 mL de agua bidestilada. La siembra se realizó agregando 10 µL de la suspensión bacteriana en las placas con medio CAS (Schwyn y Neilands, 1987; Louden *et al*., 2011). Las mediciones se realizaron una vez que se observó la formación de halos de color amarillo o naranja (se midió el diámetro de los halos). El diseño experimental utilizado fue completamente al azar (tres repeticiones por cepa). Los datos se analizaron mediante el paquete estadístico SAS versión 9.0; se hizo comparación de medias (Tukey, P = 0,05).

### *Capacidad antagónica de rizobacterias contra* Rhizoctonia *sp.*

Las cepas bacterianas se cultivaron en caldo nutritivo (Merck), en agitación durante 3 días. La cepa de *Rhizoctonia* sp. se propagó en cajas con medio papa dextrosa agar (PDA, Merck) hasta que el hongo cubrió la superficie del medio. Las muestras de los cultivos bacterianos se tomaron con un asa y se sembraron en línea recta en un extremo de cada caja Petri con medio PDA. A las 24 h posteriores, se sembró un disco de cultivo del hongo en frente de la bacteria, a una distancia de 4 cm. A los 6 días posteriores, se midió el crecimiento radial del hongo fitopatógeno. Se calculó el porcentaje de inhibición del crecimiento del hongo mediante la fórmula: % Inhibición = R – r X100/ R, donde: R es la longitud del hongo en el testigo, r es la longitud del hongo en cada uno de los tratamientos en presencia del antagonista. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con tres repeticiones por tratamiento y los datos fueron analizados con el paquete estadístico SAS versión 9.0; se realizó la comparación de medias (Tukey, P = 0,05).

### *Ensayo de germinación de semillas*

En este ensayo sé utilizaron semillas de chile Serrano (*Capsicum annuum* L.), que estuvieron almacenadas durante dos años a temperatura ambiente, las cuales tenían una germinación de 20% en promedio. Las semillas fueron desinfestadas con hipoclorito de sodio al 3% durante 5 min. Las semillas se colocaron sobre toallas de papel de 23 x 8 cm, humedecidas con agua destilada estéril, y se inocularon distribuyendo 2 mL de suspensión bacteriana con una carga de $10^7$ células $mL^{-1}$ en cada toalla. Las cepas bacterianas se cultivaron previamente en caldo nutritivo durante tres días en agitación a 180 rpm. Los tratamientos consistieron en 9 cepas bacterianas y un testigo, con caldo nutritivo sin bacteria, establecidos en un diseño experimental completamente al azar. Cada tratamiento tuvo tres repeticiones con 20 semillas cada una. Se determinó el porcentaje de semillas germinadas por tratamiento a los 5 días después de la inoculación y la longitud de la radícula a los 7 días después de la germinación. Los datos fueron analizados usando el paquete estadístico SAS versión 9.0; se realizaron análisis de varianza y pruebas de comparación de medias (Tukey, P = 0,05).

### *Inoculación de rizobacterias en plántulas de chile Serrano*

Las semillas de chile Serrano utilizadas en el experimento vienen de un lote nuevo que tenía una germinación de 95%. Estas se desinfestaron con hipoclorito de sodio al 3% durante 5 min. Se sembraron semillas en cada charola de 30 x 20 cm, que contenían arena previamente esterilizada en autoclave durante 3 h durante 3 días consecutivos, en tres hileras de 10 semillas. Las cepas de rizobacterias se cultivaron en caldo nutritivo (Merck) durante 4 días en agitación a 180 rpm hasta obtener una concentración de $10^9$ células $mL^{-1}$; se adicionó 15 mL de inóculo bacteriano por charola, distribuyéndolo uniformemente. La humedad se mantuvo con riegos de agua destilada estéril y con aplicación de solución nutritiva Long Ashton alternadamente. La solución contiene por litro: 5 mL de $KNO_3$; 5 mL de $MgSO_4 \cdot 7H_2O$; 5 mL de $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$; 1,34 mL de $NaH_2PO_4 \cdot H_2O$; micronutrientes [$MnSO_4 \cdot H_2O$, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, $H_3BO_3$, NaCl, $(NH_4)_6MO_7O_{24} \cdot 4H_2O$] y citrato férrico ($FeC_6H_5O_7$; $H_3C_6H_5O_7 \cdot H_2O$ a pH 5,8). La solución nutritiva aplicada fue diluida en concentración de 1:10. A los 45 días se cosechó y se evaluó peso seco total de plántula. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 30 plántulas por tratamiento (10 tratamientos en total incluyendo

al testigo). Los datos fueron analizados usando el paquete estadístico SAS versión 9.0 y se realizaron análisis de varianza y comparación de medias (Tukey P = 0,05).

## Resultados

Se aislaron seis cepas de rizobacterias de esporomas de hongos ectomicorrízicos, cinco de ellas correspondieron a tres especies de *Pseudomonas*: *P. azotoformans*, *P. yamanorum* y *P. helmanticensis*, otra más pertenece a la especie de *Rouxiella silvae*, con porcentajes de identidad entre 98,8 a 100% (Tabla 1 y Figura 1). Estas cepas fueron caracterizadas por su potencial de promover el crecimiento vegetal. Además, se incluyeron tres cepas control de referencia con características probadas como promotoras de crecimiento vegetal (P61, *Pseudomonas tolaasii*; A46, *P. tolaasii*; Bsp1.1, *Paenibacillus* sp.). En total se caracterizaron y evaluaron nueve cepas de rizobacterias.

### *Capacidad de solubilización de fosfatos*

En este estudio todas las cepas solubilizaron fosfatos en el medio Pikovskaya. La solubilización fue de 40,4 a 122,6 µg $mL^{-1}$, a los siete días de crecimiento del cultivo bacteriano. La cepa con mayor solubilización fue OLsSf1 con 122,6 µg $mL^{-1}$, en contraste con las cepas de referencia que presentaron menores niveles (P61 con 92,3 µg $mL^{-1}$, Bsp1.1 con 83,602 µg $mL^{-1}$ y A46 con 59,292 µg $mL^{-1}$) como se muestra en la Figura 2A.

### *Producción de indoles*

Todas las cepas produjeron indoles, aunque la mayoría en baja cantidad. Las cepas sobresalientes en producir indoles fueron: OLsSf1 con 31 µg $mL^{-1}$, OLsSf3 con 20,26 µg $mL^{-1}$ ambas aisladas de esporomas de *Lactarius salmonicolor* y la cepa de referencia P61 con 13 µg $mL^{-1}$. Estos niveles los alcanzaron a las 72 h. La producción de indoles fluctuó de 2,5 a 31 µg $mL^{-1}$ dependiendo del tiempo de crecimiento de las cepas de rizobacterias. Cinco cepas produjeron indoles en niveles inferiores a 10 µg $mL^{-1}$, que incluso tendieron a disminuir con el tiempo de incubación (Figura 2B).

### *Capacidad antagónica contra* Rhizoctonia *sp.*

De las nueve cepas evaluadas solo cuatro resultaron con actividad antagónica marcada contra *Rhizoctonia* sp., tres de ellas fueron las cepas de referencia y solo una fue del grupo de las aisladas de los esporomas del hongo ectomicorrízico. En el caso del testigo sin cepa rizobacteriana, el hongo creció cubriendo toda la caja con un radio frontal de 65 mm. En los tratamientos con las cepas de referencia el radio del hongo fue de 34 a 36 mm, lo que correspondió a porcentajes de inhibición entre 45 y 47%, mientras que con la cepa OLsSf3 el radio del hongo fue de 40 mm, que equivale a una inhibición de 39% con respecto al testigo. Esta última cepa fue aislada de *Lactarius salmonicolor* (Tabla 2).

### *Producción de sideróforos*

La producción de sideróforos es una característica muy importante en cepas de rizobacterias debido a que les otorga la capacidad de establecerse en condiciones donde el hierro está en baja disponibilidad y controlar fitopatógenos al secuestrar hierro. Ocho cepas de rizobacterias evaluadas en este trabajo fueron positivas para la prueba de sideróforos, de las cuales las más sobresalientes fueron: OLsSf3 con un halo de 15,2 mm de diámetro, P61 con 15 mm y OLsSf2.3 con 13,2 mm. La cepa Bsp1.1 no fue capaz de crecer en el medio específico CAS (Tabla 2).

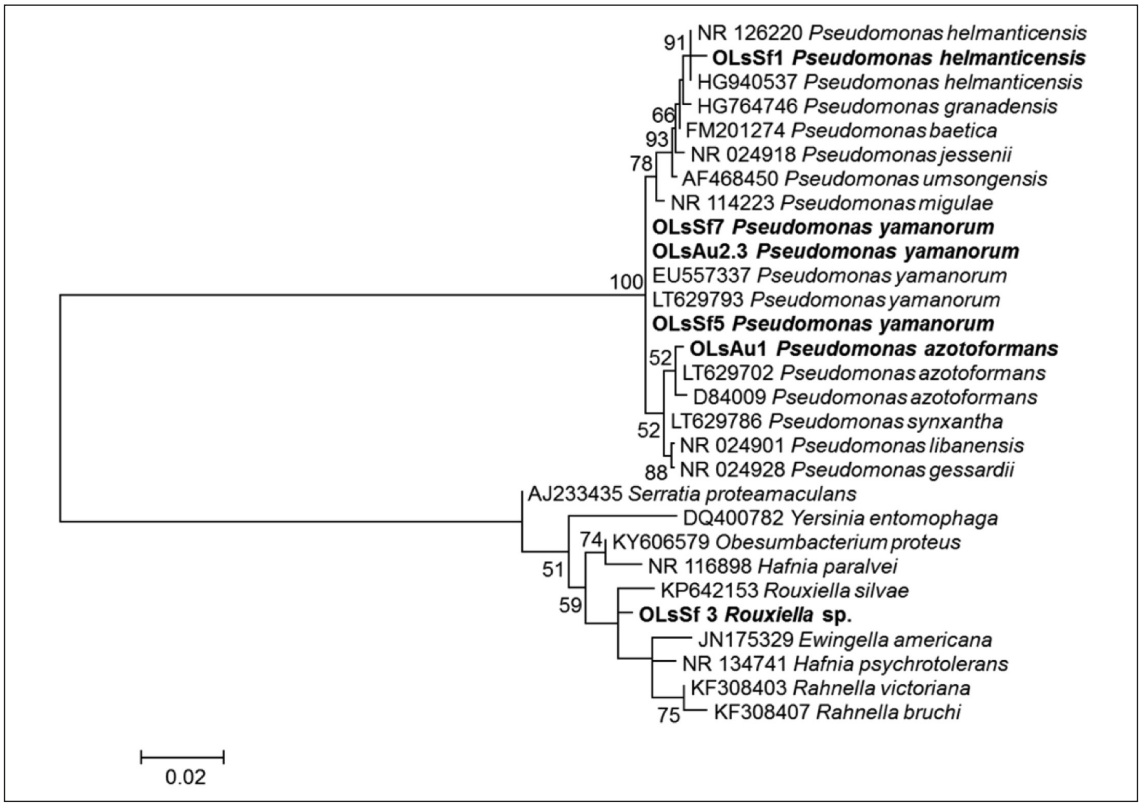



Figura 1. Árbol filogenético generado con el programa MEGA 7 utilizando el método de máxima verosimilitud y el modelo de sustitución nucleotídica HKY+G+I; los números en los nodos indican los valores de bootstrap con 1000 repeticiones.
*Figure 1. Phylogenetic tree generated with the MEGA 7 program using the maximum verisimilitude method and the nucleotide substitution model HKY + G + I; the numbers on the nodes indicate the bootstrap values with 1000 repetitions.*

Tabla 1. Identificación molecular de las cepas aisladas de esporoma de *Lactarius salmonicolor.*
*Table 1. Molecular identification of strains isolated from* Lactarius salmonicolor *sporome.*

| Cepa | Identidad (%) | Numero de acceso Genbank | Secuencia referencia en el GenBank |
|---|---|---|---|
| OLsAu1 | 99,5 | MF598585 | LT629702 *Pseudomonas azotoformans* |
| OLsAu2.3 | 100,0 | MF598587 | EU557337 *Pseudomonas yamanorum* |
| OLsSf1 | 99,5 | MF598586 | HG940537 *Pseudomonas helmanticensis* |
| OLsSf3 | 98,8 | MF598584 | KP642153 *Rouxiella silvae* |
| OLsSf5 | 100,0 | MF598588 | EU557337 *Pseudomonas yamanorum* |
| OLsSf7 | 100,0 | MF598589 | EU557337 *Pseudomonas yamanorum* |

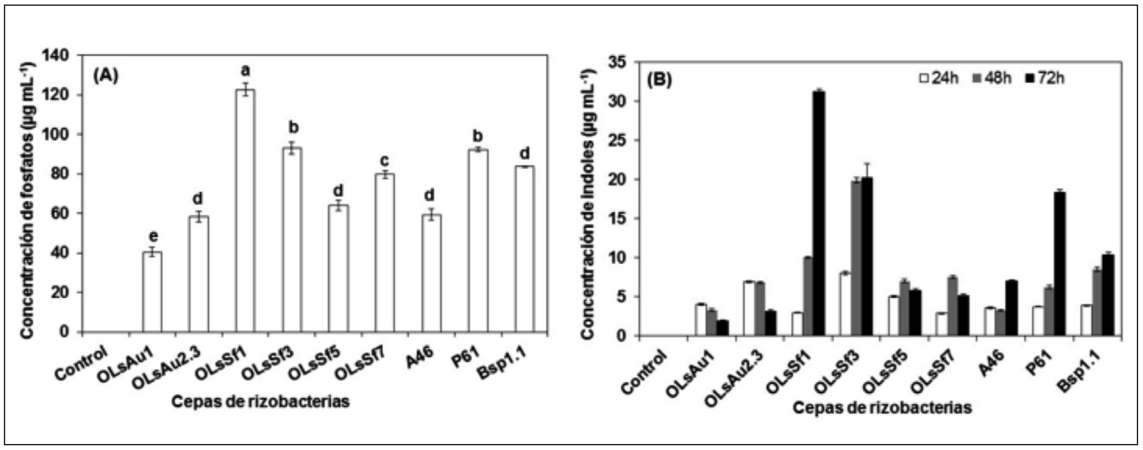



Figura 2. Solubilización de fosfatos (A) y producción de indoles (B) de cepas de rizobacterias. Letras idénticas sobre las barras no son significativamente diferentes (Tukey, P ≤ 0,05), n = 3. Las barras verticales indican el error estándar.
*Figure 2. Solubilization of phosphate (A) and production of indole (B) of strains of rhizobacteria. Identical letters on the bars are not significantly different (Tukey, P ≤ 0.05), n = 3. Vertical bars indicate the standard error.*

Tabla 2. Inhibición del crecimiento radial de *Rhizoctonia* sp., producción de sideróforos y efecto de diferentes cepas de rizobacterias en la germinación y longitud de la radícula en chile Serrano.
*Table 2. Inhibition of the radial growth of* Rhizoctonia *sp., production of siderophores and effect of different strains of rhizobacteria on the germination and length of the radicle in Serrano chilli.*

| Tratamientos | Inhibición de *Rhizoctonia* sp. (%) | Sideróforos (halo en mm) | Germinación (%) | Longitud de la radícula (mm) |
|---|---|---|---|---|
| Control | 0 c | — | 18 bc | 5 cde |
| OLsAu1 | 26 b | 9 abc | 15 bc | 4 de |
| OLsAu2.3 | 7 c | 13 ab | 38 abc | 17 a |
| OLsSf1 | 7 c | 3 de | 20 bc | 8 cbd |
| OLsSf3 | 39 a | 15 a | 7 c | 5 cde |
| OLsSf5 | 7 c | 5 cde | 47 ab | 9 bc |
| OLsSf7 | 6 c | 7 bcd | 70 a | 11 b |
| A46 | 45 a | 8 bcd | 42 ab | 9 cb |
| P61 | 47 a | 15 a | 25 bc | 7 cbd |
| Bsp1.1 | 45 a | 0 e | 17 bc | 3 e |

— Sin actividad. Medias con la misma letra en cada columna no son significativamente diferentes (Tukey, P ≤ 0,05).

### *Ensayo de germinación de semillas de chile Serrano*

La cepa OLsSf7 tuvo el mayor porcentaje de semillas germinadas con 70%, le siguieron las cepas OLsSf5 con 47% y A46 con 42% de germinación; mientras que el testigo solo tuvo 18% de germinación. En el caso de la longitud de la raíz las mejores cepas fueron: OLsAu 2.3 con 16,7 mm y OLsSf7 con 10,7 mm como se muestra en el Tabla 2.

### *Inoculación de rizobacterias en plántulas de chile Serrano en invernadero*

Las cepas evaluadas bajo condiciones de invernadero presentaron un efecto positivo en el peso seco total de las plántulas, las mejores fueron: OLsSf5 con 27 mg, OLsAu1 con 26 mg, OLsAu2.3 con 24,7 mg todas ellas aisladas del hongo ectomicorrízico y la cepa de referencia A46 con 26 mg (Figura 3). Estas cepas incrementaron el peso seco total en más de 42% con respecto al testigo que tuvo un peso de 17 mg.

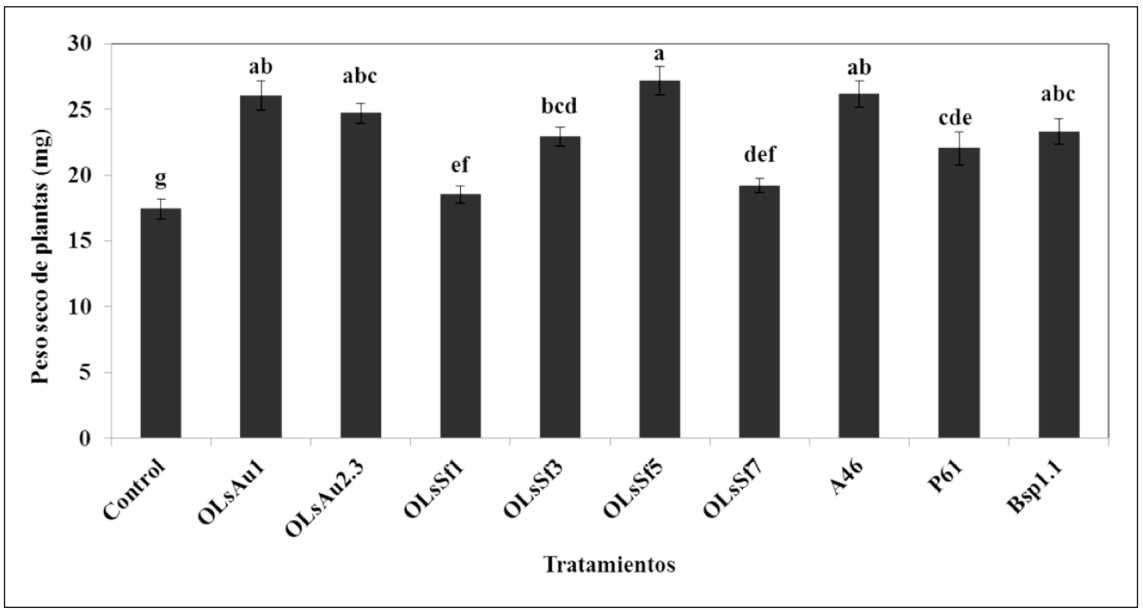



Figura 3. Crecimiento de plántulas de chile Serrano bajo condiciones de invernadero a los 45 días después de la inoculación. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, $P \leq 0,05$), n = 30. Las barras verticales indican el error estándar.

*Figure 3. Growth of Serrano pepper seedlings under greenhouse conditions at 45 days after inoculation. Mens with the same letter are not significantly different (Tukey, $P \leq 0.05$), n = 30. Vertical bars indicate the standard error.*

## Discusión

De los esporomas de hongos ectomicorrízicos se aislaron seis cepas de rizobacterias: cinco de ellas pertenecen al grupo de las *Pseudomonas* (*P. azotoformans, P. yamanorum*, *P. helmanticensis*) y una cepa corresponde a *Rouxiella silvae* (Tabla 1 y Figura 1). Lo cual sugiere que el género *Pseudomonas* es común en esporomas de *Lactarius salmonicolor.* En estudios de diversidad bacteriana en esporomas de hongos ectomicorrizicos se ha observado que Proteobacteria es el Phylum predominante (Pent *et al*., 2017), y se han encontrado especies de bacterias de los géneros: *Burkholderia*, *Collimonas*, *Dyella*, *Mesorhizobium*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Sphingomonas*, *Bacillus* y *Paenibacillus* (Aspray *et al*., 2006; Uroz *et al*., 2013; Pent *et al*., 2017). De acuerdo a otros estudios, la especie de *Pseudomonas azotoformans* presenta tolerancia a factores de estrés como sequía, salinidad, temperatura, metales y antibióticos, además se ha reportado como promotora del crecimiento vegetal (solubilizadora de fósforo, fijadora de nitrógeno y con actividad ACC desaminasa) y biocontroladora de hongos fitopatógenos (Fang *et al*., 2016; Ma *et al*., 2017; Sritongon *et al*., 2017). En el caso de *P. yamanorum* y *P. helmanticensis* son especies reportadas en años recientes y que se aislaron de suelos forestales. La primera se aisló en Argentina, es tolerante a bajas temperaturas y produce antimicrobianos, La segunda fue aislada por primera vez en España y tiene capacidad de solubilizar fosfatos (Ramírez-Bahena *et al*., 2014; Arnau *et al*., 2015). La especie *Rouxiella silvae* es otra especie nueva que fue aislada de pantanos en Alemania y produce surfactantes (Le Flèche-Matéos *et al*., 2017). En nuestro trabajo, las cepas de *Pseudomonas* y de *Rouxiella* antes descritas, fueron aisladas de esporomas de *Lactarius salmanicolor* en bosques de *Abies religiosa* y presentaron atributos relacionados con la promoción del crecimiento vegetal y tuvieron efecto en plántulas de chile Serrano, una hortaliza ampliamente cultivada en México.

En esta investigación, todas las cepas de rizobacterias aisladas de esporomas de hongos ectomicorrízicos solubilizaron fosfato con niveles mínimos de 40,4 µg $mL^{-1}$ y máximos de 122,6 µg $mL^{-1}$ (Figura 2A). Estos valores se encuentran dentro del rango reportado para otros microorganismos que solubilizan fosfatos en concentraciones de 5 µg $mL^{-1}$ hasta 237,5 µg $mL^{-1}$, que está asociado a la producción de ácidos orgánicos (Hussein y Joo, 2015; Zeng *et al*., 2017). En el presente trabajo, las cepas fueron aisladas de esporomas de *Lactarius salmonicolor* colectados en un rodal de oyamel del Monte Tláloc, donde los suelos son andosoles, los cuales tienen el atributo de retener el fósforo. Probablemente, el tipo de suelo haya sido un factor que influye en la adaptación de las rizobacterias a limitantes de fósforo, por lo que todas las cepas aisladas presentaron capacidad de solubilizar fosfatos, aunque en diferente magnitud.

Una característica valiosa en rizobacterias que promueven el crecimiento vegetal es la producción de auxinas. Se conocen varios géneros de bacterias como son *Azospirillum, Flavobacterium* y *Streptomyces*, que bajo ciertas condiciones producen ácido indolacético. Por ejemplo, *Pseudomonas fluorescens*, aislada de la rizosfera, sintetizó de 17,7 a 95,9 µg $mL^{-1}$ de auxinas, *Azotobacter* spp. produjo auxinas en un rango de 7,3 a 32,8 mg $mL^{-1}$ y tiene potencial en la agricultura (Ahmad *et al*., 2005; Pavlova *et al*., 2017). En esta investigación las cepas produjeron niveles de indoles entre 2,5 y 31 µg $mL^{-1}$ (Figura 2B) comparables con lo reportado por Hussein y Joo (2015), donde sus cepas produjeron indoles desde 0,17 µg $mL^{-1}$ hasta 48 µg $mL^{-1}$.

El antagonismo de rizobacterias hacia hongos fitopatógenos ha sido reportado por investigadores como Browers y Parke (1993) y Alexandrova *et al*. (2002), quienes observa-

ron que las rizobacterias son efectivas en el control de hongos fitopatógenos. La actividad inhibitoria que ejercen las rizobacterias sobre los fitopatógenos es a través de diferentes mecanismos como la producción de antibióticos, sideróforos, enzimas líticas y competencia por espacio y nutrientes (Naing *et al*., 2014; Müller *et al*., 2016). De las nueve cepas de rizobacterias evaluadas en este trabajo solo cuatro (P61, Bsp1.1, A46 y OLsSf3) fueron capaces de inhibir en más de 40% el crecimiento de *Rhizoctonia* sp. (Tabla 2).

La mayoría de las cepas tuvieron capacidad de producir sideróforos como lo indicó el ensayo en el medio de cultivo CAS (Tabla 2), se observaron diferentes tonalidades de color en los halos que fueron desde el amarillo al naranja, estos cambios de color se debieron al secuestro del hierro por los sideróforos liberados por las bacterias. Las especies de *Pseudomonas* han sido reportadas como productoras de sideróforos en otros trabajos (Maleki *et al*., 2010). En el presente estudio solo la cepa de rizobacterias Bsp1.1 que pertenece al grupo de *Paenibacillus* sp. no produjo sideróforos.

Cuatro cepas incrementaron la germinación de semillas y longitud de radícula, particularmente fue notorio el efecto de la cepa OLsSf7 con 70% de semillas germinadas considerando que el testigo solo tuvo 18% de germinación. El incremento en la germinación se atribuye a la producción de fitohormonas, particularmente de giberelinas. La germinación es un proceso regulado principalmente por el balance entre el ácido abscísico y giberelinas. Estas últimas rompen la dormancia y estimulan la germinación, reduciendo los niveles de ácido abscísico. Aunque hay otros factores que también intervienen (especies reactivas de oxígeno, especies reactivas de nitrógeno y el etileno), estas dos se consideran hormonas clave en el proceso de germinación (Shu *et al*., 2016). Es muy probable que el efecto estimulador de la inoculación de las cepas de rizobacterias se deba a producción de giberelinas.

La inoculación de rizobacterias produjo mayor biomasa en plántulas de *Capsicum annuum* L., especialmente las plántulas tratadas con las cepas OLsSf5, OLsAu1 y OLsAu2.3 aisladas de *Lactarius salmonicolor* y la cepa control A46 fueron las que presentaron el mayor peso seco total con valores de más de 24 mg en comparación con el testigo que tuvo 17.4 mg (Figura 3). Huang *et al*. (2017) reportan que el peso seco es una variable confiable para evaluar la promoción del crecimiento en plantas. Las cuatro cepas bacterianas que promovieron el crecimiento vegetal en plántulas de chile en condiciones de invernadero pertenecen al grupo de las *Pseudomonas*. Existen varios estudios que remarcan el efecto positivo de la inoculación de cepas bacterianas de *Pseudomonas*, por ejemplo, estas especies juegan un papel ecológico importante en la rizosfera de garbanzo y arroz asociadas con actividades en la producción de sideróforos, auxinas, ACC desaminasa, solubilización de fosfatos y la fijación biológica de nitrógeno (Singh, 2015; Pham *et al*., 2017). No obstante, en el presente trabajo se observó que las cepas que incrementaron el peso seco en plántulas de chile no fueron aquellas con los mayores niveles de solubilización de fosfatos, producción de indoles, sideróforos y actividad antagónica. El efecto de las cepas en el peso seco en plántulas de chile Serrano puede posiblemente estar relacionado con la compatibilidad entre el cultivo y la bacteria, es decir la interacción entre planta-rizobacteria. Se ha observado que los efectos positivos o negativos en la inducción del crecimiento vegetal están relacionados con la capacidad de las rizobacterias para colonizar la raíz (Maleki *et al*., 2010). Los efectos positivos en plántulas encontrados en este trabajo se atribuyen a las características que presentan las cepas relacionadas con la promoción de crecimiento vegetal, de acuerdo con lo reportado en otros estudios y a la compatibilidad de las rizobacterias con la especie vegetal (Prasad y Babu, 2017).

## Conclusión

Cepas de rizobacterias asociadas a esporomas de hongos ectomicorrízicos presentaron capacidad de solubilizar fosfatos, producir indoles y sideróforos e inhibir a *Rhizoctonia* sp. Así mismo, la inoculación de estas cepas favoreció la germinación de semillas y estimuló el crecimiento vegetal en plántulas de chile Serrano. Las cepas pueden ser utilizadas en cultivos agrícolas para incrementar el crecimiento de plántulas e incluso pueden superar a cepas de rizobacterias aisladas de especies vegetales cultivadas. Este estudio muestra que los bosques son una fuente de recursos microbianos con potencial biotecnológico que pueden usarse en cultivos agrícolas.

## Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por el proyecto SAGARPA-CONACYT "Mejoramiento integral de la productividad en el cultivo de chile en México para mejorar la competitividad mediante el incremento del rendimiento y calidad" y por el Colegio de Postgraduados. El primer autor agradece la beca brindada por el Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

## Referencias bibliográficas

Ahmad F, Ahmad I, Khan MS (2005). Indole acetic acid production by the indigenous isolates of *Azotobacter* and *fluorescent Pseudomonas* in the presence and absence of tryptophan. Turkish Journal of Biology 29: 29-34.

Alexandrova M, Bazzi C, Lameri P (2002). *Bacillus subtillis* strain BS-F3: colonization of pear organs and its action as a biocontrol agent. Acta Horticulturae 590: 291-297.

Arnau VG, Sánchez LA, Delgado OD (2015). *Pseudomonas yamanorum* sp. nov., a psychrotolerant bacterium isolated from a subantarctic environment. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology 65(2): 424-431.

Aspray TJ, Frey-Klett P, Jones JE, Whipps JM, Garbaye J, Bending GD (2006). Mycorrhization helper bacteria: a case of specificity for altering ectomycorrhiza architecture but not ectomycorrhiza formation. Mycorrhiza 16(8): 533-541.

Baldrian P (2017). Forest microbiome: diversity, complexity and dynamics. FEMS Microbiology Reviews 41(2): 109-130.

Browers JH, Parke JL (1993). Epidemiology of *Pythium* damping-off and *Aphanomyces* root rot of peas after seed treatment with bacterial agents for biological control. Phytopathology 83(12): 1466-1473.

Dominguez-Nuñez JA, Medina M, Berrocal-Lobo M, Anriquez A, Albanesi A (2015). The combined effects of *Pseudomonas fluorescens* CECT 844 and the black truffle co-inoculation on *Pinus nigra* seedlings. IForest 8(5): 624-630.

Fang Y, Wu L, Chen G, Feng G (2016). Complete genome sequence of *Pseudomonas azotoformans* S4, a potential biocontrol bacterium. Journal of Biotechnology 227: 25-26.

Fatemeh A, Masoud T, Pejman A, Aidin H (2014). Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) and stratification on germination traits of *Crataegus pseudoheterophylla* Pojark. seeds. Scientia Horticulturae 172: 61-67.

Huang P, De-Bashan L, Crocker T, Kloepper JW, Bashan Y (2017). Evidence that fresh weight measurement is imprecise for reporting the effect of plant growth-promoting (rhizo) bacteria on growth promotion of crop plants. Biology and Fertility of Soils 53(2): 199-208.

Hussein KA, Joo JH (2015). Isolation and characterization of rhizomicrobial isolates for phosphate solubilization and indole acetic acid production. Applied Biological Chemistry 58(6): 847-855.

Hynes RK, Leung GC, Hirkala DL, Nelson LM (2008). Isolation, selection, and characterization of beneficial rhizobacteria from pea, lentil, and chickpea grown in western Canada. Canadian Journal of Microbiology 54(4): 248-258.

Johansson JF, Paul LR, Finlay RD (2004). Microbial interactions in the mycorrhizosphere and their significance for sustainable agriculture. FEMS Microbiology Ecology 48(1): 1-13.

Le Flèche-Matéos A, Kügler JH, Hansen SH, Syldatk C, Hausmann R, Lomprez F, Vandenbogaert M, Manuguerra JC, Grimont PA (2017). *Rouxiella badensis* sp. nov. and *Rouxiella silvae* sp. nov. isolated from peat bog soil and emendation description of the genus *Rouxiella*. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology 67(5): 1255-1259.

Louden BC, Haarmann D, Lynne AM (2011). Use of blue agar CAS assay for siderophore detection. Journal of Microbiology and Biology Education 12(1): 51-53.

Ma Y, Rajkumar M, Moreno A, Zhang C, Freitas H (2017). Serpentine endophytic bacterium *Pseudomonas azotoformans* ASS1 accelerates phytoremediation of soil metals under drought stress. Chemosphere 185: 75-85.

Maleki M, Mostafaee S, Mokhtarnejad L, Farzaneh M (2010). Characterization of *Pseudomonas fluorescens* strain CV6 isolated from cucumber rhizosphere in varamin as a potential biocontrol agent. Australian Journal of Crop Science 4(9): 676-683.

Müller T, Behrendt U, Ruppel S, Von Der Waydbrink G, Müller ME (2016). *Fluorescent Pseudomonads* in the phyllosphere of wheat: Potential antagonists against fungal phytopathogens. Current Microbiology 72(4): 383-389.

Nadeem SM, Ahmad M, Zahir ZA, Javaid A, Ashraf M (2014). The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in improving crop productivity under stressful environments. Biotechnology Advances 32(2): 429-448.

Naing KW, Anees M, Kim SY, Nam Y, Kim YC, Kim KY (2014). Characterization of antifungal activity of *Paenibacillus ehimensis* KWN38 against soilborne phytopathogenic fungi belonging to various taxonomic groups. Annals of Microbiology 64: 55-63. DOI: 10.1007/s13213-013-0632-y.

Navya HM, Naveen J, Hariprasad P, Niranjana SR (2015). Beneficial rhizospheric microorganisms mediated plant growth promotion and suppression of aflatoxigenic fungal and aflatoxin contamination in groundnut seeds. Annals of Applied Biology 167(2): 225-235.

Pavlova AS, Leontieva MR, Smirnova TA, Kolomeitseva GL, Netrusov AI, Tsavkelova EA (2017). Colonization strategy of the endophytic plant growth-promoting strains of *Pseudomonas fluorescens* and *Klebsiella oxytoca* on the seeds, seedlings and roots of the epiphytic orchid, *Dendrobium nobile* Lindl. Journal of Applied Microbiology 123: 217-232. DOI: 10.1111/jam.13481.

Pent M, Põldmaa K, Bahram M (2017). Bacterial communities in boreal forest mushrooms are shaped both by soil parameters and host identity. Frontiers in Microbiology 8: 836. DOI: 10.3389/fmicb.2017.00836.

Pham VT, Rediers H, Ghequire MG, Nguyen HH, De Mot R, Vanderleyden J, Spaepen S (2017). The plant growth-promoting effect of the nitrogen-fixing endophyte *Pseudomonas stutzeri* A15. Archives of Microbiology 199(3): 513-517.

Prasad AA, Babu S (2017). Compatibility of *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens* in growth promotion of groundnut (*Arachis hypogea* L.). Anais da Academia Brasileira de Ciências 89(2): 1027-1040.

Ramírez-Bahena MH, Cuesta MJ, Flores-Félix JD, Mulas R, Rivas R, Castro-Pinto J, Brañas J, Mulas D, González-Andrés F, Velázquez E, Peix A (2014). *Pseudomonas helmanticensis* sp. nov., isolated from forest soil. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology 64(7): 2338-2345.

Rosselló-Mora R, Amann R (2001). The species concept for prokaryotes. FEMS Microbiology Reviews 25(1): 39-67.

Schwyn B, Neilands JB (1987). Universal chemical assay for the detection and determination of siderophores. Analytical Biochemistry 160(1): 47-56.

Shu K, Liu X-d, Xie Q, He Z-h (2016). Two faces of one seed: hormonal regulation of dormancy and germination. Molecular Plant 9(1): 34-45.

Siebyla M, Hilszczanska D (2017). Biodiversity and the role of soil bacteria in a forest environment. Sylwan 161(2): 155-162.

Singh BP (2015). Molecular and functional diversity of PGPR *fluorescent Pseudomonads* based on 16S rDNA-RFLP and RAPD markers. Journal of Environmental Biology 36: 1169-1178.

Sritongon K, Mongkolthanaruk W, Boonlue S, Jogloy S, Puangbut D, Riddech N (2017). Rhizobacterial candidates isolated from Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) rhizosphere for host plant growth promotion. Chiang Mai Journal of Science 44(1): 83-93.

Tamura K, Stecher G, Peterson D, Filipski A, Kumar S (2013). MEGA6: Molecular evolutionary genetics analysis version 6.0. Molecular Biology and Evolution 30(12): 2725-2729.

Uroz S, Oger P, Lepleux C, Collignon C, Frey-Klett P, Turpault MP (2011). Bacterial weathering and its contribution to nutrient cycling in temperate forest ecosystems. Research in Microbiology 162(9): 820-831.

Uroz S, Courty PE, Pierrat JC, Peter M, Buée M, Turpault MP, Garbaye J, Frey-Klett P (2013). Functional profiling and distribution of the forest soil bacterial communities along the soil mycorrhizosphere continuum. Microbial Ecology 66(2): 404-415.

Yang H, Lü G, Jiang H, Shi DN, Liu Z (2017). Diversity and distribution of soil micro-fungi along an elevation gradient on the north slope of Changbai Mountain. Journal of Forest Research 28(4): 831-839.

Zeng Q, Wu X, Wen X (2017). Identification and characterization of the rhizosphere phosphate-solubilizing bacterium *Pseudomonas frederiksbergensis* JW-SD2 and its plant growth-promoting effects on poplar seedlings. Annals of Microbiology 67(3): 219-230.

(Aceptado para publicación el 5 de septiembre de 2018)

# Evaluación del uso de endomicorrizas y *Azospirillum* sp. en la productividad y calidad nutracéutica de chile morrón (*Capsicum annuum*) en invernadero

E.A. Pérez-Velasco, R. Mendoza-Villarreal, A. Sandoval-Rangel, M. Cabrera-de la Fuente, V. Robledo-Torres y L.A. Valdez-Aguilar*

Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, CP.25315, Col. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

**Resumen**

El objetivo de este estudio fue conocer el efecto de *Azospirillum* sp. y *Glomus intraradices* en el cultivo de pimiento de color amarillo en condiciones de invernadero. Los tratamientos consistieron en diversas combinaciones que incluían soluciones diluidas de Steiner con 2 concentraciones de bacterias ($10^4$ y $10^6$ UFC $ml^{-1}$), 2 concentraciones de endomicorrizas (25 y 50 esporas) y 4 tratamientos combinando bacterias y endomicorrizas. Se incluyó un tratamiento testigo con solución completa de Steiner. El diseño experimental fue bloques completamente al azar con 9 tratamientos y 20 repeticiones. Las variables altura de planta, diámetro de tallo, diámetro ecuatorial y polar de fruto, peso de fruto y rendimientos mostraron mejores resultados usando combinación de bacterias y hongos. La calidad nutracéutica (vitamina C, Sólidos Solubles Totales e índice de acidez) se mejoró con la inoculación de 50 esporas y $10^6$ UFC $ml^{-1}$. En carotenoides los mejores resultados se obtuvieron con $10^4$ y $10^6$ UFC $ml^{-1}$ combinado con 50 esporas. Los minerales N y P aumentaron con el uso de los inoculantes en una dosis de $10^6$ UFC $ml^{-1}$ combinado con 50 esporas y una solución nutritiva de 50%N-50%P. La concentración de N y P se incrementó en fruto en ambas concentraciones de inóculo de bacteria y esporas de micorrizas.

**Palabras clave:** Pimiento, *Glomus intraradices*, rizobacterias, lombricomposta.

**Evaluation of endomycorrhizae and *Azospirillum* sp. in agronomic characteristics and nutraceutical quality of chilli pepper (*Capsicum annuum*) in greenhouse**

**Abstract**

The objective of this study was to know the effect of *Azospirillum* sp. and *Glomus intraradices* in the cultivation of yellow pepper under greenhouse conditions. The treatments consisted in different combinations that included diluted solutions of Steiner with 2 concentrations of bacteria ($10^4$ and $10^6$ CFU $ml^{-1}$), 2 concentrations of endomycorrhizae (25 and 50 spores) and 4 treatments combining bacteria and endomycorrhizae. A control treatment with complete Steiner solution was included. The experimental design was completely random blocks with 9 treatments and 20 repetitions. The plant height, stem diameter, equatorial and polar fruit diameter, fruit weight and yield variables showed better results using a combination of bacteria and fungi. The nutraceutical quality (Vitamin C, Total Soluble Solid and acid number) was improved with the inoculation of 50 spores and $10^6$ CFU $ml^{-1}$. In carotenoids the best re-

* Autor para correspondencia: luisalonso_va@hotmail.com

Cita del artículo: Pérez-Velasco EA, Mendoza-Villarreal R, Sandoval-Rangel A, Cabrera-de la Fuente M, Robledo-Torres V, Valdez-Aguilar LA (2019). Evaluación del uso de endomicorrizas y *Azospirillum* sp. en la productividad y calidad nutracéutica de chile morrón (*Capsicum annuum*) en invernadero. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 115(1): 18-30. https://doi.org/10.12706/itea.2018.029

sults were obtained with $10^4$ and $10^6$ CFU $ml^{-1}$ combined with 50 spores. Minerals N and P increased with the use of inoculants in a dose of $10^6$ CFU $ml^{-1}$ combined with 50 spores and a nutritive solution of 50% N-50% P. The concentration of N and P increased in fruit in both concentrations of inoculum of bacteria and mycorrhizal spores.

**Keywords:** Pepper, *Glomus intraradices*, rhizobacteria, vermicompost.

## Introducción

En la actualidad el uso inadecuado de los recursos naturales, utilización desmedida de agroquímicos y las malas prácticas agrícolas son factores que han ocasionado el deterioro ecológico. Por ello se buscan nuevas alternativas de producción agrícola que disminuyan el uso excesivo de fertilizantes químicos y de este modo dirigirse a una agricultura más sostenible y con menor impacto sobre los recursos naturales. Entre estas alternativas se encuentran los abonos orgánicos y la inoculación de hongos micorrízicos y microorganismos fijadores de nitrógeno (biofertilizantes). Los biofertilizantes son productos elaborados a base de microorganismos benéficos que son aplicados para proporcionar elementos que la planta necesita para su desarrollo.

Los biofertilizantes no tienen un efecto contaminante sobre el suelo ya que los microorganismos contenidos en estos se utilizan para aumentar la disponibilidad de algunos nutrientes cómo el P que es de baja disponibilidad (Ohtomo y Saito, 2005), fijar nitrógeno y aumentar la disponibilidad de nitrógeno en hortalizas, como tomate (Santillana *et al*., 2005) y cebolla (Balemi *et al*., 2007), y ofrecer a la raíz protección contra patógenos (Morales-Ibarra, 2009).

La interacción que existe entre los miembros de una comunidad microbiana puede expresarse de maneras diferentes, por ello en los últimos años se han realizado investigaciones para entender los sinergismos entre las asociaciones microbianas del suelo. La interacción entre rizobacterias y hongos micorrízicos es selectiva, cómo sucedió en un estudio de coinoculación con *Rhizofagus intraradices* + *Azospirillum brasilense* en dónde se incrementó el número de frutos, pero al inocular *R. intraradices* + *Pseudomona fluorecens* y *A. brasilense* indujeron frutos más grandes de chile jalapeño (Aguirre-Medina y Espinoza-Moreno, 2016), esto depende del hongo o bacteria implicados. La relación del espacio entre las hifas de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y las bacterias es una temática de controversia, aunque se conoce que los agregados generados por las hifas de las HMA presentan una elevada actividad microbiana (Azcón, 2000). Producir biofertilizantes mediante el uso de bacterias es, en la actualidad, una opción factible (Caballero-Mellado, 2006); singularmente *Azospirillum* sp. ya que esta presenta una forma de vida libre además de producir fitohormonas. Dentro de este género, las especies más estudiadas son *A. lipoferum* y *A. brasilense*, que además de estimular el crecimiento de las plantas también influye en el aumento del rendimiento de los cultivos (García-Olivares *et al.,* 2012).

De Bashan *et al.* (2007) menciona que el género *Azospirillum* mejora el crecimiento vegetal porque existe liberación de auxinas, giberelinas y citocininas, estas a su vez estimulan que *Azospirillum* fije el N. Los resultados de investigaciones que se han realizado usando *A. brasilense* muestran que aumenta un 35% el rendimiento de grano en el cultivo de maíz a diferencia de plantas no inoculadas (García-Olivares *et al.,* 2012). La inoculación de *Azospirillum* en el cultivo de sorgo en pruebas de campo aumentó el rendimiento en un 21%

con respecto al control sin inocular (Prieto *et al.,* 1994). En caña de azúcar se demostró que el uso de rizobacterias incrementó en un 12% el rendimiento (Velazco *et al.,* 2000).

En cultivos como el tomate, la inoculación de HMA mostró excelentes resultados aumentando el tamaño del fruto y el rendimiento del cultivo (Oseni *et al.,* 2010). El uso de endomicorrizas en el cultivo de chile provocó plantas de mayor altura y área foliar, así como precocidad en la cosecha, además el peso fresco aumentó 177% en relación al control (Castillo *et al.,* 2009). Lo mismo sucedió con el cultivo de banano cuando se inocularon con HMA en Colombia (Usuaga *et al.,* 2008).

Los HMA son de gran interés e importancia debido a que en los estudios que se han realizado, muestra mejor absorción de minerales y agua del suelo, aumentan la tolerancia al estrés biótico y abiótico y además protegen a las raíces contra patógenos (Finlay, 2008). También se ha descrito que los HMA pueden influir en la mejora de características fisicoquímicas del suelo reduciendo la erosión del mismo, gracias a la liberación de glomalina, una sustancia que estabiliza los agregados del suelo (Finlay, 2008). Igualmente intervienen de modo directo o indirecto en la absorción de minerales como el calcio (Ca), potasio (K), hierro (Fe) y magnesio (Mg) (Koltai y Kapulnik, 2010). Desde un punto de vista nutricional, el crecimiento de la planta causado por el incremento en la absorción del P es el principal beneficio que aporta el uso de HMA (Requena *et al.,* 2007).

El fruto de pimiento posee un elevado valor nutritivo, principalmente por la presencia de fibra, antioxidantes y minerales, convirtiéndola en la hortaliza con mayor contenido de vitamina C (Kothari *et al.,* 2010) Muchos estudios atribuyen a los carotenos diversas propiedades benéficas a la salud humana como la capacidad antioxidante, antitumoral y provitamina A (Rodríguez-Burruezo y Nuez-Viñals, 2006). En pimiento, una de las principales características de calidad es el sabor del fruto, el cual está determinado por los sólidos solubles totales (SST) (Urrestarazu *et al.,* 2002). Sin embargo, no existe información disponible sobre el efecto de la aplicación de HMA así como de bacterias benéficas sobre los SST y otros parámetros de calidad nutracéutica en pimiento, por lo cual el presente estudio se planteó con el objetivo de determinar el efecto de la inoculación con *Glomus intraradices* (HMA) y *Azospirillum* sp. (bacteria benéfica) en el crecimiento, rendimiento y calidad nutracéutica de pimiento morrón cultivado en un sistema sin suelo, así como determinar si la aplicación independiente o combinada de estos organismos podría sustituir parcialmente la fertilización química convencional.

## Material y métodos

### *Descripción del experimento*

La investigación se realizó en un invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en Saltillo, Coahuila, México, de junio a noviembre de 2015. Las condiciones de temperatura mínima y máxima promedio registradas durante el experimento fueron 15°C y 33°C respectivamente, la humedad relativa mínima fue de 25% y la máxima de 78%.

La siembra de las semillas de pimiento morrón variedad Lambourgini se realizó con semilla certificada en caja germinadora cuyo sustrato se esterilizó previamente (Peat Moss). Antes de llevar a cabo el trasplante se analizaron las raíces de cada tratamiento para revisar que no hubiera contaminación con endomicorrizas. Cuando las plantas tenían 12 cm de altura, fueron trasplantadas en contenedores de polietileno con capacidad de 10 L de volumen. Se utilizaron 20 plantas por tratamiento (4 repeticiones y 5 plantas por repe-

tición). Los contenedores se llenaron con una mezcla previamente esterilizada de lombricomposta (previo análisis de la densidad aparente, Materia Orgánica (MO) (alta), N (pobre), P (medio) y K (medio). (Tabla 1), turba ácida y perlita en proporciones de 60:20:20 respectivamente.

Posteriormente, para la distribución de los tratamientos (Tabla 2) se modificaron cuatro soluciones nutritivas basadas en la formulación de Steiner (Steiner, 1984) así como cuatro concentraciones de inoculantes, para bacterias de *Azospirillum* sp. fueron $10^4$ y $10^6$ UFC $ml^{-1}$ ($AZ10^4$ y $AZ10^6$ respectivamente) y *G. intraradices* se aplicaron 25 y 50 esporas (G25 y G50 respectivamente).

Para la aplicación de las esporas de micorrizas se preparó una suspensión con 0,1 g del producto comercial diluido en 100 ml de agua destilada la cual fue aplicada a cada planta, mientras que para la dosis de 25 esporas se pesó 0,05 g de producto. En el caso de las bacterias se realizaron diluciones de la cepa original ($10^{10}$ UFC $ml^{-1}$) hasta lograr las dos concentraciones usadas ($10^4$ y $10^6$ UFC $ml^{-1}$). Se realizaron tres inoculaciones (Nuncio-Orta *et al.,* 2014) la primera el día del trasplante y dos más cada 30 días.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos del experimento en el cultivo de pimiento morrón var. Lambourgini.
*Table 1. Description of the treatments of the experiment in the cultivation of bell pepper var. Lambourgini.*

| Tratamiento | Concentración del inóculo | SN Steiner (N-P %) |
|---|---|---|
| 1. Control (C) | Sin inocular | Completa |
| 2. *Azospirillum* sp. ($AZ10^4$) | $10^4$ UFC $ml^{-1}$ | 50-100 |
| 3. *Azospirillum* sp. ($AZ10^6$) | $10^6$ UFC $ml^{-1}$ | 50-100 |
| 4. *G. intraradices* (G25) | 25 esporas | 100-50 |
| 5. *G. intraradices* (G50) | 50 esporas | 100-50 |
| 6. *Azospirillum* + *G. intraradices* ($AZ10^4$+G25) | $10^4$ + 25 esporas | 50-50 |
| 7. *Azospirillum* + *G. intraradices* ($AZ10^4$+G50) | $10^4$ + 50 esporas | 50-50 |
| 8. *Azospirillum* + *G. intraradices* ($AZ10^6$+G25) | $10^6$ + 25 esporas | 50-50 |
| 9. *Azospirillum* + *G. intraradices* ($AZ10^6$+G50) | $10^6$ + 50 esporas | 50-50 |

UFC = Unidades formadoras de colonias, SN = Solución nutritiva.

### *Variables evaluadas*

Para las variables agronómicas de altura de planta y diámetro de tallo se midieron cinco plantas por repetición y para el diámetro ecuatorial y polar del fruto se midió un fruto por planta y repetición. Se contaron el número de frutos/planta y se registró el peso de fruto (g) usando una balanza digital (OHAUS modelo OHA PIONEER PB1).

Las variables de calidad evaluadas fueron sólidos solubles totales (SST), ácidos totales (AT), pH, vitamina C y carotenos. Para ello se

Tabla 2. Efecto de los inoculantes microbianos sobre variables agronómicas y de calidad de fruto en cultivo de pimiento morrón var. Lambourgini.
*Table 2. Effect of microbial inoculants on agronomic variables and fruit quality on bell pepper cultivation var. Lambourgini.*

| Tratamiento | Planta | | | | Fruto | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | AP (cm) | DT (mm) | DE (cm) | DP (cm) | PFr (g) | PFrP (g) |
| Control | 57,2 b | 8,0 b | 5,7 c | 6,0 b | 118,3 c | 561,3 c |
| $AZ10^4$ | 60,5 b | 9,9 ab | 8,5 b | 7,3 a | 191,3 b | 568,7 bc |
| $AZ10^6$ | 60,5 b | 10,1 ab | 8,9 b | 7,7 a | 233,8 ab | 674,4 bc |
| G25 | 60,2 b | 10,2 ab | 8,8 b | 7,3 a | 217,5 ab | 677,9 bc |
| G50 | 62,5 ab | 9,7 ab | 9,1 b | 7,1 a | 212,0 ab | 674,3 bc |
| $AZ10^4$+G25 | 65,7 ab | 9,6 ab | 9,3 ab | 7,2 a | 225,0 ab | 784,3 b |
| $AZ10^4$+G50 | 78,0 a | 10,4 ab | 9,5 a | 7,5 a | 234,5 ab | 735,9 ab |
| $AZ10^6$+G25 | 63,0 ab | 11,2 a | 9,3 ab | 7,3 a | 211,3 ab | 725,0 b |
| $AZ10^6$+G50 | 64,7 ab | 10,9 a | 9,2 ab | 8,1 a | 275,0 a | 840,3 a |

AP = altura de planta; DT = diámetro de tallo; DE = diámetro ecuatorial; DP = diámetro polar; PFr = peso de fruto; PFrP= peso de fruto por planta. $AZ10^4$, $AZ10^6$ son *Azospirillum* sp a concentración de $10^4$ y $10^6$ UFC $ml^{-1}$; G25 y G50 son *Glomus intraradices* con 25 y 50 esporas respectivamente. Valores seguidos por diferentes letras indican diferencias significativas. Nivel de significancia $P < 0,05$; Test de Tukey.

evaluaron 12 frutos (3 plantas por cuatro repeticiones) por tratamiento. Los sólidos solubles totales se determinaron por el método 932.12 (AOAC, 1990), para lo cual se empleó un refractómetro digital MI96801 marca HANNA con capacidad de 0%-85% expresando los resultados en °Brix. Se cortó un cuadro pequeño de la parte media del fruto y se exprimió hasta tener una gota de jugo que se colocó en el sensor. La acidez titulable o índice de acidez (IA) se determinó de acuerdo a la metodología 942.15 (AOAC, 2000) expresando los datos como porcentaje de ácido cítrico. El ácido ascórbico (vitamina C) se determinó por el método volumétrico 2-6 diclorofenol indofenol (AOAC, 1980). El pH se determinó colocando una gota del jugo del fruto en el lector del potenciómetro Horiba (LAQUAtwin B-712). Para la determinación de carotenos se empleó la técnica propuesta por Almela *et al*. (1991), para lo cual la muestra fue tomada y analizada el mismo día del corte cuidando que dicha muestra estuviera libre de cualquier daño, se empleó un espectrofotómetro marca BIOMATE 5-9423 y la medición se realizó a una longitud de onda de 454 nm.

Al igual que para las variables de calidad, se analizaron los contenidos de nitrógeno y fósforo en 12 frutos (3 plantas por 4 repeticiones). Para ello se deshidrataron previamente, utilizando 1 g de peso seco de fruto para las determinaciones de P, con el método colorimétrico AOAC (1980), y 0,05 g de peso seco para la determinación de N por el método de micro-kjeldahl (Bremner y Mulvaney, 1982).

El experimento finalizó a los 145 días después del trasplante. Para la determinación del por-

centaje de micorrización se usaron cuatro plantas por cada tratamiento y se utilizó la técnica de clareo y tinción de raíces descrito por Phillips y Hayman (1970). Posteriormente las raíces teñidas se segmentaron a 1 cm de longitud colocando 100 segmentos en portaobjetos con tres repeticiones, los cuales fueron observados a 10 y 40 x en el microscopio óptico. El aislamiento de la bacteria se llevó a cabo en raíces (rizósfera) de plantas de pimiento. Se eliminó el sustrato adherido a las raíces lavando con agua, posteriormente se realizaron cortes de raíces secundarias las cuáles fueron lavadas con agua destilada y pesadas (1 g), de cada planta se tomaron 4 muestras, posteriormente se colocaron en tubos (18 x 150 mm) con tapones de rosca que contenían 10 ml de NaCl al 0,85% previamente esterilizado. Los tubos se incubaron a 30°C durante 24 horas, posteriormente se realizaron diluciones cuantificando $10^9$, $10^{10}$ y $10^{11}$. Las diluciones se sembraron en el medio NFb (Döbereiner, 1992; Döbereiner y Day, 1976) selectivo para *Azospirillum* sp., previamente preparado. La cuantificación de UFC se determinó mediante el método de dilución en placa.

Los tratamientos se distribuyeron en un diseño en bloques completamente al azar y los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0,05$) utilizado el programa SAS (Statistical Analysis Systems) versión 9.0.

## Resultados y discusión

Para las variables de planta (Tabla 2) se encontraron diferencias ($p \leq 0,05$) en relación al control con un incremento del 36% en coinoculación AZ$10^4$+G50 en altura de planta. Las plantas tratadas con AZ$10^6$+G25 y AZ$10^6$+G50 aumentaron el diámetro de tallo respecto al control en un 40 y 36%, respectivamente. En fruto, el diámetro ecuatorial se incrementó en 66,7% con AZ$10^4$+G50. Para el diámetro polar, peso de fruto y peso de fruto por planta, se incrementaron en relación al control en 35%, 132,5%, y 49,7% respectivamente con la inoculación de AZ$10^6$+G50. Para la producción total, el tratamiento AZ$10^6$+G50 incrementó el rendimiento del cultivo a comparación del tratamiento control en un 66%, obteniendo 8,4 kg $m^{-2}$ y 275 g $fruto^{-1}$ (Tabla 2). Los resultados obtenidos en éste experimento concuerdan con Castillo *et al.* (2009), quienes inocularon una cepa nativa de endomicorrizas (*Glomus claroideum*) en un cultivo ecológico de ají; y con Oseni *et al.* (2010), que en tomate hidropónico inocularon con dos especies de *Glomus*; *etunicatum* e *intraradice,* obteniendo mayor altura de planta, área foliar y un incremento del peso fresco de frutos. Sin embargo, al inocular con bacterias fijadoras de nitrógeno (*Azotobacter* y *Azospirillum*), aplicando materia orgánica y aminoácidos en cultivo de pimiento, la producción total de frutos y biomasa no fue diferente al testigo de acuerdo a Pellicer *et al*. (2008).

En la Tabla 3 se muestra que los SST se incrementaron en 49% en el tratamiento AZ$10^6$+ G50 existiendo así diferencia significativa en relación al testigo. Castro *et al.* (2011) reportó SST en 4,8 en pimiento, mientras que Ramana-Rao *et al.* (2011), reportaron valores de 2,9 a 5,8 en frutos de pimiento. El IA o contenido porcentual de ácido cítrico en el pimiento morrón amarillo oscila entre 0,25% a 0,41% mostrando así que los tratamientos AZ$10^6$+G25 (0,65%) y AZ$10^6$+G50 (0,77%) incrementaron el contenido de ácido cítrico cuatro veces en relación al tratamiento control. Este comportamiento se ha reportado en diversos frutos, pero en general se observa en el pimiento morrón (Morales-Guzmán, 2013). Sin duda la medida potenciométrica más importante es el pH ya que está relacionado estrechamente con contenido de ácidos presentes en el fruto, valores bajos de pH en el fruto actuaran a nivel fisiológico en el fruto como barrera natural frente a la acción

Tabla 3. Efecto de los inoculantes microbianos sobre las variables de calidad nutracéutica del pimiento morrón var. Lambourgini.
*Table 3. Effect of microbial inoculants on the nutraceutical quality variables of bell pepper var. Lambourgini.*

| Tratamiento | SST (°Brix) | IA (%) | pH | Vit C (mg 100 $g^{-1}$) | Car (mg 100 $g^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|
| Control | 5,1 e | 0,18 E | 5,12 a | 95,17 g | 131 b |
| $AZ10^4$ | 5,6 de | 0,24 de | 5,06 b | 128,67 de | 318 a |
| $AZ10^6$ | 5,5 de | 0,28 cde | 4,98 c | 118,27 f | 205 ab |
| G25 | 6,5 bc | 0,45 bcd | 4,82 e | 139,55 c | 187 ab |
| G50 | 6,1 cd | 0,49 bc | 4,86 d | 158,50 b | 173 b |
| $AZ10^4$+G25 | 6,4 bcd | 0,40 cde | 4,81 f | 118,80 f | 164 b |
| $AZ10^4$+G50 | 6,5 bc | 0,33 cde | 4,64 g | 135,50 cd | 263 ab |
| $AZ10^6$+G25 | 7,1 ab | 0,65 ab | 4,02 i | 125,07 ef | 205 ab |
| $AZ10^6$+G50 | 7,6 a | 0,77 a | 4,21 h | 210,00 a | 240 ab |
| Contrastes | | | | | |
| Control *vs* $AZ10^4$+G25 | ** | ** | ** | ** | NS |
| Control *vs* $AZ10^4$+G50 | ** | * | ** | ** | ** |
| Control *vs* $AZ10^6$+G25 | ** | ** | ** | ** | ** |
| Control *vs* $AZ10^6$+G50 | ** | ** | ** | ** | ** |

SST = Sólidos Solubles Totales; IA = índice de acidez; pH= potencial hidrógeno; Vit C = Vitamina C; Car = Carotenoides. $AZ10^4$, $AZ10^6$ son *Azospirillum* sp. a concentración de $10^4$ y $10^6$ UFC $ml^{-1}$; G25 y G50 son *Glomus intraradices* con 25 y 50 esporas respectivamente. Valores seguidos por diferentes letras indican diferencias significativas. Nivel de significancia $P < 0,05$; Test de Tukey.

microbiana. Por todo esto el tratamiento $AZ10^6$+G25 resulta con el menor pH reduciéndose en 1,1 unidades. En el caso del pimiento el ácido presente en este fruto es el ácido cítrico, este juega un papel importante en el cultivo ya que influye en el sabor, el color, la estabilidad microbiana y sobre todo en la calidad de conservación (Domene-Ruiz y Segura-Rodríguez, 2014).

Con respecto a la vitamina C (Tabla 3) se observa que el tratamiento control es diferente al resto de los tratamientos, qué fueron mayores; y en relación al control, el $AZ10^6$+G50 provocó un incremento de 220,7%. Morales-Guzmán (2013) encontró que con el uso de inoculantes microbianos se incrementa el contenido de vitamina C (175 mg $100g^{-1}$) en pimiento morrón en comparación con un tratamiento sin inocular (80 mg $100g^{-1}$). Matsufuji *et al.* (2007) y Deepa *et al.* (2006) señalan valores por debajo de los obtenidos en esta investigación. También Deepa *et al.* (2006) concluyen que la concentración de ácido ascórbico depende de factores como el cultivar, condiciones climáticas así como condiciones de pre y postcosecha que pueden afectar la composición química de los alimentos vegetales.

Muchos estudios atribuyen a los carotenos diversas propiedades benéficas a la salud humana como la capacidad antioxidante, antitumoral y provitamina A (Rodríguez-Burruezo y Nuez-Viñals, 2006). En la Tabla 3, para el contenido de caroteno se observa que existe un efecto positivo en la concentración de éste, aumentándolo 242,7% en el tratamiento $AZ10^4$, con relación al control. Sin embargo, en este experimento los contenidos de carotenos en pimiento amarillo fueron superiores a los reportados por Burns *et al.* (2003), los cuáles fluctúan entre 87,8 y 101,3 mg $100g^{-1}$. Los resultados de los contrastes ortogonales (Tabla 3) en las variables de calidad indicaron que no hubo diferencias del control con la inoculación de bacterias en las dos concentraciones $AZ10^4$ y $AZ10^6$ para los SST y que la inoculación con hongos micorrízicos en las dos concentraciones (G25 y G50) no influyó en el contenido de carotenos, además de que tampoco hubo influencia sobre esta variable al inocular $AZ10^4$+G25. Entonces, al combinar las 2 concentraciones de bacteria y de micorrizas se impacta en las variables de calidad evaluadas confirmándose el efecto sinérgico de los microorganismos en estudio.

En la Tabla 4 se observa que las unidades formadoras de colonias en el tratamiento $AZ10^4$ se incrementaron cien mil veces más y en $AZ10^6$ un millón de veces más durante el desarrollo del cultivo de pimiento. Al comparar $AZ10^4$ con los tratamientos $AZ10^4$+G25 y $AZ10^4$+G50 hubo 17,4% y 43,5 % de incre-

Tabla 4. Cuantificación de Unidades Formadoras de Colonias de *Azospirillum* y Porcentaje de Micorrización (*Glomus intraradices*) en raíces de pimiento morrón var. Lambourgini.
*Table 4. Quantification of Colony-Forming Units of* Azospirillum *and Percentage of Mycorrhization (Glomus intraradices) in bell pepper roots var. Lambourgini.*

| Tratamiento | UFC $ml^{-1}$ | % M |
|---|---|---|
| Control | $3,3 \times 10^2$ h | 5 e |
| $AZ10^4$ | $2,3 \times 10^9$ d | 26 de |
| $AZ10^6$ | $1,7 \times 10^{10}$ a | 28 cd |
| G25 | $6,7 \times 10^2$ g | 41 cd |
| G50 | $6,7 \times 10^2$ g | 71 ab |
| $AZ10^4$+G25 | $2,7 \times 10^9$ c | 75 a |
| $AZ10^4$+G50 | $3,3 \times 10^9$ b | 68 ab |
| $AZ10^6$+G25 | $1,3 \times 10^8$ f | 78 a |
| $AZ10^6$+G50 | $1,7 \times 10^9$ e | 51 bc |

UFC = Unidades formadoras de colonias; % M = porcentaje de micorrización. $AZ10^4$, $AZ10^6$ son *Azospirillum* sp a concentración de $10^4$ y $10^6$ UFC $ml^{-1}$; G25 y G50 son *Glomus intraradices* con 25 y 50 esporas respectivamente. Valores seguidos por diferentes letras indican diferencias significativas. Nivel de significancia $P < 0,05$; Test de Tukey.

mento en UFC $ml^{-1}$. Al comparar $AZ10^6$ con $AZ10^6$+G25 y $AZ10^6$+G50 hubo disminución de 100 y 10 veces la concentración de bacterias. En relación al porcentaje de micorrización G50, $AZ10^6$+G25, $AZ10^4$+G25 y $AZ10^4$+G50 fueron iguales estadísticamente con un incremento de 14,2; 15; 13,6 y 15,6 veces en relación al control. Aunque también se debe tener en cuenta que la afinidad de las micorrizas depende de la especie, cómo se observó al inocular 50 esporas $g^{-1}$ en semillas de pimiento donde el porcentaje de colonización fue diferente (Bell-Mesa *et al*., 2017) para *Rhizofagus intraradices, Funneliformis moseae* y *Glomus cubense;* los valores fueron 46, 39 y 61,6% respectivamente.

En lo que respecta al contenido de P en frutos de pimiento morrón representado en la Tabla 5, los tratamientos $AZ10^4$+G25 y $AZ10^6$+G50 combinada con solución nutritiva al 50% incrementaron el porcentaje de P en fruto, el primero tres veces y el segundo 2,3 veces, comparados con el control. La concentración de Nitrógeno (Tabla 5) en los tratamientos con inoculación combinada $AZ10^6$+G50 y $AZ10^6$+G25 en fruto se incrementó en 98,2 y

Tabla 5. Efecto de los inoculantes microbianos sobre el contenido de nitrógeno (N) y fósforo (P) en el fruto de pimiento morrón var. Lambourgini.
*Table 5. Effect of microbial inoculants on the nitrogen (N) and phosphorus (P) content in the bell pepper fruit var. Lambourgini.*

| Tratamiento | % P | % N |
|---|---|---|
| Control | 0,20 c | 1,10 c |
| $AZ10^4$ | 0,24 c | 1,65 b |
| $AZ10^6$ | 0,24 c | 1,74 b |
| G25 | 0,30 bc | 1,20 cd |
| G50 | 0,30 bc | 1,40 cd |
| $AZ10^4$+G25 | 0,61 a | 1,58 bc |
| $AZ10^4$+G50 | 0,30 bc | 1,58 bc |
| $AZ10^6$+G25 | 0,40 b | 1,82 ab |
| $AZ10^6$+G50 | 0,53 a | 2,18 a |
| Contrastes | | |
| Control vs $AZ10^4$+G25 | ** | ** |
| Control vs $AZ10^4$+G50 | ** | ** |
| Control vs $AZ10^6$+G25 | ** | ** |
| Control vs $AZ10^6$+G50 | ** | ** |

$AZ10^4$, $AZ10^6$ son *Azospirillum* sp a concentración de $10^4$ y $10^6$ UFC $ml^{-1}$; G25 y G50 son *Glomus intraradices* con 25 y 50 esporas respectivamente. Valores seguidos por diferentes letras indican diferencias significativas. Nivel de significancia P = 0,05; Test de Tukey.

65,5% respectivamente en relación con el control. Al realizar los contrastes ortogonales se encontraron diferencias con las dos concentraciones de rizobacterias, la inoculación con G50 y las combinaciones de bacterias y micorrizas lo que provocó una sinergia entre ambos microorganismos. Al respecto, Pellicer *et al.* (2008) establecieron en suelo franco arcilloso el cultivo de pimiento, con estiércol de oveja y gallinaza, y realizaron 5 inoculaciones con rizobacterias *Azotobacter* y *Azospirillum* en concentración de $10^8$ UFC $ml^{-1}$, sin embargo la concentración de nitrógeno en frutos fue inferior a los valores obtenidos en cultivos con fertilización química.

En las Figura 1 y 2 se muestra que el aumento en la concentración de N en el fruto estuvo asociado linealmente con el rendimiento por planta, pues a medida que aumenta la concentración de este nutrimento en el fruto aumenta el rendimiento por planta. Este mismo efecto se observa con la concentración de P de este mismo órgano.

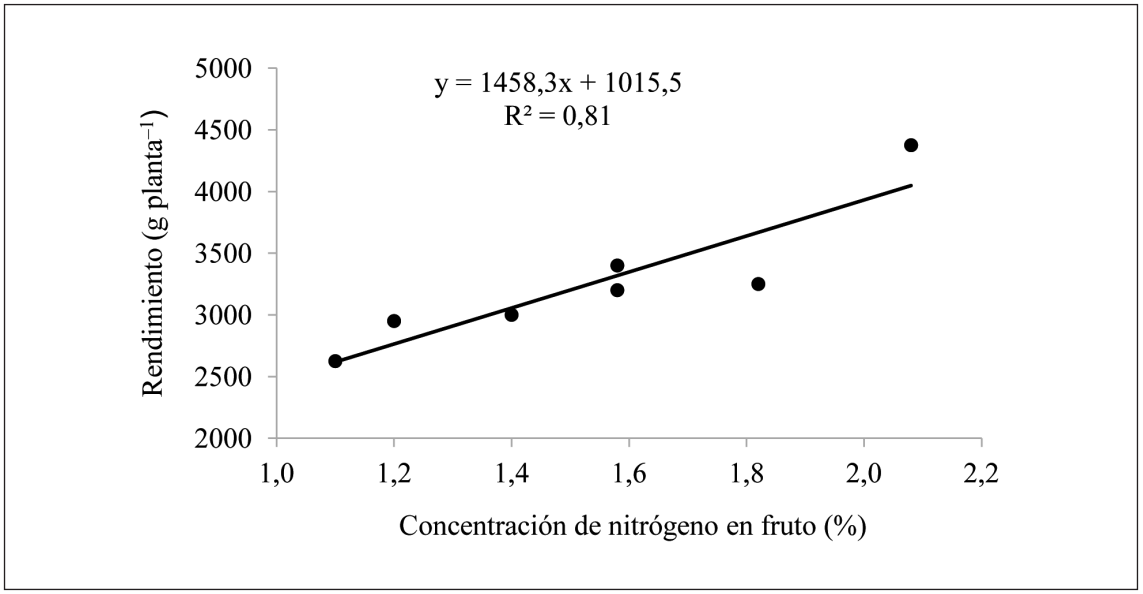



Figura 1. Relación entre el rendimiento y el contenido de N en fruto en el cultivo de pimiento morrón var. Lambourgini.
*Figure 1. Relationship between yield and N content in fruit in the crop of bell pepper var. Lambourgini.*

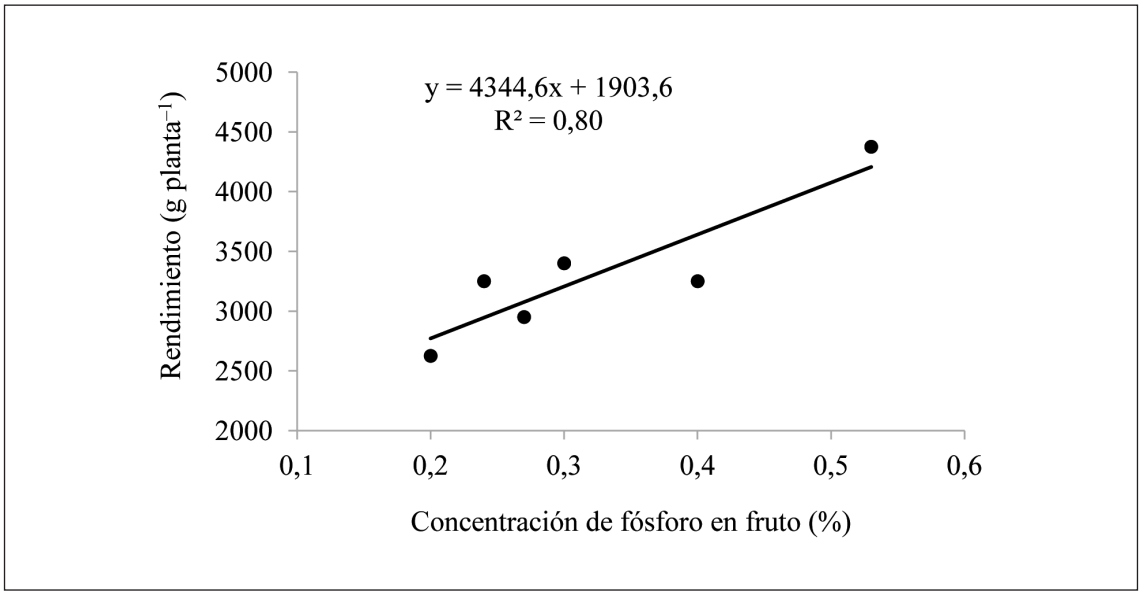



Figura 2. Relación entre el rendimiento y el contenido de P en fruto en el cultivo de pimiento morrón var. Lambourgini.
*Figure 2. Relationship between the yield and the content of P in fruit in the crop of bell pepper var. Lambourgini.*

## Conclusiones

En las variables agronómicas el pimiento morrón variedad lambourgini con la inoculación combinada AZ10$^4$+G50 tuvo efectos positivos en altura de planta y diámetro de tallo, peso de fruto y peso de fruto por planta, además, en variables de calidad nutracéutica (SST, IA, vitamina C) también tuvo efecto positivo la inoculación combinada con AZ10$^6$+ G25 y G50. En cuanto al contenido mineral, se mostraron efectos positivos, aumentando la cantidad de los minerales analizados (N y P) en ambas concentraciones de inóculo de bacteria y esporas de micorrizas por lo que se puede aplicar ambos inóculos con la reducción en 50% de fertilizantes químicos nitrogenados y fosforados.

## Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico brindado durante la realización de esta investigación.

El primer autor agradece al Programa de posgrado de la Maestría en Ciencias en Horticultura (MCH) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y al CONACYT por el apoyo recibido por medio de una beca para realizar estudios de maestría.

## Referencias bibliográficas

Aguirre-Medina JT, Espinoza-Moreno JA (2016). Crecimiento y rendiminto de *Capsicum annuum* L. inoculado con endomicorrizas y rizobacterias. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 7(7): 1540-1550.

Almela L, López-Roca JM, Candela ME, Alcázar MD (1991). Carotenoid composition of new cultivars of red pepper for paprika. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 39: 1606-1609.

AOAC (1980). Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemist (13th Ed.) Washington, DC, USA p 1000-1050.

AOAC (1990). Oficial Methods of Analysis (15th). Ed. AOAC International Arlington, VA, USA. C/932.12.

AOAC (2000). Oficial Methods of Analysis (17th). Ed. AOAC International. Gaithersburg, MD, USA Association of Analytical Communities. C/630.240 O3/2000.

Azcón R (2000). Papel de la simbiosis micorrízica y su interacción con otros microorganismos rizosféricos en el crecimiento vegetal y sostenibilidad agrícola. En: Ecología, Fisiología y Biotecnología de la micorriza arbuscular. (Eds. Alarcón A, Ferrera-Cerrato R), pp. 1-15. Mundi Prensa México.

Balemi T, Pal N, Saxena AK (2007). Response of onion (*Allium cepa* L.) to combined application of biological and chemical nitrogenous fertilizers. Acta Agriculturae Slovenica 89: 107-114.

Bell-Mesa TD, Osoria-Galan D, Montero-Limonta G, Molina-Lores LB (2017). Efecto de hongos micorrícicos arbusculares sobre pimiento (*Capsicum annuum* L.) en la producción de plántulas en Campo Antena. Santiago de Cuba. Ciencia en su PC 4: 53-67.

Bremner L, Mulvaney CS (1982). Nitrogen-Total. En: Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties (Second Edition) (Eds. Page AL, Miller RH y Keeney DR), pp. 595-634. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin, USA.

Burns J, Fraser PD, Bramley PM (2003). Identification and quantification of carotenoids, tocopherols and chlorophylls in commonly consumed fruits and vegetables. Phytochemistry 62: 939-947.

Caballero-Mellado J (2006). Agriculture microbiology and microbe interaction with plants. Revista Latinoamericana de Microbiología 48(2): 154-161.

Castillo C, Sotomayor L, Ortiz C, Leonelli G, Borie F, Rubio R (2009). Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on an ecological crop of chili peppers (*Capsicum annuum* L.). Chilean Journal of Agricultural Research 69(1):79-87.

Castro SM, Saraiva JA, Domingues FM, Delgadillo I (2011). Effect of mild pressure treatments and thermal blanching on yellow bell peppers (*Capsicum annuum* L.). LWT – Food Science and Technology 44: 363-369.

De Bashan LE, Holguin G, Glick BR, Bashan Y (2007). Bacterias promotoras de crecimiento en plantas para propósitos agrícolas y ambientales. En: Microbiología agrícola: hongos, bacteria, micro y macrofauna, Control biológico, Planta-microorganismo. (Eds. Ferrera-Cerrato, R. y Alarcón, A.), pp. 177-224. Trillas, México.

Deepa N, Kaur C, Singh B, Kapoor HC (2006). Antioxidant activity in some red sweet pepper cultivars. Journal of Food Composition and Analysis 19: 572-578.

Döbereiner J, Day JM (1976). Associative symbioses in tropical grasses: characterization of microorganisms and dinitrogen-fixing sites. En: International Symposium on Nitrogen fixation (Ed. Newton WE y Nyman CJN), pp. 518-538. Washington State University Press, Pullman, Washington, USA.

Döbereiner J (1992). The genera *Azospirillum* and *Herbaspirillum*. En: The prokaryotes. A handbook on the biology of bacteria: ecophysiology, isolation, identification, applications. Vol III. (Eds. Balows A., Trüper HG, Dworkin M, Harder W y Schleifer KH), p. 2236-2253. Springer-Verlag. New York, USA.

Domene-Ruiz MA, Segura-Rodríguez M (2014). Parámetros de calidad interna de hortalizas y frutas en la industria agroalimentaria. Negocio Agroalimentario y Cooperativo. Ficha de Transferencia 005: 1-18.

Finlay RD (2008). Ecological aspects of mycorrhizal symbiosis: with special emphasis on the functional diversity of interactions involving the extraradical mycelium. Journal of Experimental Botany 59(5): 1115-1126.

García-Olivares JG, Mendoza-Herrera A, Mayek-Pérez N (2012). Efecto de *Azospirillum brasilense* en el rendimiento del maíz en el norte de Tamaulipas, México. Universidad y Ciencia 28: 79-84.

Prieto A, Sistachs E, Hernández Y (1994). Respuesta del sorgo forrajero (*Sorghum bicolor* vc sudanesa) a la inoculación con *Azospirillum* spp. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 28(2): 245-250.

Koltai H, Kapulnik Y (2010). Arbuscular mycorrhizas: physiology and function. Second Edition. Springer, London New York, US. 323 pp.

Kothari SL, Joshi A, Kachhwaha S., Ochoa-Alejo N (2010). Chilli peppers: A review on tissue culture and transgenesis. Biotechnology Advances 28: 35-48.

Matsufuji H, Ishikawa K, Nunomura O, Makoto C, Takeda M (2007). Anti-oxidant content of different coloured sweet peppers, white, green, yellow, orange and red (*Capsicum annuum* L.). International Journal of Food Science and Technology 42: 1482-1488.

Morales-Guzmán J (2013). Evaluación de la producción y calidad de pimiento (*Capsicum annuum* L.) cv 'Cannon' obtenido mediante biofertilización. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Querétaro, Santiago de Querétaro, Querétaro, México. Disponible en: http://ri.uaq.mx/bitstream/123456789/1276/1/RI000575.pdf (Consultado: 06 agosto 2016).

Morales-Ibarra M (2009). Los biofertilizantes. Una alternativa productiva, económica y sustentable. Estudios Agrarios. Procuraduría Agraria. Disponible en línea: http://www.pa.gob.mx/publica/rev_36/Marcel%20Morales%20Ibarra.pdf (Consultado: septiembre 2016).

Nuncio-Orta G, Mendoza-Villarreal R, Robledo-Torres V, Vázquez-Badillo M, Almaraz-Suárez J.J (2014). Influencia de rizobacterias en la germinación y vigor de semilla de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L var. 'Grande'). ITEA-Información Técnica Económica Agraria 111(1): 18-33.

Ohtomo R, Saito M (2005). Polyphosphate dynamics in mycorrhizal roots during colonization of an arbuscular mycorrhizal fungus. New Phytologist 167: 571-578.

Oseni TO, Shongwe NS, Masarirambi MT (2010). Effect of arbuscular mycorrhiza (AM) inoculation on the performance of tomato nursery seedlings in vermiculite. International Journal of Agriculture and Biologicy 12: 789-792.

Pellicer A, Pérez A, Rincón L, Abadía A, Sáez J, Saura MA (2008). Balance de agua y nutrientes en un cultivo de pimiento de carne gruesa con fertilización ecológica. VIII Congreso SEAE, IV Congreso Iberoamericano Agroecología, 16-20 septiembre, Bullas, Murcia, España.

Phillips JM, Hayman DS (1970). Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transactions of the British Mycological Society 55(1): 158-161.

Ramana-Rao TV, Gol BN, Shah KK (2011). Effect of postharvest treatments and storage temperatures on the quality and shelf life of sweet pepper (*Capsicum annum* L.). Scientia Horticulturae 132: 18-26.

Requena N, Serrano E, Ocón A, Breuninger M (2007). Plant signals and fungal perceptions during arbuscular mycorrhizal establishment. Phytochemistry 68: 33-40.

Rodríguez-Burruezo A, Nuez-Viñals F (2006). Mejora de la calidad en el pimiento. En: Mejora de las plantas (Eds. Llacer G, Díez MJ, Carrillo J y Badenes ML), pp. 361-392. Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia, Valencia. España.

Santillana N, Arellano C, Zúñiga D (2005). Capacidad del *Rhizobium* de promover el crecimiento en plantas de tomate *(Lycopersicon esculentum* Miller.). Ecología Aplicada 4(1-2): 47-51.

Steiner AA (1984). The universal nutrient solution. In: Proceedings 6th International Congress on Soilles Culture, pp. 633-650. 29 abril-5 mayo, Wageningen. The Netherlands.

Urrestarazu M, Castillo JE, Salas MC (2002). Técnicas culturales y calidad del pimiento. Horticultura 159: 18-26.

Usuaga C, Castañeda D, Franco A (2008). Multiplicación de hongos micorriza arbuscular (H.M.A) y efecto de la micorrización en plantas micropropagadas de banano (*Musa* AAA cv. Gran Enano) (Musaceae). Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín 61: 4279-4290.

Velazco A (2000). Biofertilización con *Azospirillum brasilense* en el cultivo de la caña de azúcar. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 35(5): 985-994.

(Aceptado para publicación el 29 de octubre de 2018)

# Identificación mediante Sistemas de Información Geográfica de áreas problemáticas de ganadería intensiva por incumplimiento de las normativas vigentes: el caso de la Comunidad Valenciana

C. Calafat-Marzal[1,*], A. Gallego-Salguero[2] e I. Quintanilla-García[2]

[1] Departamento de Economía y Ciencias Sociales, Universitat Politècnica de Valencia, Camino de Vera s/n, 46002, Valencia
[2] Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría de la Universitat Politècnica de Valencia

**Resumen**

Las reformas de las políticas europeas han evolucionado en busca de un modelo que permita a la agricultura y ganadería en las zonas rurales reconocer funciones como la conservación del medioambiente y el paisaje rural y la contribución de las zonas rurales al desarrollo de un territorio equilibrado. Sin embargo, para que el sector ganadero contribuya a estas funciones, debe corregir los riesgos sectoriales y ambientales que genera. Uno de los elementos clave para corregirlo es la planificación espacial de la ganadería. En áreas con mayor concentración ganadera el riesgo potencial es alto y la detección de riesgos es más compleja.

El objetivo de este estudio es proponer y validar un procedimiento mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) que permita evaluar el riesgo de las explotaciones ganaderas teniendo en cuenta los criterios sectoriales, sociales y ambientales. Asimismo, se ha aplicado a la Comunidad Valenciana, una región con áreas de alta densidad de ganado con sistemas de producción intensiva, compuesta por 4984 granjas de las distintas especies ganaderas. Los resultados han identificado las áreas más problemáticas por incumplimiento de la legislación vigente. En la Comunidad Valenciana se han detectado principalmente dos áreas sensibles. En el área más problemática el 40% de las explotaciones están incumpliendo las normas vigentes, ninguna de las explotaciones respeta la distancia a otras explotaciones y, además, la mitad de estas no cumplen la distancia a los núcleos urbanos. En la otra área problemática el 33% de las explotaciones incumple las distancias mínimas a los núcleos urbanos y otras explotaciones. Estos resultados proporcionan información valiosa para diseñar y aplicar mejores políticas sectoriales, sociales y ambientales por parte de las administraciones públicas, responsables de la gestión de las actividades pecuarias y del territorio, a fin de reducir los riesgos para la población cercana a las explotaciones ganaderas.

**Palabras clave**: Política Agraria Común, riesgos medioambientales, riesgos para la salud pública, distancia entre granjas, densidad ganadera.

**Geographic Information Systems detection of problematic areas of intensive livestock farming for non-compliance with the regulations in force: the case of the Valencian Community**

**Abstract**

European policy reforms have evolved in search of a model that allows agriculture and livestock in rural areas to recognize functions such as the conservation of the environment and the rural landscape and the contribution of rural areas to the development of a balanced territory. However, for the lives-

* Autor para correspondencia: macamar3@esp.upv.es

Cita del artículo: Calafat-Marzal C, Gallego-Salguero A, Quintanilla-García I (2019). Identificación mediante Sistemas de Información Geográfica de áreas problemáticas de ganadería intensiva por incumplimiento de las normativas vigentes: el caso de la Comunidad Valenciana. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 115(1): 31-51. https://doi.org/10.12706/itea.2018.025

tock sector to contribute to these functions, it must correct the sectoral and environmental risks it generates. One of the key elements to correct it is the spatial planning of livestock. In areas with greater livestock concentration, the potential risk is high and the detection of risks is more complex.

The objective of this study is to propose and validate a procedure using Geographic Information Systems (GIS) to assess the risk of livestock farms taking into account sectoral, social and environmental criteria. Likewise, it has been applied to the Valencian Community, a region with areas of high density of livestock with intensive production systems, composed of 4984 farms of different livestock species. In the Valencian Community, two main sensitive areas were detected. In the most problematic area, 40% of farms are not in compliance with regulations, none of the farms respect the distance to other farms and half of the farms do not comply with the required distance to urban centres. In the other problematic area, 33% of farms violate the minimum distance to urban centres and distances to other farming operations. The results have identified the most problematic areas due to non-compliance with current legislation. These results provide valuable information for designing and applying better sectoral, social and environmental policies on the part of public administrations, responsible for the management of livestock and territory activities, in order to reduce the risks for the population close to the livestock farms.

**Keywords:** Common Agricultural Policy, environmental risks, risks to public health, distance between farms, Livestock density.

## Introducción

La reestructuración del sector agrario, debida a la aplicación de las políticas agrarias y de cohesión territorial, ha producido cambios en la actividad agraria y cambios en los usos del suelo, en los paisajes y sociedades rurales (Brady *et al.*, 2012; Tzanopoulos *et al.*, 2012; Ruiz-Urrestarazu y Galdós-Urrutia, 2013; Pérez *et al.*, 2016). Existe una correlación, de forma progresiva y explícita, entre las políticas y la transformación del territorio.

Las actuaciones a nivel europeo sobre el medio rural son el resultado de dos políticas principalmente: una agraria, la Política Agraria Común (PAC), y otra de cohesión territorial (económica y social). Los efectos territoriales de la PAC, aun siendo una política sectorial, son innegables y, por tanto, junto con las políticas de cohesión económica y social, señalan que la componente territorial es fundamental para la obtención de los resultados propuestos por estas iniciativas. Esta evidencia se expone en la Estrategia Territorial Europea (ETE), aprobada en 1999 en Alemania, donde se presenta la posibilidad de superar la perspectiva de las políticas sectoriales para observar la situación global del territorio europeo y tener en cuenta las oportunidades de desarrollo que presentan (Plaza, 2006). Esta perspectiva se plasma en las reformas de la PAC, que profundizan en aspectos territoriales (Herviu, 1996; Sumpsi, 1996; Segrelles, 2012;). La última reforma de la PAC (Hacia la PAC 2020) se basa, entre otras medidas, en la gestión sostenible de los recursos naturales y el desarrollo territorial equilibrado. En el caso de la ganadería estas reformas inciden directamente en la determinación de los riesgos que genera su actividad. Estos riesgos no dependen solamente del propio sector (problemas sectoriales por riesgo de seguridad sanitaria) sino que están muy influenciados por las características territoriales en las que se ubican las explotaciones ganaderas (Boender *et al.*, 2014). Estos riesgos sectoriales son debidos, principalmente, a la transmisión de enfermedades entre explotaciones (seguridad sanitaria). Además generan riesgos sobre la salud pública, debido a que las explotaciones cercanas a núcleos de población generan molestias y riesgo de transmisión de enfermedades (Mahin, 2001; Van Boe-

ckel *et al.*, 2012; Schauberger *et al.*, 2013; Lupindu *et al.*, 2015; Richter *et al.*, 2015), y sobre el medio ambiente, por la ubicación de explotaciones en usos del suelo no apropiados, como son usos protegidos (Centner, 2004; Perez, 2006; Deunert *et al.*, 2007; Cejudo y Maroto, 2010; Palomo *et al.*, 2013; Kros *et al.*, 2015), o en zonas con elevado riesgo de aguas subterráneas (Bartelt-Hunt *et al.*, 2011; Friedrich y Kassam, 2016).

En el estudio de la ordenación del territorio, en cualquier aspecto que se aborde, la componente geográfica es fundamental y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) intervienen de forma destacada en multitud de estudios de investigación territorial con diversos objetivos, como son, resolver problemas de planificación y gestión del territorio (Baban y Parry, 2001; Salvà *et al.*, 2004; Amador y Dominguez, 2005), proporcionar la capacidad de predecir y evaluar su impacto (Molina-Ruiz *et al.*, 2011) y para una adecuada gestión del uso del suelo (Pettit, 2005).

La aplicación de los SIG para la realización de estudios relacionados con la agronomía ha tenido aplicaciones muy diversas, como por ejemplo en la predicción de modificaciones de la PAC en los servicios de uso de la tierra, la biodiversidad y los ecosistemas (Brady *et al.*, 2012; Tzanopoulos *et al.*, 2012). En el caso de la ganadería también se han utilizado ampliamente, algunos ejemplos son los estudios relacionados con la planificación de la ganadería (Calafat *et al.*, 2015), con la identificación de zonas adecuadas para la aplicación de residuos animales (Basnet *et al.*,2002) o los estudios referidos a los residuos ganaderos y su utilización en la generación de energías renovables, donde existen aplicaciones para estimar la producción de biogás a partir del estiércol de todas las principales especies ganaderas (Batzias *et al.*,2005).

El objetivo de estudio es analizar espacialmente el sector ganadero de la Comunidad Valenciana (CV), deteniéndose en las explotaciones intensivas por ser más generadoras de riesgos sobre el propio sector, el medio ambiente y los núcleos de población, e identificar, mediante técnicas SIG, aquellas explotaciones que no cumplen con los criterios definidos en las distintas legislaciones que afectan al sector. Se parte de la hipótesis que todas las explotaciones ganaderas de la CV no se cumplen actualmente las normativas para reducir los riesgos que genera su actividad. Sigue habiendo instalaciones ganaderas ubicadas en áreas en las que actualmente está restringida la actividad, generando riesgos tanto para el propio sector, como para la salud pública y el medioambiente.

La aportación novedosa de este artículo se centra en la localización geográfica de las explotaciones ganaderas e identificación de los riesgos asociados a las explotaciones mediante técnicas SIG. Para ello, se considera no sólo las distancias entre explotaciones y a los núcleos de población, sino también la ubicación de las explotaciones según las distintas clasificaciones del suelo, debido a que algunas explotaciones ganaderas pueden estar localizadas en calificaciones de usos del suelo no apropiadas.

La unificación de criterios nos permite evaluar el grado de la problemática territorial ganadera al delimitar áreas con mayor concentración de explotaciones ganaderas problemáticas y, por tanto, considerarlas como áreas de actuación prioritarias.

El artículo se estructura de la siguiente forma: en el apartado "materiales y métodos", en primer lugar, se describen el área de estudio y las características de las explotaciones ganaderas, seguidamente se explica la implementación de las normativas vigentes mediante técnicas de los SIG. A continuación se exponen los resultados obtenidos y la discusión planteada en la investigación, en los apartados correspondientes. Por último, el último apartado resume las principales conclusiones del estudio.

## Material y métodos

### *Área de estudio y características de sus explotaciones ganaderas*

El área de estudio es una región situada al este de España, perteneciente a la zona mediterránea de Europa Occidental: la Comunidad Valenciana (Figura 1). Tiene una superficie de 23.250 km$^2$ y cuenta con una población de más de 4 millones de habitantes. Aproximadamente el 44% de su superficie terrestre se utiliza para fines agrícolas, mientras que aproximadamente el 52% de la CV es superficie forestal.

El sector ganadero es principalmente intensivo y concentrado. Intensivo al concentrar en una área pequeña un elevado número de animales. Concentrado en referencia a que las especies ganaderas se agrupan en áreas cercanas (Calafat *et al.*, 2015). En el estudio se analiza toda la superficie de esta región y considera el total de las explotaciones ganaderas de producción intensiva de más de una Unidad Ganadera Mayor (UGM) de las principales especies ganaderas (4984 explotaciones), como son del sector porcino y aves de engorde, conejos, caballos, bovino, ovino y caprino (Tabla 1). Se han eliminado las explotaciones de autoconsumo, es decir, las de menos de 1 UGM (es el equivalente en tamaño a un bovino adulto, y a un tercio en el resto de especies cuando no se supere dicha capacidad). En la Figura 1 se incluyen distribución de las explotaciones ganaderas a lo largo del territorio de la CV y la concentración de las explotaciones en el territorio (UGM/km$^2$).

La topografía de esta zona delimita entornos regionales que difieren sustancialmente, estableciéndose tres áreas orográficas: zona interior, intermedia y costera. En cada una de ellas las políticas agrarias y sectoriales han repercutido de modo distinto. La zona interior se caracteriza por pastizales, bosques, matorrales, maleza, la producción extensiva de madera, abandono de tierras y terrazas. La zona intermedia incluye las ciudades, la producción intensiva de madera, usos de la tierra seca, la urbanización y los cultivos de riego. En la zona litoral caracterizada como regiones industrializadas, se producen más conflictos por el uso del suelo y, el efecto de las actividades turísticas y el fenómeno residencial han reducido el sector agrario (Recatalá *et al*, 2000).

Tabla 1. Número de granjas por especies en la Comunidad Valenciana.
*Table 1. Number of livestock farms in Valencian Community.*

| Especie ganadera | Numero de granjas | % |
|---|---|---|
| Bovino | 688 | 13,80 |
| Caballos | 173 | 3,47 |
| Porcino | 1229 | 24,66 |
| Aves | 787 | 15,79 |
| Conejos | 301 | 6,04 |
| Ovino y caprino | 1806 | 36,24 |
| Total | 4984 | 100,00 |

En Las zonas más interiores (caracterizadas como regiones rurales principalmente, a excepción de zonas turístico-recreativas como las estaciones de esquí) las políticas se han diseñado para dinamizar las sociedades rurales, preservando los valores y potencialidades de estas áreas, frenando el deterioro de sus paisajes y corrigiendo los efectos negativos que sobre estas áreas han generado prácticas poco respetuosas con el medioambiente.

Las normativas aplicables a las explotaciones ganaderas provienen de cuatro ámbitos distintos: La Unión Europea, el Estado Español, la Comunidad Valenciana y los municipios. En el ámbito europeo, las regulaciones normativas establecen las obligaciones que deben cumplir las actividades industriales y agrícolas con un elevado potencial de contaminación, a través

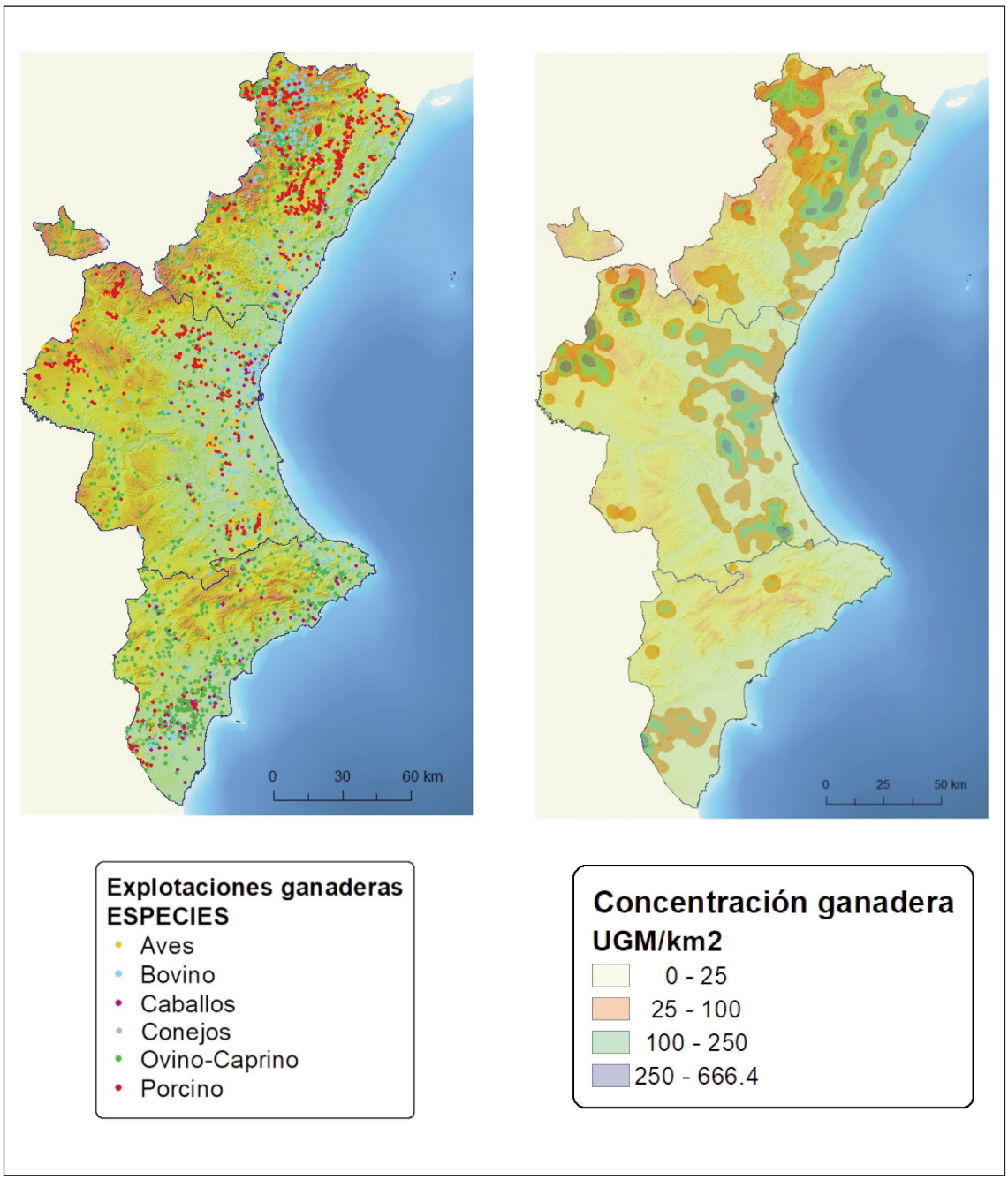



Figura 1. Mapa de explotaciones ganaderas por especies y mapa de la concentración ganadera en la Comunidad Valenciana.
*Figure 1. Map of livestock farms by species and map of the livestock concentration in the Valencian Community.*

de la Directiva 2010/75/UE sobre emisiones industriales, orientada a la necesidad de obtener mejoras ambientales y en la salud pública, asegurando la rentabilidad y fomentando la innovación técnica, y de la Directiva relativa a la contaminación por nitratos (Directiva 91/676/CEE). Estas Directivas tienen su trasposición a niveles nacionales (En España: Ley 5/2013; Real Decreto 261/96) y regionales (en la Comunidad Valenciana: Ley 6/2014, Decreto 13/2000 y 11/2004). Además, algunos estados miembros han elaborado normativas de ordenación de las explotaciones porcinas, por ser la especie más contaminante, como es el caso de España.

Siguiendo estas normativas se estudiará la situación de la ganadería en la CV teniendo en cuenta el emplazamiento de cada una de las explotaciones.

### *Criterios restrictivos utilizados*

En la Ley de Ganadería de la CV (Ley 6/2003, de 4 de marzo, de la Generalitat, de Ganadería de la Comunidad Valenciana) se establecen como criterios de ordenación las distancias entre las explotaciones ganaderas y a los núcleos urbanos. Además, se especifica la calificación urbanística del suelo en la que deben situarse las explotaciones ganaderas, determinando como única ocupación adecuada el suelo no urbanizable común. Estas normativas han sido de inmediato cumplimiento para las nuevas instalaciones, mientras que a las que ya estaban operativas, se les ha permitido el mantenimiento temporal de la actividad durante quince años desde la aprobación de la Ley. Por tanto, esta Ley de la Ganadería establece los criterios para corregir los riesgos de seguridad sanitaria y sobre la salud pública. Pero se desconoce el estado actual de los riesgos potenciales de las explotaciones ganaderas, dado que no se ha realizado un diagnóstico de la situación actual.

Además, las explotaciones ganaderas pueden generar riesgos de contaminación de aguas subterráneas, y por ello, se estudiará la ubicación de cada explotación ganadera y su grado de vulnerabilidad a los acuíferos de la zona.

### *Datos de inicio y fuentes cartográficas iniciales*

En la Figura 2 se describe el flujo de trabajo para analizar los riesgos de seguridad sanitaria, de salud pública y sobre el medio ambiente de cada una de las explotaciones ganaderas, acorde a la legislación vigente. Para ello se utilizan como datos iniciales (*inputs*) la ubicación de las explotaciones ganaderas y las fuentes cartográficas iniciales de datos descritas en la tabla 2.

Las explotaciones se georreferenciaron con un receptor GNSS (Global Navigation Satellite System) de posicionamiento absoluto, que realizaba observaciones sobre el sistema GNSS de EEUU, denominado GPS (Global Position System). El proceso de definición de la posición geográfica de un elemento, o georreferenciación, consiste en atribuir valores de latitud y longitud a dicho elemento. Para el estudio de la ganadería, las coordenadas registradas con el GPS se corresponden con la ubicación de la granja. Estos protocolos permiten georreferenciar elementos dentro de un sistema de referencia geodésico unificado y estandarizado (Joost *et al.*, 2010). Tantos las explotaciones, como todas las capas de datos geográficos utilizadas, se proyectaron en el sistema Universal Transversa de Mercator (UTM), en el huso 30, tomando como datum geodésico espacial el Sistema de Referencia Terrestre Europeo de 1989 (ETRS89), que, a efectos de precisión para este análisis, es compatible con el sistema de referencia oficial del GPS, el WGS-84 (World Geodetic System 1984).

A partir de las fuentes cartográficas de la Tabla 2 se han implementado las normativas vigentes, determinando en cada uno de los riesgos los criterios restrictivos (Figura 3):

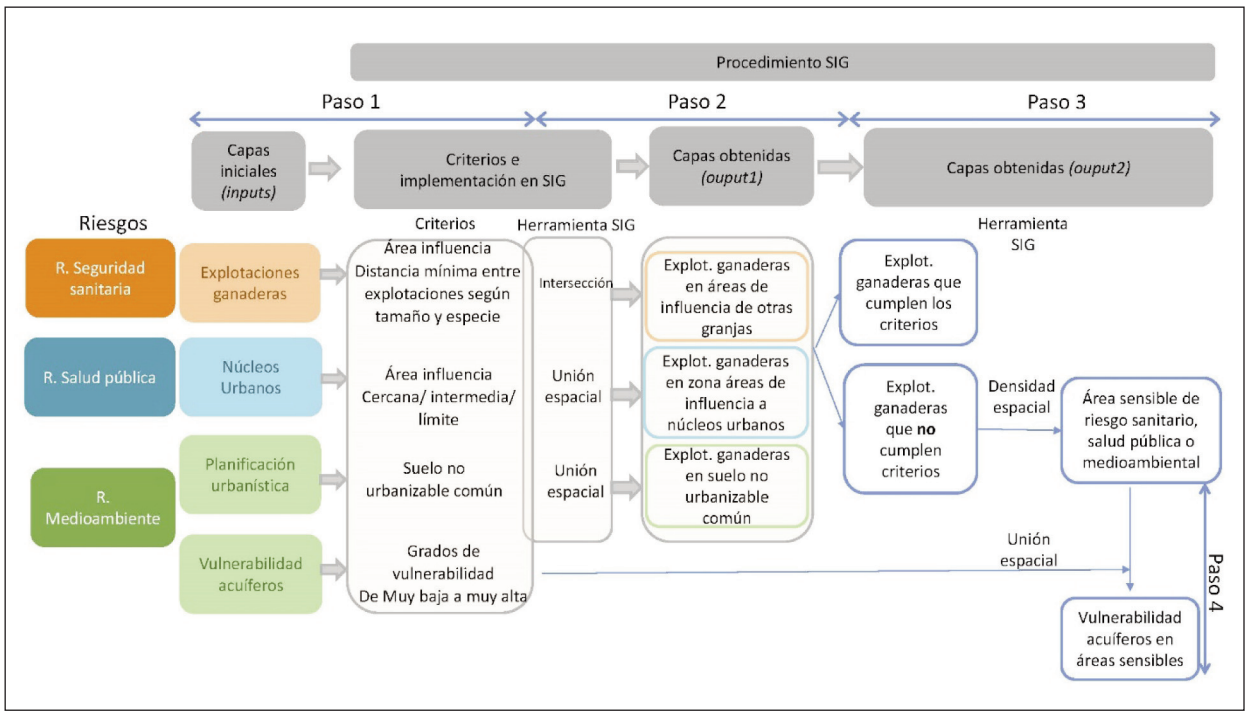



Figura 2. Flujo de trabajo para la implementación de los criterios restrictivos en SIG.
*Figure 2. Workflow for the implementation of the restrictive criteria in GIS.*

Tabla 2. Datos y fuentes cartográficas utilizadas.
*Table 2. Data and cartographic sources used.*

| Datos | Proveedor/Formato/Escala | Fecha de publicación | Web |
|---|---|---|---|
| Núcleos urbanos<br>Edificaciones aisladas<br>Límites Administrativos | Institut Cartogràfic Valencià / Vectorial en formato Shapefile / 1:5.000 | 2014 | |
| Planeamiento urbanístico | Servicio de Coordinación Urbanística y Territorial de la Conselleria d'Habitatge, Obres Públiques i Vertebració del Territori / Vectorial en formato Shapefile / 1/25.000 | 2008 | www.icv.gva.es |
| Mapa de vulnerabilidad de acuíferos | Antigua Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transport (COPUT) – Generalitat Valenciana / Vectorial en formato Shapefile / 1:50.000 | 1995 | |

– Riesgos sectoriales (o de seguridad sanitaria entre explotaciones): se establecen las distancias mínimas entre instalaciones ganaderas, distinguiendo entre explotaciones de la misma o distinta especie ganaderas y el tamaño de las explotaciones.
– Riesgos sobre la salud pública: se establecen las distancias mínimas a núcleos de población dependiendo del número de habitantes.
– Riesgos medioambientales: se analizará el riesgo para las aguas subterráneas (vulnerabilidad de contaminación de acuíferos) y para la biodiversidad (considerando la ubicación de las explotaciones en calificaciones urbanísticas del suelo no apropiadas, como son las zonas cercanas a áreas urbanas, urbanizables y rurales protegidas o de dominio público).

Los criterios utilizados se describen a continuación, teniendo en cuenta los estudios que lo demuestran y la legislación vigente que los considera:

*Distancias de seguridad sanitaria entre explotaciones ganaderas de la misma especie*

En el análisis realizado por Boender *et al.* (2014) se demuestra como el tamaño de las explotaciones y la distancia entre explotaciones de porcino influyen en el riesgo de transmisión del virus de la peste porcina clásica entre granjas. Determinando que cuanto mayor sea el tamaño de la explotación y menor sea la distancia mayor será el riesgo de transmisión.

La Ley de Ganadería de la CV, en prevención de transmisión de enfermedades, indica que las granjas ganaderas guardarán una distancia mínima de 1000 metros con respecto a otras instalaciones de la misma especie ganadera. Esta distancia se reducirá a la mitad en el caso de explotaciones porcinas, avícolas y cunícolas con una capacidad inferior a 120 UGM, y a la tercera parte en el resto de las especies cuando no se alcance dicho tamaño.

*Distancias de seguridad sanitaria entre explotaciones ganaderas de diferente especie*

Según la Ley de Ganadería de la CV, en el caso de instalaciones ganaderas de distinta especie, con carácter general, la distancia entre ellas será como mínimo de 1000 m.

*Distancias de las explotaciones a los núcleos de población*

Uno de los motivos de la expansión de la ganadería urbana y peri-urbana es el aumento creciente de las urbanizaciones y de la demanda de alimentos de origen animal. Esta práctica supone un riesgo para la salud pública al considerar que el ganado genera reservorios de patógenos zoonóticos (Lupindu *et al.,* 2015).

En este sentido, la Ley de Ganadería de la CV regula la distancia mínima que debe existir entre las instalaciones ganaderas y los núcleos de población, estableciendo una distancia de 1000 metros con respecto a los núcleos de población de más de 2000 habitantes, de 500 metros como mínimo para núcleos entre 500 y 1999 habitantes, y de 250 metros para núcleos de población inferiores a 500 habitantes.

A partir de esta información se generaron buffers o áreas de influencia alrededor de cada núcleo, delimitando las zonas donde no deben ubicarse instalaciones ganaderas. Dentro de esta área de influencia, se definieron dos zonas más, una zona próxima al núcleo de población y una zona intermedia.

Las distancias, en metros, utilizadas para generar las tres zonas descritas anteriormente se presentan en la Figura 3.

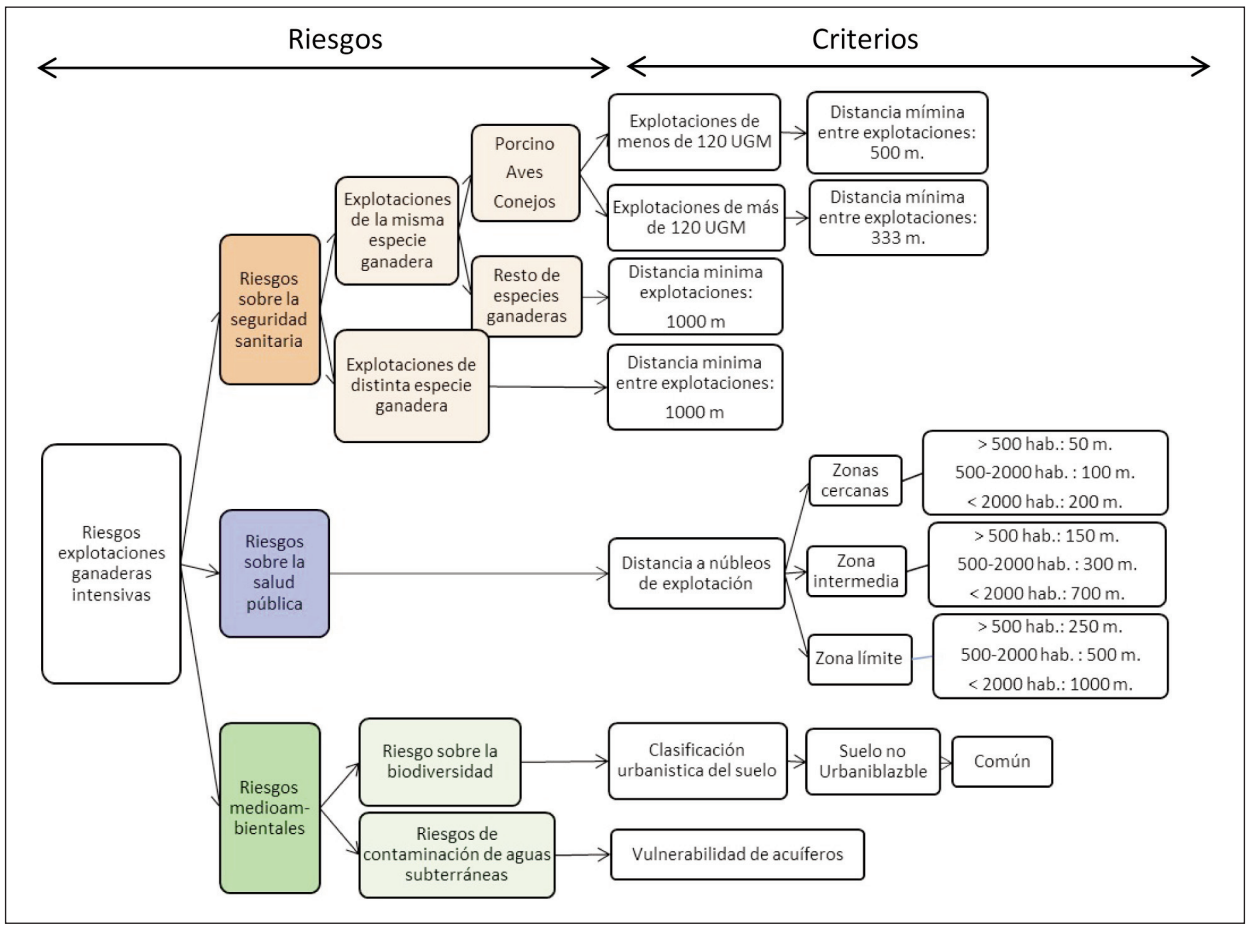



Figura 3. Riesgos de las explotaciones ganaderas de acuerdo a su localización geográfica y criterios utilizados.
*Figure 3. Livestock farms risks according to geographical location and criteria used.*

*Clasificación urbanística del suelo*

La designación de áreas protegidas es uno de los indicadores disponibles más importantes para la conservación a largo plazo de la biodiversidad (Palomo *et al.*, 2013). Para ello las áreas protegidas deben estar a salvo de posibles perturbaciones futuras (de Vos *et al.*, 2016). Estas zonas se hallan amenazadas por los efectos negativos de la producción ganadera, siendo necesario establecer directrices sobre los usos del suelo adecuados para el establecimiento de las actividades ganaderas.

La Ley de Ganadería de la CV especifica, en relación a la clasificación del suelo, que las explotaciones ganaderas deberán situarse en terrenos con suelo no urbanizable.

El planeamiento urbanístico (Clasificación) de la CV está confeccionado a partir del planeamiento aprobado en las Comisiones Territoriales siguiendo el Decreto 74/2016, de 10 de junio, del Consell. Siguiendo esta clasificación el suelo no urbanizable (SNU) se puede clasificar en cuatro categorías: común (SNU común), protegido (SNU protegido), de

dominio público (SNU dominio público) y con otras protecciones (SNU otras protecciones). Siendo el único conveniente el SNU calificado como común. De esta forma se ha analizado las explotaciones situadas en zonas no aptas para la actividad ganadera.

*Vulnerabilidad de las aguas subterráneas*

La agricultura y la ganadería están consideradas como una de las principales actividades responsables de la contaminación difusa de las aguas subterráneas, y por tanto de las altas concentraciones de nitratos que contienen (Nolan *et al.*, 1997; Jarvis y Ledgard, 2002;), ya que existe una relación entre la alta densidad ganadera de una zona y los niveles de eutrofización de las aguas subterráneas (Djodjic *et al.*, 2002). Este riesgo de contaminación de la ganadería está, especialmente, asociado a ganadería intensiva (Bartelt-Hunt *et al.*, 2011; Friedrich y Kassam, 2016).

En esta línea, la Generalitat Valenciana, en el marco de un convenio suscrito en el año 1998 entre la antigua Consellería de Obras Públicas, Urbanismo y Transporte y la Universidad Politécnica de Valencia, realizó la Cartografía sobre la vulnerabilidad de las aguas subterráneas por actividades urbanísticas en la CV, a escala 1:50.000. En ella se contempla la división del territorio en zonas homogéneas caracterizadas por el grado de protección que ofrece el medio a la transmisión y difusión de los agentes contaminantes hacia las aguas subterráneas, estableciendo una base en los procesos de toma de decisiones que afectan a los usos del territorio las variables relacionadas con la calidad y la disponibilidad de los recursos hídricos, lo que permite conocer las aptitudes y limitaciones del territorio para el uso ganadero.

El grado de vulnerabilidad a la contaminación se define por combinación de las clases de sensibilidad de las variables significativas propuestas (permeabilidad, espesor no saturado y calidad de las aguas). En la tabla 3 se describe la adecuación de cada categoría de vulnerabilidad de los acuíferos a las distintas calificaciones urbanísticas del suelo.

Estableciendo las categorías de "Vulnerabilidad muy baja", que engloba zonas prácticamente invulnerables para las aguas subterráneas, principalmente por inexistencia de acuíferos, hasta la categoría "Vulnerabilidad muy alta" donde se incluyen las zonas del territorio especialmente sensibles para las aguas subterráneas.

***Implementación de los criterios restrictivos con los SIG***

A partir de las capas de datos iniciales del apartado anterior se han implementado los criterios restrictivos debido a los riesgos de las explotaciones ganaderas. Esta implementación de los criterios se detalla paso a paso en la Figura 2.

*Paso 1*

Partiendo de las capas de datos iniciales de las explotaciones ganaderas y las áreas urbanas se generaron áreas de influencia alrededor de cada explotación ganadera y de los núcleos de población, según las distancias establecidas en la Figura 3. Para los núcleos urbanos se delimitaron las zonas donde no deben ubicarse instalaciones ganaderas, definiéndose las zonas de influencia descritas (cercana, intermedia y límite).

La capa de las explotaciones se asoció a los datos de la distancia a las áreas urbanas, entre explotaciones y la planificación urbanística.

*Paso 2*

La determinación de las explotaciones que se encuentran dentro del área de influencia sanitaria de otra explotación se realizó con una intersección de capas. Con esta operación de análisis espacial se obtienen las ex-

Tabla 3. Usos urbanísticos para cada categoría de vulnerabilidad de los acuíferos.
*Table 3. Urban uses for each aquifers vulnerability category.*

| Categoría de vulnerabilidad | Adecuación de uso urbanístico |
|---|---|
| I. Muy baja | Todos los usos compatibles |
| II. Baja | Compatible con los usos residenciales intensivos y extensivos, presentando limitaciones para los usos industriales intensivos por el riesgo de contaminación físico-química de elevada carga que comportan, aunque pueden ser compatibles usos industriales aislados o industria urbana. |
| III. Media | Compatible con los usos residenciales intensivos y extensivos desde el punto de vista de contaminación de las aguas subterráneas, presentando limitaciones para los usos industriales intensivos por el riesgo de contaminación físico-química de elevada carga que comportan, aunque pueden ser compatibles usos industriales aislados o industria urbana. |
| IV. Alta | Son desaconsejables los usos urbanísticos industriales y residenciales intensivos, así como la protección por interés agrícola intensivo, que facilita las labores de transformación agrícola, generadoras de contaminación extensiva por nitratos lixiviados de los procesos de abonado. Los usos residenciales extensivos pueden ser tolerados siempre que el saneamiento y la depuración efectiva de las aguas queden garantizados. |
| V. Muy alta | Solo compatibles para las zonas de descarga o emergencia de aguas subterráneas, tanto manantiales como zonas húmedas, incluso aquellas en las que la contribución hídrica de la componente subterránea es mínima, pero que tienen valor medioambiental. |

Fuente: Elaboración propia a partir de la cartografía temática de la Generalitat Valenciana.

plotaciones que están dentro del área de influencia de otras explotaciones y, por tanto, se distinguen las explotaciones que cumplen de las que no cumplen las distancias mínimas reglamentarias.

La asignación de la distancia a la que se encuentran las explotaciones con respecto a los núcleos urbanos se realizó con una unión espacial de datos entre la capa de las explotaciones ganaderas y la que contiene las áreas de influencia de los núcleos urbanos.

El último factor considerado determina las instalaciones ganaderas que no están ubicadas en el suelo clasificado como SNU común. Para ello, se han localizado los usos compatibles con dicha clasificación a partir de la capa disponible de la planificación urbanística de la CV. Para determinar la calificación del suelo en la ubicación de las explotaciones se realizó una unión entre la capa de las explotaciones y la capa que contiene la calificación del suelo.

*Paso 3*

A partir de la información extraída para cada uno de los factores, se obtuvo un valor final (índice de riesgo) para cada explotación en función del número de factores que no cum-

plen. De manera que una explotación ganadera con riesgo nulo indica que está a una distancia suficiente para no generar riesgo sanitario a otra explotación, ya sea de la misma o distinta especie, además, también está a una distancia suficiente de los núcleos de población y es en una zona de SNU común. En cambio, una explotación con un índice de riesgo muy alto indica que está a una distancia insuficiente de otra explotación, tanto de la misma como de distinta especie, y por tanto genera riesgos sanitarios, además está a una distancia insuficiente de los núcleos de población y no es una zona de SNU común.

Es decir, el riesgo puede tener valor nulo si la explotación cumple todos los criterios, y valor uno (muy bajo), dos (bajo), tres (alto) o cuatro (muy alto) según el número de criterios que incumple.

A partir del índice de riesgo de cada explotación se identificaron las zonas con mayor concentración de explotaciones con riesgo muy alto, y por tanto de explotaciones que incumplen la legislación vigente (Áreas problemáticas o sensibles). Este mapa se representó mediante un mapa de densidad. Con el cálculo de la densidad se obtiene, mediante interpolación a partir de los puntos muestrales, los valores normalizados por unidad de superficie en toda el área de estudio. En este mapa se ponderó el índice anterior según si la explotación se encontraba en la zona cercana, intermedia o limite, dando mayor peso al área cercana.

*Paso 4*

Una vez identificadas las zonas más sensibles debido al incumplimiento de la legislación vigente, se evaluó la vulnerabilidad de dichas zonas con respecto a las aguas subterráneas. Este riesgo no está explícitamente regulado en la legislación, pero los estudios sobre contaminación de aguas subterráneas indican que la ganadería es uno de los principales focos de contaminación. Para ello se realizó una unión espacial de la capa de las áreas sensibles con la capa de vulnerabilidad de acuíferos.

## Resultados

Los resultados obtenidos mediante la utilización de las técnicas SIG se clasifican en dos grupos: los mapas con la implementación directa de los criterios (*output1*) y los resultados a partir de estos (*output2*).

En los resultados iniciales (*output1*) se distinguen las explotaciones que cumplen de aquellas que no cumplen cada uno de los criterios. Así, en el riesgo por seguridad sanitaria se han establecido las áreas de influencia de cada explotación según este criterio y se han obtenido las explotaciones que están a una distancia menor de la indicada por la Ley para las explotaciones de la misma o distinta especie ganadera. Este procedimiento se ha repetido para cada una de las especies ganaderas. En la Figura 4 se muestra un ejemplo para el caso de las explotaciones avícolas. En la Figura 4a se presenta el mapa con las áreas de influencia de cada una de las explotaciones y en la Figura 4b se distingue entre las explotaciones que cumplen los criterios de las que no lo cumplen. En el detalle de esta figura se aprecian las explotaciones en color verde porque respetan las distancias de estos criterios de riesgo de seguridad sanitaria y en rojo las explotaciones que no siguen estos criterios normativos.

Los resultados del riesgo de salud pública se representan en la Figura 5. En el mapa de la Figura 5a se presenta el área de influencia cercana, intermedia y límite a los núcleos urbanos. En el mapa de la figura 5b se distinguen las explotaciones que no están dentro de estas áreas de influencia, y por tanto no presentan este riesgo, de las que sí están ubicadas en estas áreas.

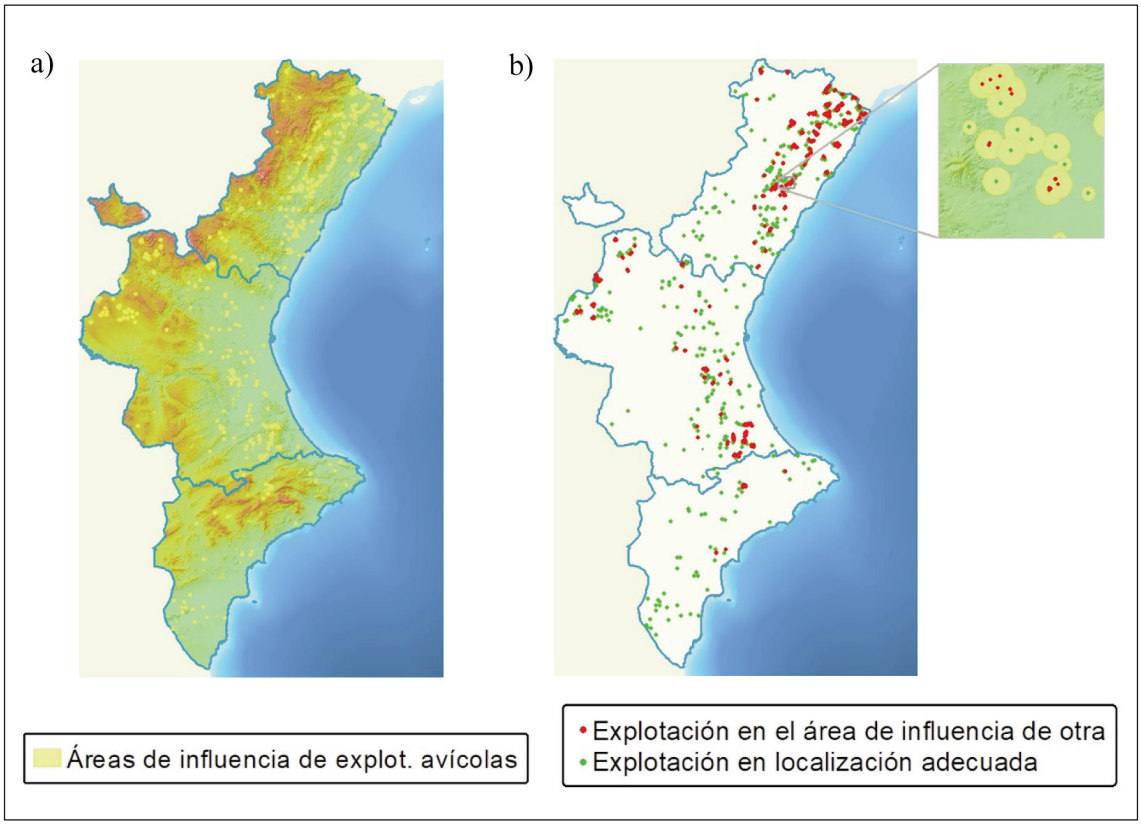



Figura 4. Mapa de las áreas de influencia de cada explotación (a) y mapa de identificación de las explotaciones según los criterios de seguridad sanitaria (b). Ejemplo de las explotaciones avícolas.
*Figure 4. Map of the areas of influence for each farm (a) and farm identification map according to sanitary safety criteria (b). Example of poultry farms.*

El riesgo medioambiental por incumplimiento del planeamiento se representa en la Figura 6. La Figura 6a corresponde con el mapa de la CV según las distintas planificaciones urbanísticas. Se puede observar que en la zona costera se concentra la mayor parte de los núcleos urbanos y, además, los de mayor población (regiones industriales). En cambio, la distribución ganadera concentra las zonas con mayor densidad en la zona intermedia e interior (regiones rurales). Siendo estas últimas donde existe mayor cantidad de suelo calificado como SNU común. Por tanto, si analizamos la relación entre la distribución de la ganadería y los núcleos urbanos, encontramos que las principales zonas ganaderas se sitúan en áreas en las que existe una baja densidad de habitantes y más SNU común. En el mapa de la Figura 6b se distinguen las explotaciones que están en SNU común de las que no los están.

Los resultados obtenidos a partir de la clasificación de las explotaciones según los criterios (*Output2*) se presentan en las figuras siguientes. En la Figura 7a se representa el mapa según el índice de riesgo de cada explotación ganadera, es decir, el índice de inadecuación de la ubicación de las explotaciones.

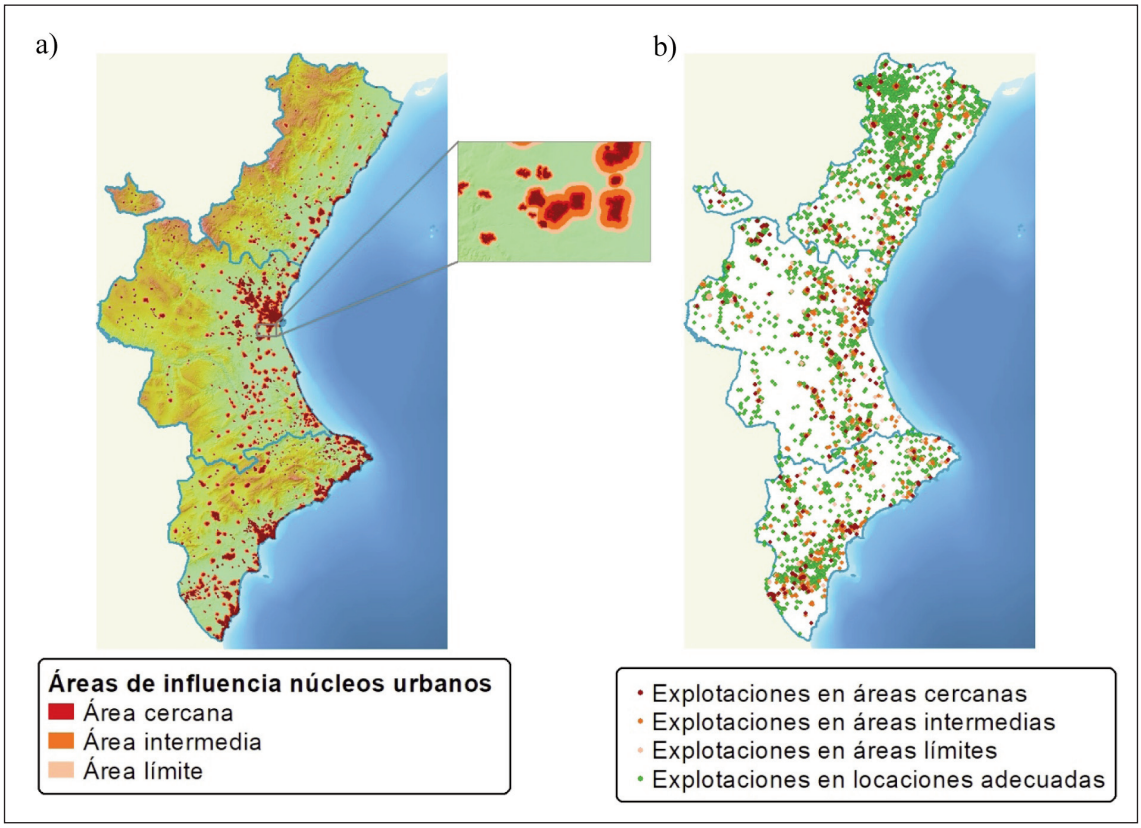



Figura 5. Mapa de las áreas de influencia de los núcleos urbanos (a) y mapa de las explotaciones que cumplen el criterio de salud pública (b).
*Figure 5. Map of the urban centers influence areas (a) and map of farms that fulfill the criteria of public health (b).*

En la figura 7b se identifican las áreas con mayor concentración de explotaciones con mayores riesgos, destacando la zona del norte de la CV (áreas con color azul), como áreas sensibles o problemáticas para la ganadería.

Los datos obtenidos indican que el 10,67% de las explotaciones tiene riesgo nulo y menos del 4% riesgo muy alto. El 32,42% incumplen uno de los criterios y el 53% restante más de uno. El criterio que más explotaciones incumplen es el de la distancia a explotaciones de distinta especie.

En estas áreas sensibles se ha analizado el riesgo medioambiental de contaminación de aguas subterráneas. En la figura 8a se incorpora el mapa de vulnerabilidad de los acuíferos de la CV. En la Figura 8b se muestran las áreas sensibles según el grado de vulnerabilidad de los acuíferos. Se identifican dos zonas en las que, siendo áreas muy sensibles (riesgo muy alto), la vulnerabilidad de los acuíferos es baja.

De esta forma se valida la metodología utilizada, ya que se han determinado dos zonas

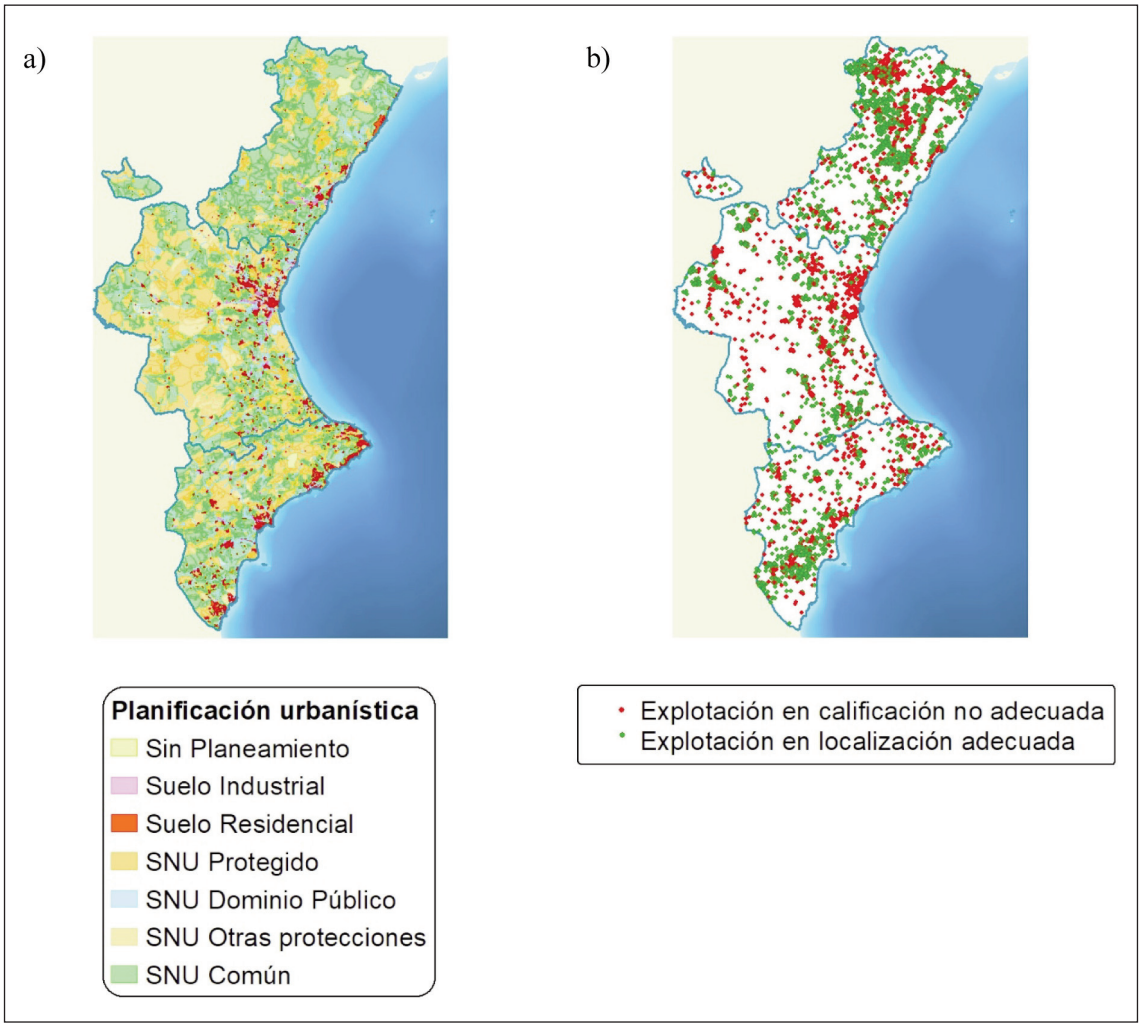



Figura 6. Mapa de la planificación urbanística de la Comunidad Valenciana (a) y mapa de identificación de las explotaciones en calificaciones urbanísticas adecuadas e inadecuadas (b).
*Figure 6. Map of the urban planning of the Valencian Community (a) and identification map of the farms in proper and no-proper urban qualifications (b).*

principales donde se concentran explotaciones que incumplen la mayor parte de los factores estudiados, y se pueden analizar, en cada una de estas zonas, los principales riesgos que presentan. La zona más sensible se caracteriza porque el 38% de las explotaciones incumplen todos los factores, un 19% no respetan las distancias a núcleos urbanos y entre explotaciones, y que todas incumplen la distancia mínima entre explotaciones de distinta especie. En la siguiente zona más sensible, el 33% de las explotaciones incumplen las distancias mínimas que deben guardar con respecto a los núcleos urbanos y

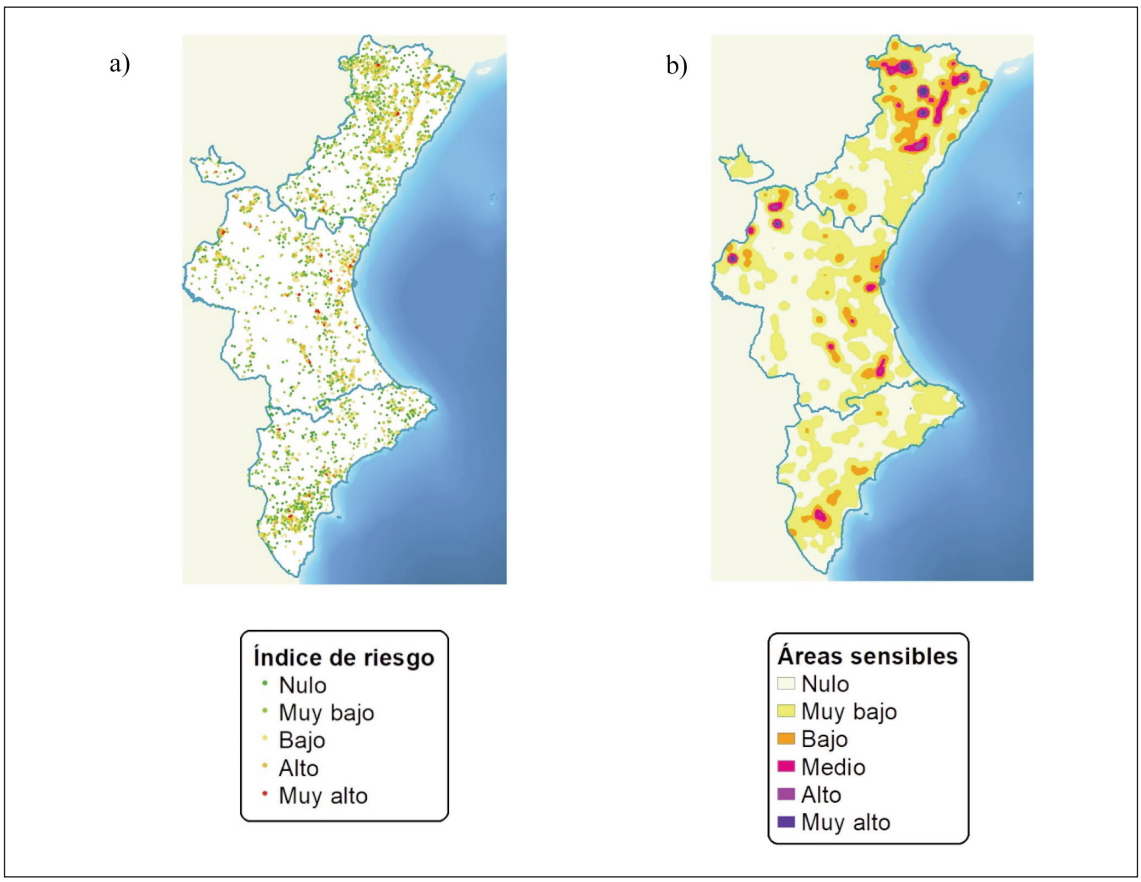



Figura 7. Mapas de riesgo de las explotaciones (a) y áreas sensibles respecto a los criterios (b).
*Figure 7. Maps of risk for farms (a) and sensitive areas with respect to criteria (b).*

otras explotaciones, un 34% incumplen las distancias mínimas entre explotaciones tanto de la misma especie como de cualquier otra, y además, todas incumplen la distancia mínima entre explotaciones de distinta especie.

## Discusión

La importancia de la planificación del sector ganadero es el paso previo a la correcta definición de las políticas sectoriales y medioambientales para la regulación del sector, especialmente en áreas con fuertes conflictos por el uso del suelo. La realización de predicciones ante distintos escenarios de las políticas (Louwagie *et al*., 2012, *Kros et a*l., 2015) puede llevar a conclusiones erróneas si no se conocen con exactitud los riesgos a los que se enfrenta el sector, provocados por la incorrecta ubicación de las explotaciones y originado por la inexistencia de planificación territorial de la ganadería.

En la literatura se encuentran distintas metodologías sobre la planificación territorial de la ganadería basada en la distribución de las explotaciones. Una de las más utilizadas es

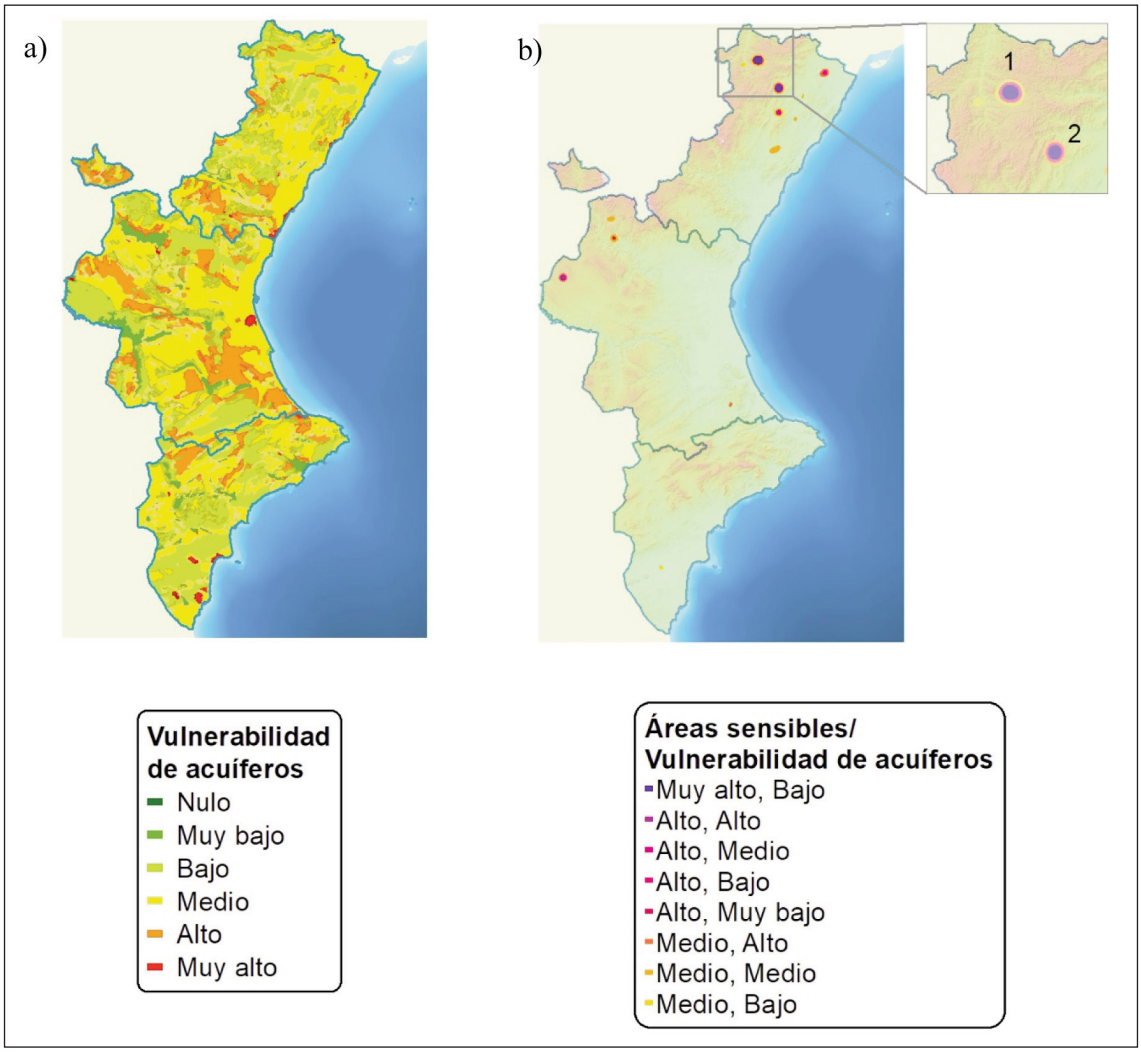



Figura 8. Mapa de vulnerabilidad de acuíferos en la Comunidad Valenciana (a) y mapa de identificación de áreas sensibles según la vulnerabilidad de los acuíferos (b).
*Figure 8. Map of vulnerability for aquifers in the Valencian Community (a) and identification map for sensitive areas according to the aquifers vulnerability (b).*

el enfoque estadístico empírico (Mertens *et al.*, 2002; Aspinall, 2004; Neumann *et al.*, 2009; Verburg y Overmars, 2009), en el que se utilizan las probabilidades específicas para la distribución del ganado según el uso del suelo agrario con el fin de determinar las fuerzas motrices espaciales de la dinámica de uso del suelo. Este enfoque es muy intensivo de datos y sólo podía aplicarse en áreas geográficas que tuvieran información suficiente, quedando en caso contrario, un gran número de espacios territoriales donde no puede ser aplicado. Adicionalmente, y sobre esta base de información utilizada en el en-

foque estadístico empírico, se aplican normas de idoneidad basadas en la opinión de expertos o relaciones estadísticas con el fin de jerarquizar las relaciones del ganado con el uso del suelo (Neumann *et al*., 2009). Estas relaciones basadas en la opinión de expertos solo se pueden aplicar en el caso de explotaciones ganaderas extensivas, debido a que utilizan mucho suelo agrario, y no en explotaciones intensivas que prácticamente no utilizan suelo agrario. En estos estudios no pueden reducir la escala a la propia explotación en la determinación de riesgos asociados.

En este estudio se propone una metodología, en la que utilizando la información cartográfica del área de estudio y georreferenciando la posición de las explotaciones, se puede reducir la escala hasta la explotación y determinar con exactitud los riesgos sectoriales y medioambientales asociados a cada una de ellas, tanto para explotaciones ganaderas extensivas como para las intensivas, y de esta forma, poder localizar las zonas más problemáticas.

Los riesgos sectoriales han sido ampliamente estudiados, especialmente el riesgo de transmisión de enfermedades entre especies y el riesgo para la salud pública (Van Boeckel *et al.*, 2012Lupindu *et al*., 2015; Richter *et al.*, 2015). En cambio, en estos estudios solo se analizan las distancias entre explotaciones y núcleos urbanos.

La calificación urbanística en la que se encuentran las explotaciones ganaderas es tenida en cuenta a la hora de ubicar una nueva instalación, pero los planes urbanísticos han ido cambiando, y actualmente, se pueden encontrar granjas en calificaciones que no son idóneas, todo esto, unido a la expansión de la ganadería intensiva puede ser un riesgo de contaminación de espacios o reservas naturales(Kros *et al*., 2015). En la mayoría de los estudios de planificación de la ganadería no se tiene en cuenta esta variable.

**Conclusiones**

La presión social hacia el cumplimiento de las nuevas exigencias legislativas ha provocado que el sector ganadero esté inmerso en una profunda modificación estructural. Esta reestructuración del sector no afecta del mismo modo en todas las regiones y a todas las especies ganaderas, siendo más sensibles las zonas rurales con ganadería intensiva.

La CV es una región con elevados conflictos por el uso del suelo, especialmente en las zonas costeras, en donde la actividad agraria y ganadera se ha trasladado a zonas intermedias y de interior.

En este estudio se han evaluado espacialmente los riesgos de todas las explotaciones ganaderas en actividad de la CV, según las normativas vigentes, tanto las referentes al cumplimiento de las normas de seguridad sanitarias del sector como sobre la salud pública (distancias sanitarias entre explotaciones y núcleos de población) y el medioambiente, debido a la ubicación de las explotaciones en calificaciones del suelo no apropiadas, ya que pueden ser más sensibles a ser contaminadas

Esta metodología permite determinar los riesgos de cada explotación ganadera y, además, localizar las áreas con mayor número de explotaciones ganaderas problemáticas y, por tanto, áreas muy sensibles.

Además, es una metodología transportable a cualquier área geográfica y permite obtener una imagen precisa de los riesgos actuales en el sector ganadero y, por tanto, ser el punto de partida para que la definición de los instrumentos de política en este sector se adecúe a las dificultades de cada área problemática.

En la CV se han detectado principalmente dos áreas sensibles. En el área más problemática el 40% de las explotaciones están incumpliendo las normas vigentes, ninguna de las explotaciones respeta la distancia a otras

explotaciones y, además, la mitad de estas no cumplen la distancia a los núcleos urbanos. En la otra área problemática, el 33% de las explotaciones incumple las distancias mínimas a los núcleos urbanos y otras explotaciones. Además, se ha comprobado que la ubicación de las explotaciones es preferentemente en los usos del suelo adecuados, no encontrando riesgos potenciales de contaminación en áreas protegidas.

Se ha conseguido detectar las áreas problemáticas en una zona de ganadería intensiva y con elevados conflictos por el uso del suelo, facilitando que la adopción de medidas políticas se pueda adecuar a la problemática del sector en la CV, permitiendo una mejora sobre el propio sector, sobre el medio ambiente y la salud pública, con el fin de acercar más el concepto de multifuncionalidad de las áreas agrarias más conflictivas.

## Referencias bibliográficas

Amador J, Dominguez J (2005). Application of geographical information systems to rural electrification with renewable energy sources. Renewable Energy 30: 1897-1912. https://doi.org/10.1016/j.renene.2004.12.007

Aspinall R (2004). Modelling land use change with generalized linear models – A multi-model analysis of change between 1860 and 2000 in Gallatin Valley, Montana. Journal of Environmental Management 72(1-2): 91-103. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2004.02.009

Baban SMJ, Parry T (2001). Developing and applying a GIS-assisted approach to locating wind farms in the UK. Renewable Energy 24: 59-71. https://doi.org/10.1016/S0960-1481(00)00169-5

Bartelt-Hunt S, Snow DD, Damon-Powell T, Miesbach D (2011). Occurrence of steroid hormones and antibiotics in shallow groundwater impacted by livestock waste control facilities. Journal of Contaminant Hydrology 123(3-4): 94-103. https://doi.org/10.1016/J.JCONHYD.2010.12.010

Basnet B, Apan A, Raine S (2002). Geographic information system based manure application plan. Journal of Environmental Management 64(2): 99-113. https://doi.org/10.1006/jema.2001.0484

Batzias FA, Sidiras DK, Spyrou EK (2005). Evaluating livestock manures for biogas production: a GIS based method. Renewable Energy 30(8): 1161-1176. https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2004.10.001

Boender GJ, Van Den Hengel R, Van Roermund HJW, Hagenaars TJ (2014). The influence of between-farm distance and farm size on the spread of classical swine fever during the 1997-1998 epidemic in the Netherlands. PLoS ONE 9(4): e95278 https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095278

Brady M, Sahrbacher C, Kellermann K, Happe K (2012). An agent-based approach to modeling impacts of agricultural policy on land use, biodiversity and ecosystem services. Landscape Ecology 27(9): 1363-1381. https://doi.org/10.1007/s10980-012-9787-3

Calafat C, Gallego A, Quintanilla I (2015). Integrated geo-referenced data and statistical analysis for dividing livestock farms into geographical zones in the Valencian Community (Spain). Computers and Electronics in Agriculture 114: 58-67. https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.03.005

Cejudo García E, Maroto Martos JC (2010). La reforma de la PAC 2003: Desacoplamiento, condicionalidad, modulación, desarrollo rural. Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales XIV(318): 1-14. Consultado en: https://www.researchgate.net/profile/Eugenio_Cejudo/publication/43692857_La_reforma_de_la_PAC_2003_desacoplamiento_condicionalidad_modulacion_desarrollo_rural/links/564d999d08ae1ef9296ab766.pdf

Centner TJ (2004). New regulations to minimize water impairment from animals rely on management practices. Environment International 30(4): 539-545. https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2003.10.010

de Vos A, Cumming GS, Cumming DHM, Ament JM, Baum J, Clements HS, Grewar jD, Macie-

jewski K, Moore C (2016). Pathogens, disease, and the social-ecological resilience of protected areas. Ecology and Society 21(1): 20. https://doi.org/10.5751/ES-07984-210120

Deunert F, Lennartz B, Tiemeyer B (2007). Legislative effects on the development of surface water quality in rural areas in Northern Germany. Journal of Cleaner Production 15(16): 1507-1513. https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2006.07.035

Djodjic F, Montas H, Shirmohammadi A, Bergström L, Ulén B (2002). A Decision Support System for Phosphorus Management at a Watershed Scale. Journal of Environmental Quality 31: 937-945. https://doi.org/10.2134/jeq2002.9370

Friedrich, T, Kassam A (2016). Food security as a function of Sustainable Intensification of Crop Production. AIMS Agriculture and Food 1(2): 227-238. https://doi.org/10.3934/agrfood.2016.2.227

Herviu B (1996). Agricultura y territorio: nuevas orientaciones para la política agraria. Revista española de economía agraria 176: 167-192.

Jarvis SC, Ledgard S (2002). Ammonia emissions from intensive dairying: A comparison of contrasting systems in the United Kingdom and New Zealand. Agriculture, Ecosystems and Environment 92(1): 83-92. https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00283-3

Joost S, Colli L, Baret PV, Garcia JF, Boettcher PJ, Tixier-Boichard M, Ajmone-Marsan P (2010). Integrating geo-referenced multiscale and multidisciplinary data for the management of biodiversity in livestock genetic resources. Animal Genetics 41(SUPPL. 1): 47-63. https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2010.02037.x

Kros J, Bakker MM, Reidsma P, Kanellopoulos A, Jamal Alam S, de Vries W (2015). Impacts of agricultural changes in response to climate and socioeconomic change on nitrogen deposition in nature reserves. Landscape Ecology 30(5): 871-885. https://doi.org/10.1007/s10980-014-0131-y

Louwagie G, Northey G, Finn JA, Purvis G (2012). Development of indicators for assessment of the environmental impact of livestock farming in Ireland using the Agri-environmental Footprint Index. Ecological Indicators 18: 149-162. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.11.003

Lupindu AM, Dalsgaard A, Msoffe PLM, Ngowi HA, Mtambo MM, Olsen JE (2015). Transmission of antibiotic-resistant Escherichia coli between cattle, humans and the environment in peri-urban livestock keeping communities in Morogoro, Tanzania. Preventive Veterinary Medicine 118(4): 477-482. https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2014.12.005

Mahin TD (2001). Comparison of different approaches used to regulate odours around the world. Water Science and Technology 44(9): 87-102.

Mertens B, Poccard-Chapuis R, Piketty MG, Lacques AE, Venturieri A (2002). Crossing spatial analyses and livestock economics to understand deforestation processes in the Brazilian Amazon: The case of São Félix do Xingú in South Pará. Agricultural Economics 27(3): 269-294. https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2002.tb00121.x

Molina-Ruiz J, Martínez-Sánchez MJ, Pérez-Sirvent C, Tudela-Serrano ML, García Lorenzo ML (2011). Developing and applying a GIS-assisted approach to evaluate visual impact in wind farms. Renewable Energy 36(3): 1125-1132. https://doi.org/10.1016/j.renene.2010.08.041

Neumann K, Elbersen BS, Verburg PH, Staritsky I, Pérez-Soba M, de Vries W, Rienks WA (2009). Modelling the spatial distribution of livestock in Europe. Landscape Ecology 24(9): 1207-1222. https://doi.org/10.1007/s10980-009-9357-5

Nolan BT, Ruddy BC, Hitt KJ, Helsel DR (1997). Risk of nitrate in groundwaters of the United States – A national perspective. Environmental Science and Technology 31(8): 2229-2236. https://doi.org/10.1021/es960818d

Palomo I, Martín-López B, Potschin M, Haines-Young R, Montes C (2013). National Parks, buffer zones and surrounding lands: Mapping ecosystem service flows. Ecosystem Services 4: 104-116. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.09.001

Perez Espejo R (2006). Costs of the Wastewater Standard in Pig Production in Mexico. Environment, Development and Sustainability 8(3): 391-411. https://doi.org/10.1007/s10668-005-8349-0

Pérez Yruela M, Sumpsi JM, Lopez Iglesias E, Bardaji I (2016). El enfoque territorial del desarrollo en zonas rurales : de la teoría a la práctica. En Desarrollo en territorios rurales. Estudios comparados en Brasil y España (Ed. Campinas AE) pp. 25-74.

Pettit CJ (2005). Use of a Collaborative GIS-Based Planning-Support System to Assist in Formulating a Sustainable-Development Scenario for Hervey Bay, Australia. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science 32(4): 523-545. https://doi.org/10.1068/b31109

Plaza Gutiérrez JI (2006). Territorio, Geografía Rural Y Políticas Públicas. Desarrollo Y Sustentabilidad En Las Áreas Rurales. Boletín de la A.G.E. 41: 69-95.

Recatalá L, Ive JR, Baird IA, Hamilton N, Sánchez J (2000). Land-use planning in the Valencian Mediterranean Region: Using LUPIS to generate issue relevant plans. Journal of Environmental Management 59(3): 169-184. https://doi.org/10.1006/jema.2000.0350

Richter CH, Custer B, Steele JA, Wilcox BA, Xu J (2015). Intensified food production and correlated risks to human health in the Greater Mekong Subregion: A systematic review. Environmental Health : A global access science source 14(1): 1-13. https://doi.org/10.1186/s12940-015-0033-8

Ruiz-Urrestarazu E, Galdós-Urrutia R (2013). Actividad Agraria Y Paisaje. La Ganadería, Clave En La Conservación Del Paisaje Vasco-Atlántico. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles 63: 379-398. Consultado en: http://www.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/viewFile/1619/1539

Salvà Catarineu M, Panareda Clopés JM, Nuet Badía J (2004). El análisis a gran escala y las nuevas tecnologías: una nueva interpretación geográfica del espacio para la gestión territorial. Scripta nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales, VIII(170). Consultado en: http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-170-16.htm

Schauberger G, Lim TT, Ni JQ, Bundy DS, Haymore BL, Diehl CA, Duggirala RK, Heber AJ (2013). Empirical model of odor emission from deep-pit swine finishing barns to derive a standardized odor emission factor. Atmospheric Environment 66: 84-90. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.05.046

Segrelles Serrano J (2012). La Política Agraría Común de la Unión Europea y la soberanía alimentaria de América Latina: una interrelación dialéctica. Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales XVI(415). Consultado en: http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-415.htm

Sumpsi Viñas JM (1996). La agricultura española ante los nuevos escenarios de la PAC. Revista Española de Economía Agraria 176-177: 265-304. Consultado en: http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_reea/r176_10.pdf

Tzanopoulos J, Jones PJ, Mortimer SR (2012). The implications of the 2003 Common Agricultural Policy reforms for land-use and landscape quality in England. Landscape and Urban Planning 108(1): 39-48. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.07.012

Van Boeckel TP, Thanapongtharm W, Robinson T, D'Aietti L, Gilbert M (2012). Predicting the distribution of intensive poultry farming in Thailand. Agriculture, Ecosystems and Environment 149: 144-153. https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.12.019

Verburg PH, Overmars KP (2009). Combining top-down and bottom-up dynamics in land use modeling: Exploring the future of abandoned farmlands in Europe with the Dyna-CLUE model. Landscape Ecology 24(9): 1167-1181. https://doi.org/10.1007/s10980-009-9355-7

(Aceptado para publicación el 12 de julio de 2018)

# Efecto de los factores zootécnicos en la producción en primera lactación de vacas Frisonas en N.O. de España

M.J. Sánchez[1], R. Fouz[2], E. Yus[3], F. Camino[3] y F.J. Diéguez[1,*]

[1] Departamento de Anatomía, Producción Animal y Ciencias Clínicas Veterinarias, Facultad de Veterinaria de Lugo, Universidad de Santiago de Compostela, Campus Universitario, 27002, Lugo, España
[2] AFRICOR Lugo, Ronda de Fingoi, 117, 27002, Lugo, España
[3] Instituto de Investigación y Análisis Alimentarios, Facultad de Veterinaria de Lugo, Universidad de Santiago de Compostela, Campus Universitario, 27002, Lugo, España

**Resumen**

Existen numerosos factores que afectan a la rentabilidad de la producción lechera; uno de los más importantes es el nivel productivo en primera lactación, que ha sido relacionado con parámetros del rendimiento futuro del animal, como la longevidad. El objetivo de este estudio fue determinar la relación entre la producción normalizada en la primera lactación de novillas de leche y los siguientes parámetros zootécnicos asociados a la novilla (estación de nacimiento, valor genético para la producción de leche, edad al primer parto, problemas al parto, sexo de la cría nacida) y de la madre (número de parto y dificultad del mismo cuando parió a esa novilla y duración de la gestación; producción lechera al secado y duración del periodo seco previos al parto de la novilla). Se obtuvieron datos de 12.029 novillas Frisonas que finalizaron su primera lactación en el año 2015 y se emplearon modelos de regresión para identificar aquellos factores que se relacionaban con la producción normalizada. De los parámetros analizados, aquellos que parecían tener mayor influencia, fueron la estación de nacimiento y la dificultad de parto de la novilla, así como su valor genético para producción de leche, además de la dificultad de parto y producción al secado de su madre.

**Palabras clave:** Vacuno lechero, primera lactación, producción lechera, regresión.

**Effect of zootechnical factors on first lactation milk yield of Friesian cows from N.W. Spain**

**Abstract**

There are many factors affecting profitability in dairy production; one of the most important factors is milk yield during the first lactation since it has been related to the future performance traits or the longevity of the animal. The aim of this study was to determine the relation between normalized yield in the first lactation of dairy heifers and traits from the heifer (birth season, genetic value for milk production, age at first calving, calving difficulty and sex of the calf) and their dam (calving number when the dam calved this heifer and calving difficulty along with gestation length, milk production at drying-off and duration of the dry period prior to calving). For this purpose, data were obtained from 12,029 Friesian heifers that finished their first lactation in 2015. Regression was used to identify factors related to normalized milk yield. Of the analyzed parameters, those that seem to have more influence on this trait were the birth season and the calving difficulty of the heifer along with its genetic value for milk production, besides the calving difficulty and production at drying-off of the dam.

**Keywords:** Dairy cattle, first lactation, milk production, regression.

* Autor para correspondencia: franciscojavier.dieguez@usc.es

Cita del artículo: Sánchez MJ, Fouz R, Yus E, Camino F, Diéguez FJ (2019). Efecto de los factores zootécnicos en la producción en primera lactación de vacas Frisonas en N.O. de España. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 115(1): 52-61. https://doi.org/10.12706/itea.2018.026

## Introducción

La selección genética en ganado vacuno, así como las mejoras en manejo y alimentación han conducido a un importante incremento de la producción lechera durante las últimas décadas junto con una reducción de vida útil de los animales (Atsbeha *et al*., 2015; Olechnowicz *et al*., 2016). La asociación existente entre producción lechera y riesgo de enfermedades de la producción o descensos de la fertilidad se ha documentado ampliamente; como ejemplo, según datos de AFRICOR (2016), la producción media normalizada a 305 días se ha incrementado en Galicia de 7.406 kg en el año 2000 a 10.101 kg en el año 2016; mientras que, en el mismo periodo, el intervalo entre partos ha aumentado de 418 a 434 días y la edad media de sacrificio se ha reducido de 75,7 meses a 66,3.

Por otro lado, la reposición es una de las principales inversiones a realizar en granjas de producción de leche. Una estrategia empleada para reducir costes y conseguir un retorno más rápido de la inversión realizada en estos animales ha sido acelerar su crecimiento mediante programas de alimentación más eficaces que permitan inseminarlas a una edad más temprana y de esta forma alcanzar cuanto antes su vida productiva.

Varios estudios previos han valorado factores que podrían influir en la producción lechera de vacuno en primera lactación (PPL), y un importante número de ellos han insistido sobre la importancia de la edad al primer parto (EPP). A este respecto existe mucha diversidad en los resultados obtenidos dependiendo del nivel productivo y el manejo (especialmente nutricional) en la población de estudio, así como la fecha de realización de los mismos, ya que las prácticas de manejo y programas nutricionales han cambiado significativamente con los años. En cualquier caso, Nor *et al*. (2013) indicaron que, de forma general, primeros partos a los 23 meses en lugar de 24 reducían la producción por lactación en 143 kg por término medio, considerando estos 23 meses como punto crítico por debajo del cual continuar adelantando el primer parto dejaría de ser rentable para la granja. Igualmente, un primer parto por encima de 25 meses parece tener un impacto negativo sobre la producción vitalicia de los animales y generaría un exceso de capital invertido (Cooke y Wathes, 2014; Salazar-Carranza *et al*., 2014, Van Pelt *et al*., 2016, Boulton *et al*., 2017).

La PPL tiene gran importancia como indicador en la gestión y toma de decisiones en granja ya que se ha probado su correlación genética y fenotípica con otros parámetros como la longevidad o la producción vitalicia (Sadek *et al*., 2016). Por otro lado, las vacas de primer parto representan cada vez un mayor porcentaje de los animales que se ordeñan en el conjunto del rebaño, estando actualmente, en la población de estudio, en el 31,6%, lo que las convierte el grupo por paridad más frecuente. Por otra parte, este grupo es el que promedia un valor genético más alto y por tanto se espera de él un elevado potencial productivo (AFRICOR, 2016). El hecho de que sea el grupo de animales de la explotación sin amortizar (junto con parte de los de segundo parto), hace que el conocimiento de los factores que influyen en su producción adquiera mayor relevancia dentro del conjunto del rebaño, en la medida en que se debe maximizar su productividad, incluyendo en este término, la prolongación de su vida productiva a partos posteriores.

El objetivo del presente estudio fue determinar la influencia de los factores zootécnicos en la producción en primera lactación en Frisonas en Galicia (N.O. de España). Para alcanzarlo se valoró la relación entre la PPL normalizada de novillas lecheras y parámetros de la propia novilla (incluyendo estación de nacimiento, valor genético para la producción de leche, edad al primer parto, dificultad

de ese parto, y sexo de la cría nacida) así como de su madre (número de parto y dificultad del mismo cuando parió a esa novilla y duración de la gestación, producción lechera al secado y duración del periodo seco previos al parto de la novilla).

## Material y métodos

### *Descripción del área y rebaños estudiados*

El estudio se llevó a cabo en Galicia (N.O. de España). Galicia es la región con mayor producción de leche de vacuno en España con aproximadamente el 55% de las granjas y el 40% de la producción total del país (1,3% de la producida en la UE). El tamaño medio por explotación en la Comunidad Autónoma es de 42 vacas siendo inferior a la media nacional (que se sitúa 59,3 vacas) (MAPAMA, 2018) y predominando todavía explotaciones de tipo familiar. El sector, en Galicia, tiene una relevancia significativa alcanzando el 1,5% del Producto Interior Bruto de la región (IGE, 2017). En Galicia, el 35% de los rebaños están involucrados en el programa oficial de mejora genética, pero estos representan un 70% de la leche total generada en esta región.

Los datos empleados en el estudio fueron obtenidos de 12.029 novillas Frisonas que finalizaron su primera lactación en 2015. Estas pertenecen a 1.752 ganaderías incluidas en el programa de mejora genética. El tamaño medio de las granjas del estudio era de 45 vacas en lactación (mínimo de 8 y máximo de 379). Los registros fueron obtenidos a partir de los datos de control lechero oficial, en los cuales el técnico responsable visita cada granja mensualmente para medir la producción diaria de leche y recoger una muestra combinada de los cuatro cuarterones con el fin de determinar los porcentajes de grasa y proteína (entre otros parámetros) siguiendo un patrón de visitas mensuales alternativo ampm a lo largo de todo el periodo de lactación de cada animal. Cuando una vaca llega a la fase de secado se estiman los parámetros de la lactación completa (incluyendo la producción total y las medias de grasa y proteína durante la lactación completa) y se normalizan a 305 días empleando el método Fleischmasnn (ICAR, 2016). Para el estudio, la producción por lactación también se normalizó por energía (LCE) de acuerdo a la siguiente fórmula:

LCE = (leche producida * (0,383 * % grasa + 0,242 * % proteína + 0,7832) / 3,1138) (IFCN, 2018)

Las lactaciones de duración inferior a 240 días no se incluyeron en el análisis.

En el estudio, para cada novilla, se incluyeron las siguientes variables asociadas a la PPL normalizada: fecha de nacimiento de la novilla, EPP, dificultad del primer parto (DP) y sexo de la cría nacida (macho, hembra o gemelar) así como el valor genético para la producción de leche (VGPL). Además, se recogieron los siguientes datos de sus respectivas madres: número de parto cuando parió a esa novilla y dificultad del mismo, así como duración de la gestación, producción de leche al secado y duración del periodo seco previo al parto de la novilla.

Con respecto a los partos, la dificultad de los mimos tanto para las novillas como sus madres se valoraron categóricamente en una escala desde 1 en los partos normales hasta 5 en aquellos con mucha dificultad, con presentación anormal del ternero, incluidas las cesáreas y las fetotomías, de acuerdo a la clasificación del Real Decreto 368/2005 (BOE, 2005).

### *Análisis estadístico*

Todos los datos fueron procesados con STATA (STATA 11.1, StataCorp LP., College Station, TX, USA). Inicialmente se emplearon coeficientes de correlación de Pearson (r) para detectar variables que pudieran relacionarse

con la PPL normalizada y eliminar aquellas correlacionadas. Para el caso particular de la dificultad de parto de la novilla y de su madre, así como el sexo de la cría que parió la novilla –variables categóricas y nominal, respectivamente–, así como la fecha de nacimiento de la novilla –que se codificó como primavera, verano, otoño e invierno, y por lo tanto también se procesó como nominal–, se emplearon test ANOVA para valorar su relación con la PPL normalizada en lugar de coeficientes r. Aquellas variables que tuvieran un nivel de significación $P \leq 0,05$ en estos análisis fueron ofrecidos a un modelo lineal mixto. Se empleó un modelo mixto ya que, además de los datos individuales de cada novilla y de sus respectivas madres, se incluyó adicionalmente el tamaño de rebaño al que pertenecía cada novilla como variable de control. Asimismo, el factor de inflación de la varianza (FIV) se empleó para cuantificar colinealidad entre variables (mayor proximidad a 1 indica menor correlación entre variables).

## Resultados

Aquellas variables cuyos coeficientes r con la PPL normalizada tenían valores $P \leq 0,05$ fueron la EPP, VGPL, además del número de parto de la madre cuando parió a la novilla y duración de la gestación, producción de leche al secado y duración del periodo seco previos al parto de la novilla. Las correlaciones bivariadas se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Matriz de correlaciones entre variables cuantitativas empleadas en el estudio.
*Table 1. Correlation matrix among the cuantitative variables involved in the study.*

| | | PPL | EPP | VGPL | NPM | DGM | PSM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| EPP | R | -0,057 | | | | | |
| | P | <0,001 | | | | | |
| VGPL | R | 0,454 | -0,088 | | | | |
| | P | <0,001 | <0,001 | | | | |
| NPM | R | -0,117 | 0,042 | -0,163 | | | |
| | P | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | | |
| DGM | R | -0,054 | 0,006 | -0,057 | 0,063 | | |
| | P | <0,001 | 0,543 | <0,001 | <0,001 | | |
| PSM | R | 0,370 | -0,124 | 0,178 | -0,198 | -0,013 | |
| | P | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | 0,149 | |
| DSM | R | -0,050 | 0,015 | –0,115 | 0,202 | 0,167 | -0,134 |
| | P | <0,001 | 0,089 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |

Producción normalizada en primera lactación (PPL, variable dependiente) junto con edad al primer parto (EPP), valor genético para producción de leche de la novilla (VGPL), número de parto de la madre cuando parió a la novilla (NPM) y duración de la gestación (DGM), producción de leche al secado (PSM) y duración del periodo seco (DSM) previos al parto de la novilla (potenciales variables explicativas).

R: Coeficiente de correlación Spearman. P: nivel de significación estadística.

Igualmente, el test ANOVA indicaba que existían diferencias significativas en la PPL cuando se comparaban novillas cuyo primer parto fue fácil (1) con aquellas cuyos primeros partos tuvieron algún nivel de dificultad (2-5). Del mismo modo se observaron diferencias significativas al comparar novillas nacidas de partos fáciles (1) con aquellas nacidas con algún grado de dificultad (2-5). También existían diferencias en la PPL al comparar novillas nacidas en primavera/verano con aquellas nacidas en otoño/invierno. Sin embargo, no se observaron diferencias al comparar la producción en primera lactación en función del sexo de la cría que parió la novilla (Tabla 2).

Tabla 2. Media producción lechera normalizada en primera lactación de novillas de vacuno de acuerdo a diferentes parámetros de la propia novilla (dificultad del primer parto y estación de nacimiento) así como de su madre (dificultad de parto cuando parió a la novilla).
*Table 2. Mean normalized first lactation milk yield in heifers by different traits from the heifer (first calving difficulty and birth season) and their dam (calving difficulty when the dam calved the heifer).*

| | Producción normalizada (kg) |
|---|---|
| Dificultad de parto | |
| 1[1] | 8.465,32 (22,12) |
| 2[2] | 8.275,87 (27,50) |
| 3[2] | 8.134,26 (81,64) |
| 4[2] | 8.187,26 (332,26) |
| 5[2] | 7.880,40 (210,92) |
| Tipo de parto | |
| Macho | 8.390,70 (23,66) |
| Hembra | 8.398,03 (23,76) |
| Gemelar | 8.463,72 (178,18) |
| Estación de nacimiento | |
| Primavera[1] | 8.242,95 (33,66) |
| Verano[1] | 8.330,92 (33,78) |
| Otoño[2] | 8.526,74 (32,77) |
| Invierno[2] | 8.410,60 (32,56) |
| Dificultad de parto de la madre | |
| 1[1] | 8.422,27 (20,28) |
| 2[2] | 8.221,22 (31,01) |
| 3[2] | 8.233,72 (163,13) |
| 4[2] | 8.433,27 (1060,62) |
| 5[2] | 7.935,85 (268,70) |

[1,2]Categorías con diferente superíndice difieren estadísticamente ($P \leq 0,05$)

De acuerdo al modelo lineal mixto, la PPL normalizada aumentaba por término 1,2 kg por cada punto que aumentaba el VGPL de la novilla. Además, novillas nacidas en otoño/invierno producían, de media, 78,8 kg más que las nacidas en primavera/verano; las novillas cuyo primer parto tuvo algún nivel de dificultad (codificados de 2 a 5) producían 65,7 kg menos que las que tuvieron partos fáciles (Tabla 3). La producción también aumentaba 5,8 kg por cada kg que se incrementaba la producción de la madre al secado. Novillas nacidas de partos no clasificados como fáciles (2-5) producían de media 122,8 kg menos (Tabla 3). Por último, las novillas pertenecientes a granjas de mayor tamaño tenían mayor producción (26,6 kg más por cada vaca más en el rebaño al que pertenecían) (Tabla 3). Otras variables como la EPP, el número de parto de la madre, la duración de la gestación o del período seco previo al parto de esa novilla no fueron significativas en el análisis de regresión.

El valor medio del FIV para las variables independientes recogidas en el modelo fue de 1,06 (máximo 1,15). El valor del estadístico –2 logaritmo de verosimilitud (–2LL) del modelo lineal mixto completo era de 50.685,85. Si se excluía del modelo el VGPL el valor resultante del –2LL era de 68.879,72. Igualmente, cuando se incluía el VGPL, el número de parto de la madre, inicialmente significativo, desaparecía del modelo; los datos indican que las madres de menor edad paren novillas con mayores VGPL lo que explicaría este hallazgo. El VGPL medio fue de 380,6; 346,7 y 238,8 para novillas nacidas de madres de 2º, 3$^{er}$ y 4º parto o mayor, respectivamente.

Tabla 3. Resultado de un modelo lineal mixto para determinar el efecto de diferentes parámetros sobre la producción lechera normalizada en primera lactación de novillas de vacuno.
*Table 3. Results of a linear mixed model to assess the effect of different farm traits on normalized first lactation milk yield of heifers.*

| | Coeficiente | SE | P | Intevalo de confianza 95% | |
|---|---|---|---|---|---|
| Constante | 6653,903 | 66,766 | <0,001 | 6523,043 | 6784,764 |
| Valor genético (producción de leche) | 1,242 | 0,303 | <0,001 | 1,665 | 1,849 |
| Dificultad de parto | -65,68 | 28,282 | 0,023 | -121,116 | -10,243 |
| Estación de nacimiento (otoño-invierno vs primavera-verano) | 78,782 | 24,685 | 0,001 | 30,398 | 127,165 |
| Dificultad de parto de la madre | -122,816 | 31,646 | <0,001 | -184,835 | -60,796 |
| Producción al secado de la madre (kg/día) | 5,856 | 1,832 | <0,001 | 2,264 | 9,448 |
| Tamaño de rebaño | 26,592 | 1,551 | <0,001 | 23,551 | 29,632 |

ES: Error estándar. P: Nivel de significación estadística.

## Discusión

El presente estudio identificó varios factores relacionados con la PPL, tanto de la propia novilla como su madre, en un enfoque multivariable. Aunque algunos de ellos han sido ampliamente estudiados, otros apenas han sido valorados con anterioridad, como el VGPL o algunas características de la madre como la duración de la gestación o su DP cuando parió a esa novilla. Igualmente hay pocos estudios realizados en esta zona concreta, que es representativa del sistema de producción de leche en la cornisa cantábrica (zona de mayor producción en España) y que se caracteriza por un perfil de explotación familiar que se basa en el forraje producido en la explotación como el principal aporte de materia seca de la ración, con granjas de pequeño-mediano tamaño (50% con menos de 53 reproductoras); la mayoría de la reposición se hace en base a la recría en la propia explotación, con incorporaciones puntuales, principalmente en ganaderías en expansión (AFRICOR, 2016; MAPAMA, 2018). Esta sería la principal fortaleza del estudio, además del relativamente alto tamaño de muestra (n = 12.029) que asegura la validez del análisis estadístico.

Una limitación del estudio sería el potencial papel de otros factores explicativos no analizados y que no deben ser subestimados. Estos incluirían principalmente el alojamiento, manejo y alimentación durante el periodo de recría o durante la primera lactación (Soberon y Van Amburgh, 2013; Korst *et al*., 2017; Santiago *et al*., 2017; Van Eetvelde y Opsomer, 2017; Jiménez-Calderón *et al*., 2017). Igualmente, se ha sugerido que la existencia de patologías en la madre, relacionadas con la transición entre final de parto e inicio de lactación, podrían afectar a la ternera nacida (Larson, 2016). Sí se incluyó en el modelo, como variable de control, el tamaño de rebaño al que pertenecía la novilla ya que de forma indirecta puede ser indicativo de estos aspectos y permite corregir los coeficientes de las variables a estudiar. Rebaños de mayor tamaño suelen estar más predispuestos a la adopción de nuevas tecnologías en cuanto instalaciones, así como realizar programas de manejo más eficientes (Brotzman *et al*., 2015). Este trabajo podría servir como base a estudios posteriores que analizasen los riesgos de distintos factores sobre patologías y producción en conjunto.

Durante los últimos 60 años, los programas de cría se han enfocado en mejoras para parámetros de producción, como la cantidad producida o el contenido en proteína. En el presente estudio el VGPL se incluyó como variable independiente y esta explicaba una parte substancial de las variaciones observadas en la PPL; su exclusión modificaba de forma importante los coeficientes del modelo, así como el valor del –2LL. Además, al añadir esta variable se eliminaba del modelo el número de parto de la madre. Es una práctica común de manejo inseminar a las vacas más jóvenes del rebaño con los toros de mayor valor genético (y generalmente de mayor precio por dosis seminal) ya que las vacas más jóvenes tienen por término medio mejor fertilidad; de esta forma, su descendencia tiende a tener un mayor valor de genético en comparación con las crías de vacas de mayor edad.

Con respecto a la DP, se ha demostrado previamente que novillas y vacas Holstein que experimentaron partos difíciles mostraban una reducción en la producción total, la normalizada a 305 días y en pico de lactación cuando se comparaban con aquellas que tuvieron partos fáciles (Ghavi, 2014; El-Tarabany, 2015). Sin embargo, la posibilidad de que novillas nacidas de partos distócicos tengan un menor rendimiento productivo en el futuro ha sido menos estudiada. Algunos estudios previos indicaron que terneros nacidos de partos distócicos tendrían afectada su viabilidad, salud y bienestar, mostrando estos

mayores niveles de cortisol (utilizado como indicador de estrés fisiológico), y que los efectos negativos podrían prolongarse en el tiempo (Barrier *et al.*, 2013; Murray y Leslie, 2013). En relación al rendimiento en la fase adulta, Eaglen *et al.* (2013) sugirieron que, genéticamente, individuos predispuestos a nacer con mayor dificultad también mostraban menores producciones de leche en primera lactación. Estos resultados y el observado en el presente estudio muestran diferencias en el rendimiento futuro de las novillas, lo que debe ser tenido en cuenta a la hora de realizar estimaciones económicas del coste de la distocia en vacuno lechero.

Por otro lado, los datos indicaban que aquellas novillas nacidas en otoño o invierno tendrían mayores producciones en su primera lactación. Esto se ha relacionado recientemente con situaciones de estrés calórico, tanto en la fase final de gestación que dio lugar a la novilla como en el momento de su concepción. Así, el estrés por calor durante la última etapa de gestación se relacionó con bajos pesos al nacimiento, así como con alteraciones metabólicas y de la función inmune, aspectos que podrían condicionar el desarrollo y rendimiento futuro del animal (Tao *et al.*, 2014; Monteiro *et al*., 2014). Igualmente, animales concebidos en verano parecerían tener menor rendimiento tanto productivo como reproductivo que lo concebidos en invierno (Brown *et al*., 2015; Pinedo y de Vries, 2017).

Otro factor que ha sido extensamente evaluado es la EPP. Aunque la mayoría de los estudios previos muestran que existe un óptimo entre EPP y PPL (Froidmont *et al*., 2013; Nor *et al*., 2013; Salazar-Carranza *et al*., 2014) en el presente estudio solo se encontró una correlación negativa y significativa entre ambos parámetros en el análisis univariable. Esta asociación desaparecía tras aplicar el modelo multivariable. Esto podría relacionarse en parte con la dificultad del primer parto, que tiende a ser mayor cuanto menor sea la edad de la novilla. Así, novillas que paren más jóvenes podrían tener más dificultades en el parto y como consecuencia ver afectada su producción (Cortés-Lacruz et *al.*, 2017).

## Conclusiones

De los parámetros analizados, aquellos que parecen tener mayor influencia en la PPL normalizada fueron la estación de nacimiento de la novilla, su dificultad en el primer parto, y su VGPL además de la dificultad de parto y la producción al secado de su madre. El estudio resalta algunos aspectos que han sido menos estudiados con anterioridad, como la importancia de incluir el valor genético para producción de leche como factor corrector cuando se analiza la PPL, o factores zootécnicos asociados con la madre de cada novilla.

## Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a AFRICOR Lugo por su colaboración en el estudio.

## Referencias bibliográficas

Asociación Provincial de Gandeiros de Lugo para o Control de Rendementos (AFRICOR) (2016). Memoria AFRICOR Lugo 2015. Ed. AFRICOR, Lugo, España. 120 pp.

Atsbeha DM, Kristofersson D, Rickertsen KJ (2015). Broad breeding goals and productions cost in dairy farming. Journal of Productivity Analysis 43: 403-415.

Barrier AC, Haskell MJ, Birch S, Bagnall A, Bell DJ, Dickinson J, Macrae AI, Dwyer CM (2013). The impact of dystocia on dairy calf health, welfare, performance and survival. The Veterinary Journal 195: 86-90.

Boletín Oficial del Estado (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.

Boulton AC, Rushton J, Wathes DC (2017). An empirical analysis of the cost of rearing dairy heifers from birth to first calving and the time taken to repay these costs. Animal 11: 1372-1380.

Brown BM, Stallings JW, Clay JS, Rhoads ML (2015). Periconceptional heat stress of Holstein dams is associated with differences in daughter milk production and composition during multiple lactations. PloS One 10: e0133574.

Brotzman RL, Döpfer D, Foy MR, Hess JP, Nordlund KV, Bennett TB, Cook NB (2015). Survey of facility and management characteristics of large, Upper Midwest dairy herds clustered by Dairy Herd Improvement records. Journal of Dairy Science 98: 8245-8261.

Cooke JS, Wathes DC (2014). Rearing heifer calves for optimum lifelong production. Cattle Practice 22: 66-71.

Cortés-Lacruz X, Revilla R, Casasús I, Sanz A, Ferrer J, Banzo P, Villaba D (2017) Evaluación genética de la facilidad de parto en la raza bovina Parda de Montaña usando los modelos lineal y umbral. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 113: 158-175.

El-Tarabany M (2015). Effects of calving difficulty on the subsequent reproductive performance and milk production of Holstein, Brown Swiss and their crosses. Livestock Science 180: 263-267.

Eaglen SAE, Coffey MP, Woolliams JA, Wall E (2013). Direct and maternal genetic relationships between calving ease, gestation length, milk production, fertility, type, and lifespan of Holstein-Friesian primiparous cows. Journal of Dairy Science 96: 4015-4025.

Froidmont E, Mayeres P, Picron P, Turlot A, Planchon V, Stilmant D (2013). Association between age at first calving, year and season of first calving and milk production in Holstein cows. Animal 7: 665-672.

Ghavi Hossein-Zadeh N (2014). Effect of dystocia on the productive performance and calf stillbirth in Iranian Holsteins. Journal of Agricultural Science and Technology 16: 69-78.

International Farm Comparison Network (IFCN) (2018). IFCN methods. Disponible en: https://ifcndairy.org/about-ifcn-neu/ifcn-dairy-research-center-method/ (Consultado: 11 abril 2018).

International Committee for Animal Recording (ICAR) (2016). Section 2.1: ICAR rules, standards and guidelines for recording milk and milk constituents. En: International agreement of recording practices (Ed. ICAR), pp. 25-57. International Committee for Animal Recording General Assembly, ICAR, Berlin, Germany.

Instituto Galego de Estadística (IGE) (2017). Series socioeconómicas de conxuntura de Galicia. Disponible en: http://www.ige.eu/dba/Controlador?operacion=mostrarseries&subgrupo=B_2008_O_02 (Consultado: 11 abril 2018).

Jiménez-Calderón JD, Vicente F, Carballal A, Martínez-Fernández A (2017). Estado reproductivo de las ganaderías de vacuno lechero en el Principado de Asturias (España). ITEA-Información Técnica Económica Agraria 113: 347-358.

Korst M, Koch C, Kesser J, Müller U, Romberg FJ, Rehage J, Eder K, Sauerwein H (2017). Different milk feeding intensities during the first 4 weeks of rearing in dairy calves: Part 1: Effects on performance and production from birth over the first lactation. Journal of Dairy Science 100: 3096-3108.

Larson JM (2016). Metabolic status of late gestation beef cows and neonatal calves. Tésis doctoral. Universidad de Missouri – Columbia.

Murray CF, Leslie KE (2013). Newborn calf vitality: Risk factors, characteristics, assessment, resulting outcomes and strategies for improvement. The Veterinary Journal 198: 322-328.

Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA) (2018). Panel situación sector lácteo España. Disponible en: http://www.mapama.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/pizarraabril18_tcm30-444377.pdf (Consultado: 11 abril 2018).

Monteiro AP, Tao S, Thompson IM, Dahl GE (2014). Effect of heat stress during late gestation on immune function and growth performance of calves: Isolation of altered colostral and calf factors. Journal of Dairy Science 97: 6426-6439.

Nor NM, Steeneveld W, Van Werven T, Mourits MCM, Hogeveen H (2013). First-calving age and first-lactation milk production on Dutch dairy farms. Journal of Dairy Science 96: 981-992.

Olechnowicz J, Kneblewski P, Ja kowski, Wlodarek J (2016). Effect of selected factors on longevity in cattle: a review. The Journal of Animal & Plant Science 26: 1533-1541.

Pinedo PJ, de Vries A (2017). Season of conception is associated with future survival, fertility, and milk yield of Holstein cows. Journal of Dairy Science 100: 6631-6639.

Sadek MH, Halawa AA, Ashmawy AA, GLIL MA (2016). Genetic and phenotypic parameter estimation of first lactation, life-time yield and longevity traits in Holstein cattle. Egyptian Journal of Genetics and Cytology 38: 127-136.

Salazar-Carranza M, Castillo-Badilla G, Murillo-Herrera J, Hueckmann-Voss F, Romero-Zúñiga JJ (2014). Effect of age at first calving on first lactation milk yield in Holstein cows from Costa Rican specialized dairy herds. Open Journal of Veterinary Medicine 4: 297-203.

Santiago C, Vicente F, Jiménez-Calderón JD, Soldado A, Martínez-Fernández A (2017). Caracterización de los actuales modelos de alimentación para la producción de leche de vaca en Asturias (España) y su influencia sobre la producción de leche. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 113: 335-346.

Soberon F, Van Amburgh ME (2013). Lactation biology symposium: The effect of nutrient intake from milk or milk replacer of preweaned dairy calves on lactation milk yield as adults: A meta-analysis of current data. Journal of Animal Science 91: 706-712.

Tao S, Monteiro APA, Hayen MJ, Dahl GE (2014). Short communication: Maternal heat stress during the dry period alters postnatal whole-body insulin response of calves. Journal of Dairy Science 97: 897-901.

Van Eetvelde M, Opsomer G (2017). Innovative look at dairy heifer rearing: Effect of prenatal and post-natal environment on later performance. Reproduction in Domestic Animals 52: 30-36.

Van Pelt ML, de Jong G, Veerkamp RF (2016). Changes in the genetic level and the effects of age at first calving and milk production on survival during the first lactation over the last 25 years. Animal 10: 2043-2050.

(Aceptado para publicación el 17 de julio de 2018)

# Caracterización estructural, productiva y financiera de las explotaciones de jóvenes agricultores

M. Castillo-Quero y M.D. Guerrero-Baena*

Departamento de Economía, Sociología y Política Agrarias. Edificio Gregor Mendel, 3ª Planta. Campus universitario de Rabanales. Universidad de Córdoba. 14071, Córdoba (España)

**Resumen**

En la Unión Europea, sólo el 8,7% de los titulares de explotaciones agrarias tienen menos de 35 años y el 36% es mayor de 55. En España, el problema de escasez de jóvenes en el campo es aún mayor, no alcanzando la cifra de jóvenes agricultores el 7%. La tendencia de reducción del número de efectivos agrarios junto a las fuertes barreras a la entrada limitan el relevo generacional en el sector agrario. Además, la agricultura no se identifica como un sector de elevado emprendimiento, sino más bien como un sector en donde la rentabilidad es muy dependiente de los niveles de subsidios agrarios. Los distintos programas de ayudas de la PAC de fomento de la jubilación e instalación de jóvenes agricultores, mantenidos durante décadas, no se han mostrado, por tanto, eficaces en atraer a los jóvenes a la agricultura. Se asume que la edad es un factor importante en la toma de decisiones empresariales, de manera que el rejuvenecimiento del sector agrario podría mejorar el capital humano en el sector y, con ello, el dinamismo, la innovación y la competitividad de la agricultura. Igualmente, podría contribuir a una mejor valoración de la actividad agraria y de las condiciones de trabajo. Sin embargo, en la literatura académica hay poca evidencia del papel de los jóvenes en la agricultura. En el presente trabajo se analizan las características estructurales, productivas y económico-financieras de las explotaciones agrarias en Andalucía con el objetivo de contrastar las diferencias en función de la edad de sus titulares. Además, se realiza un análisis de regresión para conocer cuáles son las variables que más influyen en la variable dependiente edad de los agricultores, empleando como variables independientes aquellas extraídas de un análisis de componentes principales. Los resultados confirman algunas de las hipótesis apuntadas por la literatura: los jóvenes están más formados y obtienen mayores niveles de productividad, así como mayores ratios de rentabilidad; son menos dependientes de las ayudas de la PAC y están más presentes en orientaciones hortofrutícolas, salvo cítricos, y en las ganaderas tienen más presencia en leche y en ovino y caprino.

**Palabras clave:** Jóvenes agricultores, relevo generacional, Red Contable Agraria Nacional, Andalucía.

**Structural, productive and financial characterization of farms run by young farmers**

**Abstract**

In the European Union, only 8.7% of farmers are under 35 year-old and 36% are over 55. In Spain, the problem of scarcity of young people in the countryside is even greater, being the number of young farmers lower than 7%. The tendency of reduction in the number of farmers together with the strong entry barriers limit the generational renewal in the agricultural sector. In addition, farming is not identified as a sector of high entrepreneurship, but rather as a sector where profitability is very dependent on the levels of agricultural subsidies. The different aid programs of the CAP to encourage the retirement of

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

Cita del artículo: Castillo-Quero M, Guerrero-Baena MD (2019). Caracterización estructural, productiva y financiera de las explotaciones de jóvenes agricultores. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 115(1): 62-82. https://doi.org/10.12706/itea.2019.004

old farmers and the installation of young farmers, maintained for decades, have not shown to be effective in attracting young people to agriculture. It is assumed that age is an important factor in making business decisions so that the rejuvenation of the agricultural sector could improve human capital in the sector and, with it, the dynamism, innovation and competitiveness of agriculture. Likewise, it could contribute to a better valuation of agricultural activity and working conditions. However, in the academic literature there is little evidence of the role of young people in agriculture. In the present study, the structural, productive and economic-financial characteristics of the farms in Andalusia are analyzed in order to contrast the differences according to the age of the farmers. In addition, a regression analysis is carried out to find out which are the variables that most influence the age of farmers, using as independent variables those extracted from an analysis of principal component analysis. The results confirm some of the hypotheses pointed out by the literature: young people are more educated and obtain higher levels of productivity, as well as higher profitability ratios; they are less dependent on the aid from the CAP and are more present in horticultural orientations, except for citrus, and in livestock they have more presence in milk and in sheep and goats.

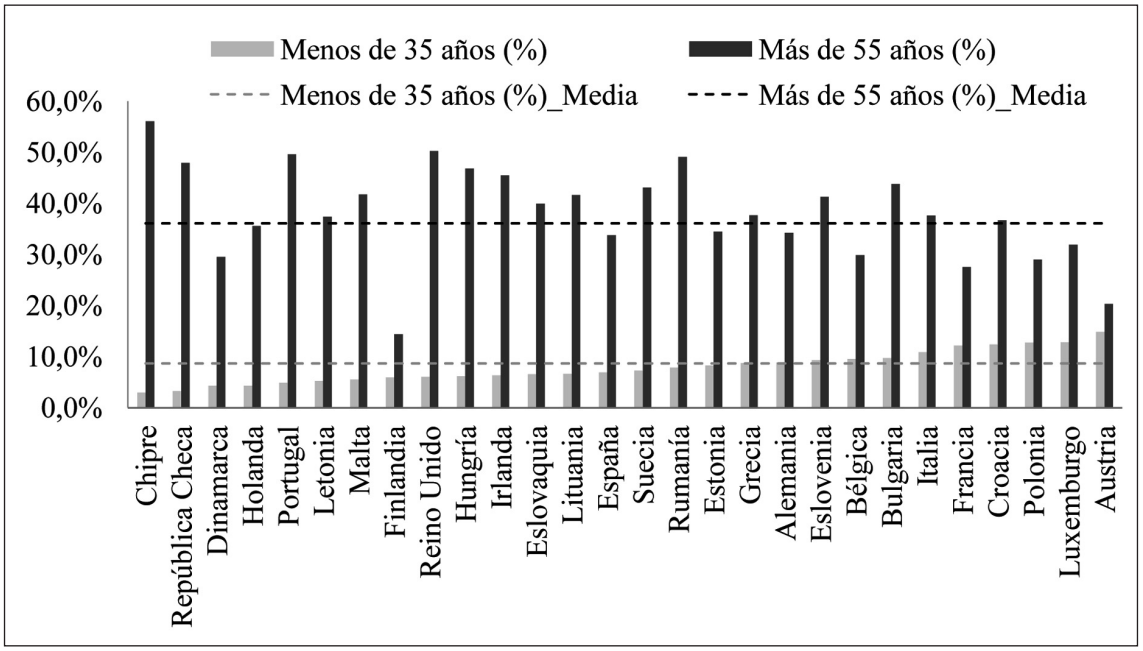
**Keywords:** Young farmers, generational renewal, National Agricultural Accounting Network, Andalusia.

## Introducción

Aunque el problema no es nuevo, en los últimos años ha crecido la preocupación por el envejecimiento y la falta de relevo de los agricultores titulares de explotaciones agrarias en Europa (Regidor y Sánchez-Reyes, 2012). Sólo el 8,7% de los titulares–jefe de explotaciones agrarias en la UE-28 tienen menos de 35 años, el 55,3% tiene entre 35 y 55 años y el 36% es mayor de 55 (Eurostat, 2016). La ratio de agricultores mayores entre los más jóvenes indica que, por cada agricultor menor de 35 años, hay 4 mayores de 55. No obstante, la estructura de edad de titulares agrarios es muy diferente de un país a otro. Como se observa en la Figura 1, Italia, Francia, Croacia, Polonia, Luxemburgo y Austria presentan porcentajes de jóvenes agricultores superiores a la media europea. Por otro lado, la aparente escasez de jóvenes agricultores se produce mayoritariamente en países donde las explotaciones pequeñas son más frecuentes, en particular en países como República Checa, Dinamarca, Holanda o Portugal (CE, 2017).

En España, el problema de escasez de jóvenes en el campo es mayor que en el conjunto (observando datos medios) de la Unión Europea, con sólo el 6,9% de jóvenes agricultores menores de 35 años (frente a la media europea de 8,7%), aunque en términos de agricultores mayores de 55 años, la cifra española es relativamente inferior a la europea (33,7% frente a 36%). Además, la evolución (Tabla 1) muestra la tendencia decreciente del peso de los jóvenes en la agricultura y el aumento progresivo de agricultores mayores. Los datos para Andalucía son, incluso, más desalentadores. Si bien la última encuesta muestra una cierta mejora, la cifra de jóvenes es menor que la media española, sólo el 5% menores de 35 años, pero los mayores de 55 años son casi la mitad de los titulares agrarios, 15 puntos porcentuales más que la media española.

El problema de los jóvenes y las diferencias por países obedece a muchas razones, entre las que se encuentran la estructura actual de las explotaciones y el proceso de ajuste estructural. La falta de relevo generacional produce concentración de explotaciones y salida de efectivos, proceso de reestructuración clásico que continúa produciéndose en Europa (Arnalte, 2002; Arnalte *et al.*, 2008). Además, el retraso en la edad de jubilación (problema de salida) junto a la baja disponibilidad de la generación joven a entrar en el sector (problema de entrada) están en la base del pro-




Fuente: https://ec.europa.eu/eurostat/data/database

Figura 1. Porcentaje de jóvenes (<35 años) y mayores agricultores (>55 años) en la UE-28 en 2016.
*Figure 1. Percentage of young (<35 years) and old farmers (>55 years) in EU-28 in 2016.*

Tabla 1. Evolución del número de agricultores según grupos de edad en España. Periodo 2005-2016 (%).
*Table 1. Evolution of the number of farmers according to age groups in Spain. Period 2005-2016 (%).*

| | Agricultores jóvenes (< 35 años) (%) | | Agricultores mayores (> 55 años) (%) | |
|---|---|---|---|---|
| Año | España | Andalucía | España | Andalucía |
| 2005 | 10,2 | 7,4 | 31,6 | 49,6 |
| 2007 | 9,5 | 6,6 | 31,9 | 49,3 |
| 2010 | 9,9 | 7,0 | 30,4 | 48,5 |
| 2013 | 7,2 | 4,5 | 32,2 | 50,4 |
| 2016 | 6,9 | 5,0 | 33,7 | 48,7 |

Fuente: https://ec.europa.eu/eurostat/data/database

blema de envejecimiento de los agricultores y de la escasez de relevo generacional (ADAS Consulting Ltd *et al.*, 2004; Lobley *et al.*, 2016). Se ha apuntado al actual sistema de pagos directos de la PAC como una de las razones del retraso en el abandono de la actividad, al suministrar las ayudas un complemento de renta de las pensiones. Otras razones de tipo emocional, de apego a la tierra, pueden afectar a dicha decisión. Entre los problemas de entrada, la baja rentabilidad de la explotación en los primeros años de inicio del negocio agrario, las dificultades de acceso a la tierra y al crédito y las menores capacidades técnicas (competencias de quienes desean comenzar a gestionar una explotación) son las limitaciones más importantes (Zondag *et al.*, 2015; Zagata *et al.*, 2017). Otros factores sociales, como las mayores oportunidades de empleo de los hijos, los sistemas de vida más individualistas, o la falta de valoración social del trabajo agrario pueden ser causas del reducido relevo generacional. En este sentido, Fischer y Burton (2014) apuntan a los factores endógenos del desarrollo de la explotación y a las relaciones familiares y falta de identidad del sucesor con la explotación. Además, la agricultura no se identifica como un sector de grandes oportunidades y elevado emprendimiento, sino más bien como un sector en donde la rentabilidad es muy dependiente de los niveles de subsidios agrarios (Alsos y Carter, 2011).

No obstante, el envejecimiento de los agricultores no es exclusivo de este sector (Hedge *et al.*, 2006; Leibold y Voelpel, 2007), sino que afecta de manera global a la fuerza laboral en Europa, hecho que responde a cambios sociales más amplios relacionados con el cambio demográfico. La tendencia decreciente de la participación de los trabajadores más jóvenes se explica por el hecho de que estos permanecen más tiempo en las etapas educativas, retrasando su ingreso en el mercado laboral, al tiempo que el aumento de la esperanza de vida retrasa la jubilación de los trabajadores en activo.

Existe escasa evidencia empírica sobre el desempeño de las explotaciones agrarias de los jóvenes agricultores, análisis que se considera necesario para apoyar la toma de decisiones en política agraria centralizada en este grupo de agricultores. La presente investigación pretende, por tanto, contribuir a la necesidad de investigación específica sobre la situación de los jóvenes agricultores que permita dar validez a las medidas políticas de apoyo a la instalación y desarrollo de explotaciones de jóvenes agricultores. Así, el objetivo de este artículo es analizar las características estructurales, productivas y económico-financieras de las explotaciones agrarias en Andalucía con el objetivo de contrastar las diferencias en función de la edad de sus titulares. Para ello, y tomando los datos de la Red Contable Agraria Nacional (RECAN) para Andalucía, se analizarán, en primer lugar, las diferencias entre los tres grupos de agricultores según edad (jóvenes, de mediana edad y mayores) en función de una serie de características o variables relacionadas con la estructura de la explotación, la producción y productividad, además de una serie de variables económico-financieras. Posteriormente, empleando un análisis de componentes principales, se extraerán aquellas variables que sean más significativas en la muestra al objeto de sintetizar toda la información disponible. En tercer lugar, se realizará un análisis de regresión para conocer cuáles son las variables estructurales, productivas y financieras (de las obtenidas en el análisis de componentes principales) que influyen en la variable dependiente edad del titular de la explotación agraria.

### *El problema del envejecimiento de la población agraria*

La escasez de jóvenes en el campo, situación que se ha identificado como *"the young farmer problem"* (Zagata y Sutherland, 2015; May *et al.*, 2019) puede amenazar la competitividad de la agricultura europea en las pró-

ximas décadas. Se asume que un rejuvenecimiento de los agricultores podría contribuir al desarrollo económico rural mejorando la rentabilidad y la innovación en este sector y, con este objetivo, la PAC concede ayudas para favorecer las iniciativas emprendedoras de los jóvenes en el sector primario agrario. Las ayudas destinadas al rejuvenecimiento de los titulares de explotaciones agrarias se contemplan en la reglamentación europea desde 1985 con el objetivo de contribuir a la mejora de la eficacia de las explotaciones agrarias (CE, 1985). Sin embargo, no es hasta la reforma de la PAC de 2013 cuando las medidas de apoyo a la instalación de jóvenes agricultores cobran verdadera importancia. Los Planes de Desarrollo Rural (2014-2020) contemplan la subvención de planes empresariales de jóvenes que se instalen como titulares de explotación y cumplan determinados requisitos (agricultor activo, cualificación profesional, viabilidad del proyecto, generación de empleo), estando generalmente el importe de la ayuda modulado para impulsar medidas específicas (agricultura ecológica o iniciativas innovadoras o de ahorro de agua y energía) o la instalación de titulares mujeres o en zonas más desfavorecidas o con limitaciones ambientales. Este instrumento de ayuda se está demostrando útil para incentivar el relevo generacional (Zagata *et al.*, 2017), aunque con escasas consecuencias a largo plazo en la explotación (Carbone y Subioli, 2008), y una mejora frente al anterior sistema de apoyo dirigido a estimular la jubilación, medida que estuvo vigente desde 1992 y que tuvo un menor impacto (Paniagua-Mazorra, 2000; Davis *et al.*, 2009; Davis *et al.*, 2013). Además, los jóvenes agricultores pueden percibir un pago complementario[1] del primer pilar de la PAC a percibir sobre un máximo de 90 derechos de pago básico activados y durante 5 años. Sin embargo, recientemente, se ha cuestionado la lógica de estas últimas ayudas ya que no se basan en una evaluación de necesidades rigurosa y su finalidad no refleja el objetivo global de fomentar el relevo generacional (Tribunal de Cuentas Europeo, 2017).

La mayor eficacia de las ayudas a la instalación de jóvenes frente a las ayudas a la jubilación se derivan de las diferencias en los objetivos del ciclo de vida relacionados con la edad, ya que los jóvenes tienen un horizonte de planificación más prolongado, por lo que son más tendentes a realizar inversiones en mejoras productivas o de comercialización (Davis *et al.*, 2013). En general, los jóvenes agricultores son más innovadores, emprendedores y muestran mayor disponibilidad al cambio, lo que puede conferir a sus negocios una mayor competitividad y viabilidad económica (Potter y Lobley, 1996; Lobley *et al.*, 2016). Algunos trabajos empíricos analizan esta cuestión. Así, Tauer (2017) observa en EE.UU. disminuciones de productividad a partir de los 44 años de edad de los titulares de explotaciones agrarias. En Europa, Hamilton *et al.* (2015), Zagata y Sutherland (2015) y Brennan *et al.* (2016) obtienen productividades y niveles de logro económico mayores para los grupos de edad más jóvenes. En cambio, Katchova (2010) no encuentra diferencias por edad en los ratios de rentabilidad, sugiriendo que los mayores niveles de endeudamiento por inversiones ligadas al ciclo vital del negocio pueden estar limitando los resultados económicos de los agricultores más jóvenes.

El apoyo a la entrada de nuevos agricultores jóvenes podría mejorar tanto la adopción de tecnología como de conocimiento al objeto de mejorar la eficiencia de las explotaciones agrarias, así como sus resultados y desempeño económico-financiero y medioambiental (Duesberg *et al.*, 2017).

1. A partir de 2018 igual al 50% del pago básico medio del joven (con anterioridad a 2018 era del 25%).

## Material y métodos

### *Información estadística de la Red Contable Agraria Nacional (RECAN)*

Los datos utilizados en este trabajo provienen de la encuesta de la Red Contable Agraria Nacional (RECAN) del año 2015 para Andalucía a nivel de explotación (microdatos). Esta encuesta es realizada anualmente por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, estando regulada en el Reglamento (CE) 1217/2009 del Consejo, de 30 de noviembre de 2009, por lo que supone los mismos principios contables en todos los países. Se trata de la única fuente de microdatos completa en España y armonizada con el resto de los países de la UE. Su objetivo fundamental es mostrar información sobre la estructura técnico-productiva de las explotaciones agrarias y sobre el desempeño económico-financiero de las mismas. En esta encuesta, por tanto, se recoge información sobre un amplio abanico de variables estructurales, productivas, financieras, sobre subvenciones, consumos intermedios, mano de obra, etc. El ámbito geográfico de la encuesta es por comunidad autónoma. Las explotaciones que forman parte de la encuesta se eligen en base a un plan de selección de forma que, para asegurar la representatividad y fiabilidad de la muestra de explotaciones por comunidad autónoma, se realiza un muestreo por cuotas estratificado, revisado y actualizado anualmente (MAPAMA, 2018).

La muestra de explotaciones agrarias correspondiente a la Comunidad Autónoma de Andalucía está constituida por 1.500 explotaciones para el año 2015. Esta es, por tanto, la muestra que se utiliza en este trabajo para llevar a cabo los objetivos planteados en la Introducción. Asimismo, las explotaciones de la muestra se han clasificado en 3 grupos de edad: jóvenes (no más de 40 años); de mediana edad (41-64 años); y mayores (65 o más años). En este sentido, es necesario apuntar que se ha considerado al grupo de edad de jóvenes agricultores como aquellos de no más de 40 años, porque este es el parámetro que utiliza la PAC para determinar la inclusión de un agricultor en el grupo de jóvenes agricultores.

### *Métodos empleados en el análisis*

En primer lugar, la muestra de agricultores se ha sometido a contrates de hipótesis para valorar la significatividad de las diferencias entre grupos de edad. Se ha utilizado el test no paramétrico de Jonckheere Terpstra para variables cuantitativas y el test Chi cuadrado para variables categóricas. La edad asignada a cada explotación es la correspondiente a la del jefe de explotación, sea titular o no de la explotación. En las explotaciones con más de un jefe, se ha tomado la edad del más joven.

En segundo lugar, se ha realizado un análisis de componentes principales (ACP) al objeto de sintetizar la información relativa a las variables de estudio. Este análisis estadístico reduce el número de variables (con elevada correlación entre ellas) que caracterizan una muestra a un conjunto menor de variables independientes o no correlacionadas entre sí, las componentes principales o factores, que son combinaciones lineales de las variables originarias y que recogen la mayor parte de la información y variabilidad de los datos.

Posteriormente, para determinar las características más importantes de las explotaciones ligadas a la variable edad, se ha procedido a la estimación de una regresión lineal, donde la variable dependiente es la edad del titular y las variables explicativas proceden de la transformación de las características mediante el mencionado análisis de componentes principales. Las coordenadas de proyección de los datos (explotaciones) son utilizadas para estimar el modelo de regresión. La metodología indicada se ha aplicado por separado a las explotaciones con pro-

ducción vegetal y a las explotaciones ganaderas a fin de identificar las variables más relacionadas con la edad, ya que los datos utilizados (provenientes de la RECAN) son de tipo económico-financiero y estos están, en gran medida, determinados por la orientación productiva, con claras diferencias entre orientaciones agrícolas y ganaderas.

## Resultados

### *Diferencias estructurales entre los agricultores según grupos de edad*

En primer lugar, en relación con las características socio-demográficas de los agricultores andaluces, se observa en la Tabla 2 que existen diferencias significativas entre los tres grupos de agricultores en función de la formación, así como según el porcentaje de mano de obra familiar empleada en la explotación (sobre el total de empleados). Son los jóvenes agricultores quienes presentan tasas más elevadas de formación agrícola superior (8,8%), en comparación con los agricultores de mediana edad (4,9%) y con los de mayor edad (4,2%). Asimismo, en comparación con los mayores de 65 años (65,4%), los jóvenes emplean más mano de obra familiar en sus explotaciones (74,0%), cifra muy parecida al grupo de mediana edad.

Atendiendo a las características estructurales y productivas, se observan en la Tabla 3 diferencias significativas existentes en variables tales como la superficie agraria útil (SAU), la producción total y la productividad. En relación con la primera, si bien los mayores de 65 años son quienes poseen explotaciones más grandes (71,2 ha), el tamaño medio de las ex-

Tabla 2. Características socio-demográficas de las explotaciones según grupos de edad del titular-jefe.
*Table 2. Socio-demographic characteristics of farms according to owner age groups.*

| Variables | Total agricultores | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jóvenes | Mediana edad | Mayores de 65 años | Total | Coef. | p-valor |
| Nº de explotaciones | 113 | 1.009 | 381 | 1.503 | | |
| Nº de explotaciones (%) | 7,5 | 67,1 | 25,4 | 100 | | |
| Género (%) | | | | | | |
| Hombre | 85,0 | 90,3 | 91,3 | 90,2 | 4,067 | 0,131 |
| Mujer | 15,0 | 9,7 | 8,7 | 9,8 | | |
| Formación agrícola (%) | | | | | | |
| Práctica | 77,0 | 81,5 | 85,8 | 82,2 | 8,07 | 0,089* |
| Elemental | 14,2 | 13,7 | 10,0 | 12,8 | | |
| Superior | 8,8 | 4,9 | 4,2 | 5,0 | | |
| Mano de obra familiar sobre total UTAs(1) (%) | 74,0 | 75,1 | 65,4 | 72,6 | -4,62 | 0,000*** |

(1) UTA: Unidades de Trabajo Anual.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de RECAN.

Tabla 3. Características estructurales y productivas de las explotaciones según grupos de edad del titular-jefe.
*Table 3. Structural and productive characteristics of farms according to owner age groups.*

| Variables | Total agricultores | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jóvenes | Mediana edad | Mayores de 65 años | Total | Coef. | p-valor |
| Superficie agraria útil (ha) | 62,6 | 55,6 | 71,2 | 60,1 | 4,16 | 0,000*** |
| Producción total (euros) | 167.196 | 108.035 | 104.277 | 111.528 | -1,83 | 0,067* |
| Produc. de cereales, oleag. y prot. (%) | 9,0 | 14,2 | 22,6 | 15,9 | 5,15 | 0,000*** |
| Produc. de hortalizas y flores (%) | 26,9 | 16,8 | 5,6 | 14,7 | -6,35 | 0,000*** |
| Produc. de frutas (%) | 8,6 | 6,6 | 5,5 | 6,4 | -2,03 | 0,042** |
| Produc. de cítricos (%) | 0,5 | 2,0 | 4,3 | 2,5 | 2,40 | 0,016** |
| Produc. de aceitunas y aceite oliva (%) | 13,1 | 21,5 | 27,4 | 22,3 | 3,50 | 0,000*** |
| Produc. vacuno (%) | 1,7 | 2,0 | 3,4 | 2,4 | -0,358 | 0,722 |
| Produc. cerdo (%) | 1,9 | 3,0 | 3,5 | 3,1 | 1,343 | 0,179 |
| Produc. ovino y caprino (%) | 8,2 | 6,1 | 4,1 | 5,8 | -2,161 | 0,031** |
| Produc. de leche (%) | 15,5 | 9,4 | 7,4 | 9,4 | -2,693 | 0,007** |
| Producción vegetal por ha de SAU(1) (euros/ha) | 20.325,0 | 9.146,3 | 3.620,5 | 8.605,4 | -2,52 | 0,012** |
| Producción animal por unidad de ganado (euros/UG) | 1.501,8 | 1.330,9 | 1.375,1 | 1.357,7 | -2,631 | 0,009*** |
| Producción/UTA(2) (euros/UTA) | 72.978,7 | 56.383,2 | 57.022,1 | 57.791,9 | -0,570 | 0,568 |
| Producción total/Consumos intermedios | 286,0 | 262,0 | 227,9 | 255,2 | -3,81 | 0,000*** |

(1) SAU: Superficie agraria útil; (2) UTA: Unidades de Trabajo Anual.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de RECAN.

Tabla 4. Características económico-financieras de las explotaciones según grupos de edad del titular-jefe.
*Table 4. Economic and financial characteristics of farms according to owner age groups.*

| Variables | Total agricultores | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jóvenes | Mediana edad | Mayores de 65 años | Total | Coef. | p-valor |
| Ingresos por subvenciones corrientes en relación a la producción total (%) | 26,3 | 62,2 | 41,9 | 41,9 | 5,05 | 0,000*** |
| Ingresos por subvenciones medioambientales (euros/ha) | 221,6 | 787,7 | 152,1 | 623,0 | -1,97 | 0,049*** |
| Rentabilidad económica (RN(1) + salarios pagados)/Activo (%) | 20,9 | 17,9 | 13,3 | 17 | -5,284 | 0,000*** |
| Rentabilidad del propio (RN + salarios pagados) /Fondos propios (%) | 20,6 | 19,2 | 13,4 | 17,8 | -5,348 | 0,000*** |
| Margen (RN + salarios pagados)/Producción (%) | 61,3 | 65,1 | 57 | 62,8 | 0,291 | 0,771 |
| Rotación del Activo (Producción/Activo) (%) | 37,4 | 28,0 | 21,6 | 27,1 | -6,63 | 0,000*** |
| Endeudamiento (Pasivo/Activo) (%) | 2,9 | 1,9 | 0,7 | 1,7 | -6,165 | 0,000*** |
| Liquidez (Activo corriente/Pasivo corriente) | 76.736 | 96.552 | 162.939 | 111.881 | 4,1 | 0,000*** |
| Coste financiero (RN + Intereses) /(RN + Intereses + Impuestos) (%) | 99,1 | 100,1 | 100,0 | 100,0 | 2,039 | 0,041** |

(1) RN: Renta neta.

Fuente: Elaboración propia a partir de la muestra de datos.

plotaciones de los jóvenes agricultores es mucho mayor (62,6 ha) que el correspondiente a los agricultores de mediana edad (55,6 ha).

Las variables relativas a la producción indican que los jóvenes agricultores optan, en mayor medida que los mayores, por aquellos sectores de mayor valor añadido: horticultura y producción de flores (26,9% frente a sólo el 5,6%) y producción de frutas (8,6% frente a 5,5%). Por lo que respecta a la producción ganadera, los jóvenes tienen más presencia en la producción de ovino y caprino (8,2% frente a 4,1%) y en leche (15,5% frente a 7,4%).

Merecen especial atención las variables correspondientes a la productividad: tanto en el caso de la "producción vegetal por hectárea de SAU" como en la "producción animal por unidad de ganado", los jóvenes agricultores consiguen mejores resultados en comparación con los agricultores de mediana edad y los mayores. Asimismo, la variable "producción total/consumos intermedios" refleja valores superiores en el caso de los jóvenes respecto de los restantes grupos de agricultores.

En relación con las características económico-financieras (Tabla 4), los agricultores jóvenes reciben, de media, un 26,3% de ingresos por subvenciones corrientes en relación a la producción total, un porcentaje muy inferior al correspondiente a los agricultores de mediana edad (62,2%) y a los mayores (41,9%). Sin embargo, los jóvenes agricultores reciben más subvenciones medioambientales por hectárea (221,6 euros) que los agricultores mayores (152,1 euros).

Por otro lado, los jóvenes agricultores gozan de mejores valores de rentabilidad, tanto económica, como del capital propio, con respecto a los restantes grupos, lo cual está relacionado con las mejores cifras de productividad alcanzadas en este grupo. Otras características significativas de los jóvenes agricultores indican que estos se encuentran más endeudados (por la necesidad de acceder a la tierra mediante deuda, principalmente bancaria) y muestran peores datos de liquidez.

### *Análisis de componentes principales (ACP)*

En primer lugar, se comprueba la adecuación de los datos a la técnica de ACP a partir del estadístico KMO o *Kaiser-Mayer-Olkin*, igual a 0,495 (Tabla 5) en el análisis de explotaciones vegetales y 0,556 (Tabla 6) en el análisis ganadero, rozando el valor crítico de 0,5 en el primer caso y por encima de este en el caso de la muestra ganadera (valores entre 0,5 y 1 indican que es apropiado aplicar esta técnica).

La prueba de esfericidad de Barlett (Tablas 5 y 6) se utiliza para aceptar o rechazar la hipótesis nula que afirma que no existe correlación entre las variables de una muestra, comprobando si la matriz de correlaciones es una matriz identidad. Los resultados de este estadístico para el caso de la muestra analizada permiten rechazar la hipótesis nula y confirman que el determinante de la matriz de correlaciones es distinto de la unidad ($\chi^2$ = 18.780,2; p = 0,000 en el análisis agrícola y $\chi^2$ = 6.786; p = 0,000 en el ganadero).

En el análisis de la muestra de explotaciones vegetales, el número de componentes con autovalores mayores a la unidad es 11, que explican el 72,6% de la varianza de los datos. En la muestra de ganaderos, son 9 factores con el 70% de la varianza explicada. Las Tablas 7 y 8 recogen los componentes principales de ambos análisis.

La interpretación que puede hacerse de los factores que arroja el análisis ACP en las explotaciones vegetales es la siguiente: 1) El eje 1 explica el 15% de la varianza total y representa las explotaciones de orientación hortícola intensivas en términos de productividad de la tierra y rotación del activo, con costes elevados de abono, agua y otros costes generales por hectárea, presentando elevadas

Tabla 5. Prueba KMO y Barlett para la muestra de agricultores.
*Table 5. KMO and Barlett tests of the sample of farmers.*

| | |
|---|---|
| Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin | 0,495 |
| Prueba de esfericidad de Barlett | |
| Chi-cuadrado aproximado | 18.780,201 |
| Grados de libertad | 435 |
| Sig. | 0,000 |

Fuente: Elaboración propia a partir de la muestra de datos.

Tabla 6. Prueba KMO y Barlett para la muestra de ganaderos.
*Table 6. KMO and Barlett tests of the sample of cattle farms.*

| | |
|---|---|
| Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin | 0,556 |
| Prueba de esfericidad de Barlett | |
| Chi-cuadrado aproximado | 6.785,999 |
| Grados de libertad | 325 |
| Sig. | 0,000 |

Fuente: Elaboración propia a partir de la muestra de datos.

rentabilidades del activo y del capital propio. Las coordenadas de todas estas variables en este eje 1 son positivas y mayores a 0,5; 2) Las variables que definen el eje 2 (12,1% de la varianza) son la proporción de costes de labores contratadas, la proporción de trabajo familiar (en sentido negativo), la productividad de la mano de obra, la rentabilidad por unidad de trabajo, y las rentabilidades económica y financiera. También tiene peso en este eje la variable valor de producción por euro de costes totales. Por tanto, este eje 2 representa a aquellas explotaciones que obtienen elevadas rentabilidades con estrategias de externalización. La rentabilidad del activo y, en menor medida, del capital propio, están también relacionadas positivamente con este eje; 3) El eje 3 (9,4% de la varianza) representa las explotaciones de mayor dimensión, en superficie, trabajo y producción, que presentan, por tanto, menor proporción de mano de obra familiar. La liquidez financiera está también asociada a este eje; 4) El eje 4 (6,8% de la varianza) está asociado, en sentido negativo, a las explotaciones de olivar; 5) El eje 5 enfrenta a las explotaciones en función de la importancia del arrendamiento; 6) El eje 6 está asociado a las ayudas a la producción ecológica y otros programas medioambientales; 7) El eje 7 representa las explotaciones especializadas en cereales y en otros cultivos extensivos; 8) El eje 8 se asocia en sentido negativo a las explotaciones especializadas en la producción de frutas no cítricas; 9) Las variables con peso en el eje 9 son la producción de cítricos y el coste financiero, por lo que este eje representa las explotaciones citrícolas fuertemente endeudadas; 10) El eje 10 representa la importancia de ayudas al desarrollo rural dis-

Tabla 7. Matriz de componentes para la muestra de explotaciones vegetales[1].
*Table 7. Components matrix of the sample of farms.*

| | Componentes o factores | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Variables | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Mano de obra UTAs[1] | 0,456 | -0,122 | **0,634** | -0,083 | -0,018 | 0,251 | -0,156 | 0,301 | -0,015 | -0,069 | -0,141 |
| UTAs familiares (%) | -0,403 | 0,125 | **-0,553** | 0,291 | 0,033 | 0,037 | 0,042 | 0,269 | -0,043 | -0,007 | -0,149 |
| Superficie Agraria Útil (SAU) (ha) | 0,013 | 0,250 | **0,702** | 0,046 | 0,066 | 0,185 | 0,160 | -0,017 | -0,034 | -0,104 | -0,142 |
| Superficie arrendada (%) | 0,106 | 0,048 | 0,147 | 0,205 | **0,594** | -0,311 | 0,132 | 0,105 | 0,082 | 0,146 | 0,213 |
| Producción total (euros) | **0,540** | 0,033 | **0,691** | 0,058 | -0,071 | 0,219 | -0,139 | 0,183 | 0,016 | -0,043 | -0,111 |
| Producción de cereales, oleaginosas y proteaginosas (%) | -0,326 | 0,041 | 0,255 | 0,458 | 0,108 | -0,034 | **0,519** | -0,249 | -0,256 | -0,025 | 0,049 |
| Producción de cultivos industriales extensivos (%) | -0,331 | -0,009 | -0,119 | 0,487 | 0,247 | 0,167 | **-0,595** | 0,208 | 0,128 | -0,017 | -0,109 |
| Producción de hortalizas y flores (%) | **0,679** | -0,412 | -0,243 | 0,122 | -0,040 | -0,004 | 0,003 | 0,045 | -0,144 | 0,024 | 0,033 |
| Producción de frutas (%) | 0,024 | 0,414 | -0,132 | 0,025 | -0,366 | 0,035 | 0,291 | **0,525** | 0,122 | 0,006 | -0,114 |
| Producción de cítricos (%) | 0,010 | -0,117 | 0,173 | -0,077 | 0,013 | -0,316 | 0,084 | 0,184 | **0,602** | 0,166 | 0,229 |
| Producción de vino y uvas (%) | -0,049 | -0,053 | -0,031 | -0,134 | -0,059 | -0,155 | -0,041 | 0,175 | 0,050 | **-0,561** | 0,498 |
| Producción de aceitunas y aceite (%) | -0,131 | 0,141 | 0,109 | **-0,779** | -0,001 | 0,046 | -0,184 | -0,397 | -0,068 | 0,076 | -0,138 |
| Producción por hectárea de SAU (euros/ha) | **0,740** | -0,379 | -0,217 | 0,161 | -0,154 | 0,158 | -0,001 | -0,054 | -0,067 | 0,036 | 0,059 |
| Producción por UTA (euros/UTA) | 0,267 | **0,576** | 0,135 | 0,485 | -0,205 | -0,170 | -0,035 | -0,292 | 0,048 | 0,116 | 0,139 |
| Subvenciones corrientes totales (% de la producción) | -0,470 | 0,078 | -0,053 | 0,253 | 0,386 | 0,508 | -0,097 | -0,021 | 0,028 | -0,015 | 0,034 |
| Subvenciones medioambientales (% de la producción) | -0,120 | 0,130 | -0,097 | -0,130 | 0,140 | **0,676** | 0,118 | -0,073 | 0,176 | 0,098 | 0,348 |
| Subvenciones a Zonas Desfavorecidas (% de la producción) | -0,147 | 0,069 | -0,048 | -0,115 | -0,005 | 0,407 | 0,466 | 0,114 | -0,088 | -0,245 | 0,061 |
| Otras subvenciones al Desarrollo Rural (% de la producción) | -0,086 | 0,052 | -0,079 | -0,128 | 0,013 | 0,162 | 0,180 | 0,195 | -0,014 | **0,667** | -0,034 |

[1] UTA: Unidades de Trabajo Anual; [2] RN: Renta Neta. Se señalan en negrita los valores superiores a 0,5.

Fuente: Elaboración propia a partir de la muestra de datos.

Tabla 7. Matriz de componentes para la muestra de explotaciones vegetales[1] (continuación).
*Table 7. Components matrix of the sample of farms (continuation).*

| | Componentes o factores | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Variables | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Costes en abonos (euros/ha) | **0,613** | -0,469 | -0,175 | 0,182 | -0,126 | 0,172 | 0,009 | -0,071 | -0,026 | 0,034 | 0,047 |
| Costes en trabajos por terceros (% de los costes específicos) | -0,072 | **0,531** | -0,054 | 0,320 | -0,118 | -0,005 | -0,095 | -0,021 | -0,121 | -0,160 | -0,212 |
| Costes de agua, seguros y otros costes generales (euros/ha) | **0,620** | -0,492 | -0,226 | 0,227 | -0,119 | 0,155 | 0,027 | -0,083 | 0,012 | 0,053 | 0,076 |
| Producción/Costes totales | 0,319 | **0,649** | -0,258 | -0,122 | -0,406 | -0,032 | 0,084 | 0,115 | 0,000 | 0,001 | -0,082 |
| (RN[2] + Salarios)/UTA (euros/UTA) | 0,197 | **0,744** | 0,008 | 0,323 | -0,243 | 0,055 | -0,133 | -0,263 | 0,094 | 0,079 | 0,184 |
| Margen (RN + Salarios)/Producción (%) | 0,023 | 0,373 | -0,098 | -0,154 | -0,222 | 0,293 | -0,198 | -0,052 | 0,171 | 0,030 | 0,287 |
| Rotación del Activo | | | | | | | | | | | |
| (Producción/Activo) (%) | **0,679** | 0,348 | -0,114 | -0,114 | 0,484 | -0,153 | 0,042 | 0,091 | -0,096 | -0,019 | -0,027 |
| Rentabilidad económica | | | | | | | | | | | |
| (RN + Salarios)/ Activo (%) | **0,604** | **0,606** | -0,152 | -0,161 | 0,371 | 0,011 | -0,010 | 0,052 | -0,053 | -0,028 | 0,010 |
| Rentabilidad del propio | | | | | | | | | | | |
| (RN + Salarios)/ Fondos propios (%) | **0,608** | **0,516** | -0,196 | -0,139 | 0,386 | 0,036 | 0,025 | 0,002 | -0,008 | -0,069 | -0,033 |
| Liquidez (Activo corriente/Pasivo corriente) | 0,140 | -0,045 | **0,718** | 0,198 | -0,051 | -0,004 | 0,065 | -0,007 | 0,077 | 0,080 | 0,093 |
| Endeudamiento (Pasivo/Activo) (%) | 0,367 | -0,187 | -0,255 | 0,067 | 0,152 | 0,132 | 0,173 | -0,213 | 0,288 | -0,155 | -0,211 |
| Coste financiero (RN + Intereses)/ (RN + Intereses + Impuestos) (%) | -0,052 | 0,045 | 0,078 | -0,059 | -0,036 | -0,030 | -0,186 | 0,233 | **-0,643** | 0,176 | 0,400 |
| Autovalores | 4,512 | 3,633 | 2,806 | 2,039 | 1,676 | 1,548 | 1,259 | 1,165 | 1,111 | 1,021 | 1,01 |
| % varianza explicada | 15,038 | 12,111 | 9,353 | 6,798 | 5,585 | 5,16 | 4,195 | 3,883 | 3,705 | 3,404 | 3,366 |
| % acumulado | 15,038 | 27,15 | 36,503 | 43,301 | 48,886 | 54,046 | 58,242 | 62,124 | 65,829 | 69,233 | 72,599 |

[1] UTA: Unidades de Trabajo Anual; [2] RN: Renta Neta. Se señalan en negrita los valores superiores a 0,5.

Fuente: Elaboración propia a partir de la muestra de datos.

Tabla 8. Matriz de componentes para la muestra de explotaciones ganaderas[1].
*Table 8. Components matrix of the sample of cattle farms.*

| | Componentes o factores | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Variables | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Mano de obra (Unidades de trabajo anual) | 0,359 | -0,432 | 0,356 | -0,299 | -0,017 | 0,114 | 0,411 | 0,030 | -0,070 |
| Unidades de trabajo anual familiares (%) | -0,046 | 0,406 | **-0,626** | -0,094 | -0,002 | 0,144 | -0,278 | 0,009 | 0,177 |
| Unidades de Ganado (UGs) | 0,353 | -0,383 | 0,467 | -0,298 | 0,318 | 0,053 | -0,154 | 0,072 | 0,103 |
| Producción total (euros) | **0,680** | -0,472 | 0,294 | -0,137 | 0,104 | 0,225 | 0,018 | 0,051 | 0,056 |
| Producción animal por unidad de ganado (euros/UG) | 0,485 | -0,204 | -0,357 | **0,529** | -0,120 | 0,140 | 0,148 | -0,098 | 0,045 |
| Producción de carne de bovino (%) | -0,144 | -0,230 | 0,321 | 0,051 | -0,488 | -0,436 | 0,085 | 0,328 | 0,037 |
| Producción de carne de cerdo (%) | -0,070 | -0,241 | 0,210 | -0,047 | 0,411 | -0,269 | -0,441 | -0,218 | 0,118 |
| Producción de carne de oveja y de cabra (%) | -0,435 | 0,248 | 0,096 | 0,038 | 0,254 | 0,471 | 0,088 | 0,049 | -0,106 |
| Producción de carne de pollo (%) | 0,235 | -0,360 | -0,147 | **0,677** | -0,068 | 0,272 | -0,075 | -0,183 | -0,037 |
| Producción de leche de vaca (%) | 0,387 | -0,193 | -0,385 | -0,426 | **-0,514** | 0,163 | -0,123 | 0,121 | 0,107 |
| Producción de leche de oveja y de cabra (%) | 0,158 | 0,216 | -0,136 | 0,274 | 0,319 | -0,270 | **0,591** | 0,003 | 0,119 |
| Producción por unidad de trabajo anual (euros/UTA) | **0,715** | -0,365 | -0,066 | 0,204 | -0,064 | 0,189 | -0,211 | 0,044 | 0,050 |
| Producción/Costes totales | 0,433 | **0,545** | -0,033 | 0,124 | 0,335 | -0,277 | -0,193 | 0,132 | -0,135 |
| Subvenciones corrientes totales (% de la producción) | -0,336 | 0,299 | **0,520** | 0,170 | -0,444 | 0,212 | -0,062 | -0,018 | 0,225 |
| Subvenciones medioambientales (% de la producción) | -0,049 | 0,312 | 0,308 | 0,065 | -0,149 | 0,272 | -0,129 | -0,395 | -0,069 |
| Subvenciones a Zonas Desfavorecidas (% de la producción) | -0,326 | 0,220 | 0,103 | 0,162 | 0,218 | 0,434 | 0,098 | 0,301 | 0,050 |
| Otras subvenciones al Desarrollo Rural (% de la producción) | 0,048 | 0,111 | 0,010 | 0,075 | 0,005 | -0,049 | 0,362 | -0,065 | **0,660** |

[1] Se señalan en negrita los valores superiores a 0,5.

Fuente: Elaboración propia a partir de la muestra de datos.

Tabla 8. Matriz de componentes para la muestra de explotaciones ganaderas[1] (continuación).
*Table 8. Components matrix of the sample of cattle farms (continuation).*

| | Componentes o factores | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Variables | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Reempleos/Producción animal (%) | -0,183 | -0,003 | 0,165 | 0,027 | -0,173 | 0,033 | 0,246 | -0,210 | **-0,560** |
| (Renta Neta + Salarios)/Unidades de trabajo anual | **0,691** | 0,234 | 0,249 | 0,189 | 0,022 | -0,053 | -0,190 | 0,170 | 0,009 |
| Margen (Renta Neta + Salarios)/Producción (%) | 0,117 | **0,628** | 0,496 | 0,225 | -0,197 | 0,031 | -0,165 | 0,048 | 0,167 |
| Rotación del Activo (Producción/ Activo) (%) | **0,821** | 0,093 | -0,180 | -0,216 | -0,103 | 0,057 | 0,089 | -0,024 | -0,082 |
| Rentabilidad económica (Renta Neta + Salarios)/Activo (%) | **0,709** | **0,621** | 0,097 | -0,033 | -0,034 | -0,031 | 0,088 | -0,006 | -0,118 |
| Rentabilidad del propio (Renta Neta + Salarios)/Fondos propios (%) | **0,714** | **0,612** | 0,108 | -0,059 | -0,015 | -0,006 | 0,104 | -0,031 | -0,104 |
| Liquidez (Activo corriente/ Pasivo corriente) | 0,137 | **-0,513** | 0,204 | **0,554** | 0,091 | -0,086 | -0,060 | 0,040 | -0,026 |
| Endeudamiento (Pasivo/ Activo) (%) | 0,127 | 0,003 | 0,099 | -0,337 | 0,221 | 0,320 | 0,133 | -0,283 | 0,182 |
| Coste financiero (Renta Neta + Intereses)/ (Renta Neta + Intereses + Impuestos) (%) | -0,107 | -0,003 | -0,056 | 0,050 | 0,149 | 0,305 | 0,000 | **0,660** | -0,101 |
| Autovalores | 4,578 | 3,306 | 2,12 | 1,89 | 1,512 | 1,397 | 1,286 | 1,089 | 1,037 |
| % varianza explicada | 17,607 | 12,717 | 8,154 | 7,267 | 5,816 | 5,375 | 4,948 | 4,188 | 3,989 |
| % acumulado | 17,607 | 30,324 | 38,478 | 45,746 | 51,562 | 56,937 | 61,885 | 66,073 | 70,062 |

[1] Se señalan en negrita los valores superiores a 0,5.

Fuente: Elaboración propia a partir de la muestra de datos.

tintas de las medioambientales y de las asociadas a zonas desfavorecidas. En Andalucía, estas ayudas están enmarcadas en la Medida 4 de "Desarrollo de explotaciones agrícolas y empresariales" del PDR de Andalucía 2014-2020. Las explotaciones vitivinícolas no pueden acceder a esta financiación ya que cuentan con un programa propio nacional que transfiere fondos a través del Fondo Europeo de Garantía Agraria (FEGA). Esto explica que la variable producción de viñedo tenga un coeficiente negativo y significativo en este eje; y 11) El eje 11, último con autovalor mayor a la unidad, no tiene ninguna variable con coeficiente mayor a 0,5, por lo que no se puede deducir una interpretación clara.

En relación con las explotaciones ganaderas, la interpretación de los componentes que arroja el análisis ACP es la siguiente: 1) En el eje 1 (17,6% de la varianza) tienen peso las variables de rentabilidad (económica, financiera y por unidad de trabajo empleada), así como la rotación y el volumen de producción. Se deduce, por tanto, que este eje representa a las explotaciones ganaderas rentables por elevada rotación de sus activos; 2) El eje 2 (12,7% de la varianza) está asociado también a las variables de rentabilidad económica y financiera, y a la variable margen sobre la producción, a la producción/costes y a la menor liquidez financiera (signo negativo en el eje). Este eje muestra, pues, las explotaciones rentables por los menores costes de producción; 3) El eje 3 (8,2% de la varianza) representa las explotaciones de carácter más empresarial, con reducido peso del trabajo familiar (coeficiente negativo de esta variable) y con importante peso de las subvenciones corrientes en los ingresos de explotación; 4) El eje 4 muestra las explotaciones dedicadas a la producción de carne de pollo, con elevada productividad por unidad ganadera (UG) y elevada liquidez financiera; 5) El eje 5 está asociado a la producción lechera, en sentido negativo; 6) El eje 6 no tiene un significado claro ya que ninguna variable tiene pesos mayores a 0,5 en valor absoluto; 7) El eje 7 está asociado a la producción de leche de ovino y caprino; 8) El eje 8 representa la importancia de los costes financieros (en sentido negativo); 9) Por último, el eje 9 está asociado a otras subvenciones al desarrollo rural y a la menor importancia de los reempleos en la explotación.

### *Resultados de regresión*

En el modelo de regresión se ha seguido la regla de Kaiser (1958), manteniendo los factores con autovalores mayores a la unidad (once en el caso de la muestra de explotaciones vegetales y nueve en la muestra de ganaderas). Los análisis de regresión de la variable "Edad del titular de la explotación" sobre los componentes principales arrojan los resultados presentados en la Tabla 9.

El modelo correspondiente a las explotaciones con producciones vegetales indica que la edad está relacionada negativamente con el primer factor. Por tanto, los titulares jóvenes están más presentes en explotaciones hortícolas intensivas de mayor rentabilidad. La edad está también relacionada positivamente con el tercer factor, indicando que los titulares de mayor edad mantienen explotaciones de mayor dimensión y de carácter menos familiar. El coeficiente negativo del eje 4 es también estadísticamente significativo, indicando la menor presencia de los jóvenes en explotaciones olivareras. De igual modo, los ejes 6 y 8 también presentan coeficientes negativos estadísticamente significativos. Los jóvenes se benefician en mayor medida de ayudas a la producción ecológica y otros programas medioambientales (Factor 6) y están más presentes en explotaciones especializadas en la producción de frutas (Factor 8).

En cuanto al modelo ganadero, el primer componente resulta significativo con un coeficiente negativo. Por tanto, los jóvenes están más asociados a explotaciones ganaderas

Tabla 9. Modelos de regresión. Variable dependiente: Edad del titular-jefe de explotación.
*Table 9. Regression models. Dependent variable: Age of the farm owner.*

| Modelo explotaciones vegetales | | | | Modelo Explotaciones ganaderas | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Coeficiente | t | Sig. | | Coeficiente | t | Sig. |
| Constante | 57,761 | 175,703 | 0,000 | Constante | 56,761 | 101,256 | 0,000 |
| Factor 1 | -2,960 | -9,000 | 0,000 | Factor 1 | -1,339 | -2,386 | 0,018 |
| Factor 2 | 0,468 | 1,424 | 0,155 | Factor 2 | -0,959 | -1,708 | 0,088 |
| Factor 3 | 2,018 | 6,136 | 0,000 | Factor 3 | 0,605 | 1,078 | 0,282 |
| Factor 4 | -0,678 | -2,061 | 0,040 | Factor 4 | 1,210 | 2,156 | 0,032 |
| Factor 5 | -0,191 | -0,582 | 0,561 | Factor 5 | -0,687 | -1,224 | 0,222 |
| Factor 6 | -0,811 | -2,467 | 0,014 | Factor 6 | -1,309 | -2,332 | 0,020 |
| Factor 7 | -0,091 | -0,275 | 0,783 | Factor 7 | -0,832 | -1,482 | 0,139 |
| Factor 8 | -1,087 | -3,304 | 0,001 | Factor 8 | -0,360 | -0,642 | 0,521 |
| Factor 9 | 0,154 | 0,467 | 0,641 | Factor 9 | -1,078 | -1,921 | 0,055 |
| Factor 10 | -0,406 | -1,235 | 0,217 | | | | |
| Factor 11 | -0,004 | -0,012 | 0,990 | | | | |
| Nº explotaciones: 1093 | | | | Nº explotaciones: 406 | | | |
| Anova: F = 13,099; p = 0,000 | | | | Anova: F = 3,073; p = 0,001 | | | |
| R = 0,343; $R^2$ = 0,118 | | | | R = 0,255; $R^2$ = 0,065 | | | |

Fuente: Elaboración propia a partir de la muestra de datos.

de elevada producción y rentabilidad. El coeficiente positivo del eje 4 es también significativo, indicando en este caso la menor presencia de jóvenes en explotaciones que producen carne de pollo. Por último, el eje 6 es también significativo, aunque como se ha indicado anteriormente, es difícil interpretar este resultado.

## Discusión

Se puede afirmar que los resultados obtenidos son coherentes con trabajos previos. La actividad de producción agraria realizada por jóvenes agricultores refleja niveles superiores de rentabilidad que la llevada a cabo por agricultores de mayor edad, tal y como han demostrado autores como Hamilton *et al.* (2015). La mayor presencia de jóvenes en cultivos de hortalizas ha sido observada, asimismo, por Alberdi (2005) para el caso del País Vasco. Igualmente, otros autores, como es el caso de Potočnik Slavič (2016), han constatado otras estrategias de valorización de la producción, como producción ecológica, que pueden explicar los mejores resultados económicos.

Cabe deducir de los resultados de este trabajo que la instalación de jóvenes en la agricultura se produce con más probabilidad si la

explotación a gestionar tiene un tamaño económico suficiente, lo que es más fácilmente alcanzable con orientaciones económicas intensivas de invernaderos y hortofrutícolas que requieren menor superficie agraria.

El acceso a la tierra es una de las principales barreras a las que deben hacer frente los jóvenes agricultores, debido a la escasez o baja disponibilidad del recurso y a su precio (unido, asimismo, a la dificultad de acceso a la financiación). Actualmente, muchos agricultores que se jubilan continúan su actividad, para poder complementar las bajas pensiones agrarias, lo que dificulta la transferencia de tierras entre titulares, obstaculizando la puesta en marcha de iniciativas empresariales por parte de jóvenes agricultores. La equiparación de las pensiones agrarias al resto de colectivos o la propia regulación de la incompatibilidad de la pensión de jubilación con el desarrollo de la actividad agraria podrían mejorar el relevo generacional. De hecho, en Alemania, por ejemplo, el régimen de seguridad social exige a los agricultores abandonar su explotación para poder recibir su pensión de jubilación, hecho que influye positivamente en el relevo generacional del sector.

En relación con el precio de la tierra, este se encuentra influenciado por el mercado de la tierra como activo, lo que explica la escasa correlación entre rentabilidad agraria y precio del factor tierra (Naredo y Abad, 2002). Las ayudas a la instalación contribuyen a fomentar el emprendimiento en el sector agrario, pero se requiere de mecanismos adicionales que faciliten el acceso a la tierra. La propia Comisión Europea ya señaló en 2010 que "las medidas para ayudar a los jóvenes agricultores establecidas en el marco del segundo pilar no son suficientes para detener el rápido envejecimiento de la población en el sector agrícola, debiendo ampliar los regímenes de ayuda del segundo pilar" (CE, 2010).

Por otro lado, los datos de la RECAN analizados en este trabajo no han evidenciado diferencias significativas en la importancia del arrendamiento por grupos de edad. Sin embargo, algunos trabajos han apuntado que, debido al elevado precio de la tierra, los jóvenes agricultores prefieren, por lo general, en mayor medida el arrendamiento debido a los elevados requerimientos de capital para la adquisición de la tierra y al elevado riesgo que implica la adquisición frente a la opción de arrendamiento (Katchova y Ahearn, 2016). Por este motivo, se podría sugerir el establecimiento de incentivos fiscales al arrendamiento de la tierra por jóvenes agricultores (incentivos tanto al propietario-arrendador, si es persona jubilada, como al arrendatario, si es agricultor joven), para facilitar la transmisión de la tierra y la instalación de jóvenes agricultores. En aquellas zonas rurales en las que la disponibilidad y/o precio de la tierra no constituya un inconveniente importante, otras medidas políticas podrían canalizarse orientadas, por ejemplo, a atraer población inmigrante, pudiendo ser esta una de las escasas vías factibles para el rejuvenecimiento de determinadas zonas rurales (Murua-Múgica y Eguía-Peña, 2016).

Los datos no han permitido valorar variables de sostenibilidad ambiental, cuestión esta importante, ya que la mayor intensificación de las explotaciones puede conllevar mayores emisiones contaminantes por hectárea (Brennan *et al.*, 2016). Sin embargo, otros trabajos señalan una mayor participación de los jóvenes en programas ambientales, así como una mayor adopción por parte de los jóvenes de actividades de producción ecológica (Comer *et al.*, 1999; Kontogeorgos *et al.*, 2014; Hamilton *et al.*, 2015). Los resultados obtenidos para Andalucía sí confirman esta última cuestión.

Los retos a los que se enfrenta la agricultura, como los que afectan a la tecnología de producción (digitalización) o al aprovechamiento de determinadas oportunidades de mercado (bioeconomía, ecología…) requieren de decisiones estratégicas con enfoque empresarial.

Actitudes más profesionalizadas han sido identificadas en los agricultores jóvenes frente a agricultores de avanzada edad (Gómez-Benito y González-Iturri, 2002), habiendo sido identificada en este trabajo una mayor formación profesional de los agricultores jóvenes frente a los mayores. Este hecho, junto a la mayor alfabetización digital de los jóvenes, podría estimular una mayor competitividad de la agricultura en el futuro.

Los datos no han permitido analizar otros factores diferenciadores en los jóvenes, como la participación en fórmulas asociativas o la agricultura a tiempo parcial, que podrían derivar en consecuencias prácticas para las políticas de rejuvenecimiento (Paniagua-Mazorra y López-Jiménez, 1989). Igualmente, la información muestral no ha permitido identificar características de las explotaciones como la diversificación productiva, la ubicación de la explotación, la existencia de riego y otros elementos importantes de caracterización de la organización productiva.

A pesar de las limitaciones mencionadas, los resultados de este trabajo pueden contribuir a apoyar la política agraria encaminada al rejuvenecimiento, dado que permiten demostrar que las explotaciones de los agricultores más jóvenes presentan un desempeño global relativamente mejor en comparación con el resto de grupos de agricultores.

## Conclusiones

La escasez de jóvenes agricultores es un problema que afecta a la mayor parte de los países europeos, siendo de especial relevancia en España y, más concretamente, en Andalucía. La PAC mantiene medidas al rejuvenecimiento desde hace más de 30 años, inicialmente dirigidas a la salida de efectivos mayores y, desde los últimos años, a la entrada de nuevos jóvenes agricultores en el negocio agrario. Sin embargo, el éxito de estas medidas ha sido limitado ya que el problema persiste. Si bien es cierto que el envejecimiento de los activos agrarios es un fenómeno complejo que obedece a múltiples razones (Camarero *et al.*, 2009), se hace necesario mantener y fortalecer el apoyo público en esta línea. Y así lo contemplan las propuestas legislativas de la PAC post 2020 (CE, 2018), en las que se mantienen las ayudas a la instalación junto a las ayudas complementarias del primer pilar. Se considera que los jóvenes son importantes para la vitalidad y competitividad del sector agrario y para el desarrollo de las zonas rurales.

Empleando datos de la Red Contable Agraria Nacional, en este trabajo se ha realizado un análisis de aquellas variables que diferencian a los jóvenes agricultores del resto de agricultores en el sector andaluz. El trabajo encuentra evidencia del mayor nivel de logro económico de las explotaciones gestionadas por jóvenes, al tiempo que son menos dependientes de las ayudas de la PAC, lo que podría garantizar la sostenibilidad económica futura de estas explotaciones.

## Agradecimientos

Las autoras agradecen al Equipo de la Red Contable Agraria Nacional (RECAN) de la Subdirección General de Estadística del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación, y Medio Ambiente (MAPAMA) la aportación de los datos para realizar el estudio. Asimismo, se agradecen los comentarios y sugerencias de los dos revisores anónimos que, sin duda, han mejorado la versión final del artículo.

## Referencias bibliográficas

ADAS Consulting Ltd, University of Plymouth, Queen's University Belfast, Scottish Agricultural College (2004). Entry to and exit from farming in the United Kingdom. Report to the Department for Environment, Food and Rural Affairs. Wolverhampton: ADAS Consulting Ltd.

Alberdi JC (2005). Jóvenes agricultores: perspectivas, planes de dinamización y dificultades de instalación en el País Vasco. Papeles de Geografía 41-42: 5-28.

Arnalte E (2002). Ajuste estructural y cambios en los modelos productivos de la agricultura española. En: Agricultura y Sociedad en el Cambio de Siglo (Eds. González-Rodríguez JJ y Gómez-Benito C), pp. 391-426. Aravaca, McGraw-Hill.

Arnalte E, Ortiz D, Moreno O (2008). Cambio estructural en la agricultura española. Un nuevo modelo de ajuste en el inicio del siglo XXI. Papeles de Economía Española 117: 59-73.

Brennan N, Ryan M, Hennessy T, Cullen P (2016). The impact of farmer age on indicators of agricultural sustainability. FLINT Deliverable D5.2H.

Camarero LA, Cruz F, González M, del Pino JA, Oliva J, Sampedro R (2009). La población rural de España: De los desequilibrios a la sostenibilidad social. Colección Estudios Sociales. Fundación La Caixa. Barcelona.

Carbone A, Subioli G (2008). The generational turnover in agriculture: The ageing dynamics and the EU support policies to young farmers. 109th EAAE Seminar "The CAP after the Fischler reform: National implementations, impact assessment and the agenda for future reforms", 20-21 noviembre,Viterbo, Italy, pp. 1-19.

CE (Comisión Europea) (1985). Reglamento CE 797/1985 del Consejo, de 12 de marzo de 1985, sobre mejora de la eficacia de las estructuras agrarias. Diario Oficial de las Comunidades Europeas, núm. L 93/1, de 30 de marzo de 1985, pp. 66-83.

CE (Comisión Europea) (2010). Informe sobre la PAC en el horizonte de 2020: Responder a los retos futuros en el ámbito territorial, de los recursos naturales y alimentario. Disponible en: http://www.europarl.europa.eu/ (Consultado: 5 junio 2018).

CE (Comisión Europea) (2017). Young farmers in the EU - structural and economic characteristics. Agricultural and Farm Economics Briefs. Disponible en: https://ec.europa.eu/agriculture/rural-area-economics/briefs_en (Consultado: 10 mayo 2018).

CE (Comisión Europea) (2018). Política Agrícola Común post-2020. Propuestas legislativas. Disponible en: https://ec.europa.eu/spain/sites/spain/files/futuro_de_la_pac_es_final.pdf (Consultado: 10 julio 2018).

Comer S, Ekanem E, Muhammad S, Singh SP, Tegegne F (1999). Sustainable and conventional farmers: A comparison of socio-economic characteristics, attitude, and beliefs. Journal of Sustainable Agriculture 15: 29-45.

Davis J, Caskie P, Wallace M (2009). Economics of farmer early retirement policy. Applied Economics, 41: 35-43.

Davis J, Caskie P, Wallace M (2013). Promoting structural adjustment in agriculture: The economics of New Entrant Schemes for farmers. Food Policy 40: 90-96.

Duesberg S, Bogue P, Renwick A (2017). Retirement farming or sustainable growth – land transfer choices for farmers without a successor. Land Use Policy 61: 526-535.

Eurostat (2016). Encuesta sobre la Estructura de las Explotaciones Agrarias. Disponible en: https://ec.europa.eu/eurostat/data/database (Consultado: 26 marzo 2018).

Fischer H, Burton RJ (2014). Understanding farm succession as socially constructed endogenous cycles. Sociologia Ruralis 54: 417-438.

Gómez-Benito C, González-Iturri JJ (2002). Profesión e identidad: el caso de la agricultura familiar. En: Agricultura y Sociedad en el Cambio de Siglo (Eds. González-Rodríguez JJ y Gómez-Benito C), pp. 511-532. Aravaca, McGraw-Hill.

Hamilton W, Bosworth G, Ruto E (2015). Entrepreneurial younger farmers and the 'young farmer problem' in England. Agriculture and Forestry 61: 61-69.

Hedge JW, Borman WC, Lammlein SE (2006). The Aging Workforce: Realities, Myths, and Implications for Organizations. American Psychological Association, Washington, DC, US.

Kaiser HF (1958). The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. Psychometrika 23: 187-200.

Katchova AL (2010). An analysis of the financial performance of beginning farmers. AAEA, CAES, & WAEA Joint Annual Meeting, 25-27 de julio. Denver, Colorado, EEUU.

Katchova AL, Ahearn MC (2016). Dynamics of farmland ownership and leasing: Implications for young and beginning farmers. Applied Economic Perspectives and Policy 38: 334-350.

Kontogeorgos A, Michailidis A, Chatzitheodoridis F, Loizou E (2014). "New Farmers" a crucial parameter for the Greek primary sector: Assessments and perceptions. Procedia Economics and Finance 14: 333-341.

Leibold M, Voelpel SC (2007). Managing the Aging Workforce: Challenges and Solutions. Erlangen: John Wiley & Sons.

Lobley M, Baker JR, Whitehead I (2016). Farm succession and retirement: Some international comparisons. Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development 1: 49-64.

MAPAMA (Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente) (2018). Red Contable Agraria Nacional (RECAN). Definiciones y fórmulas para el cálculo de las variables auxiliares. Madrid.

May D, Arancibia S, Behrendt K, Adams J (2019). Preventing young farmers from leaving the farm: Investigating the effectiveness of the young farmer payment using a behavioural approach. Land Use Policy 82: 317-327.

Murua-Múgica JR, Eguía-Peña B (2016). Inmigración y emprendimiento rural: ejes de innovación de las políticas de desarrollo rural. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 112: 438-457.

Naredo JM, Abad C (2002). Sobre la modernización de la agricultura española: de la agricultura tradicional hacia la capitalización agraria y la dependencia asistencial. En: Agricultura y Sociedad en el Cambio de Siglo (Eds. González-Rodríguez JJ y Gómez-Benito C), pp. 81-142. Aravaca, McGraw-Hill.

Paniagua-Mazorra Á, López-Jiménez JJ (1989). El envejecimiento del empresario agrícola en España. Revista de Estudios Agrosociales 150: 129-158.

Paniagua-Mazorra Á (2000). Analysis of the evolution of farmers' early retirement policy in Spain. The case of Castille and Leon. Land Use Policy 17: 113-120.

Potočnik Slavič (2016). New Entrants into Farming: Lessons to Foster Innovation and Entrepreneurship. Final Report. EIP-AGRI. Brussels.

Potter C, Lobley M (1996). Unbroken threads? Succession and its effects on family farms in Britain. Sociologia Ruralis 36: 286-306.

Regidor JG, Sánchez-Reyes, B (2012). EU Measures to Encourage and Support New Entrants. Disponible en: http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/note/join/2012/495830/IPOL-AGRI_NT(2012)495830_EN.pdf (Consultado: 10 abril 2018).

Tauer LW (2017). Farmer productivity by age over eight U.S. census years. International Farm Management Association Conference, 2-7 de julio, Edinburgh, Scotland.

Tribunal de Cuentas Europeo (2017). Informe especial 10/2017: El apoyo de la UE a los jóvenes agricultores debería estar mejor orientado a favorecer un relevo generacional eficaz. Disponible en: https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR17_10/SR_YOUNG_FARMERS_ES.pdf (Consultado 10 septiembre 2018).

Zagata L, Sutherland L-A (2015). Deconstructing the 'young farmer problem in Europe': Towards a research agenda. Journal of Rural Studies 38: 39-51.

Zagata L, Hrabák J, Losták M, Bavorová M, Czech University of Life Sciences Prague, Ratinger T, Technology Centre of the Czech Academy of Science, Sutherland L-A, Mckee A, The James Hutton Institute (2017). Research for AGRI Committee -Young Farmers- Policy Implementation after the 2013 CAP Reform. European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies, Brussels.

Zondag M-J, Koppert S, de Lauwere C, Sloot P, Pauer A (2015). Needs of young farmers. Directorate-General for Agriculture and Rural Development. European Commission, Brussels.

(Aceptado para publicación el 7 de febrero de 2019)

# Análisis socio-ergonómico en la agricultura. Evaluación del sector oleico desde una perspectiva de género y envejecimiento

V. Zorrilla-Muñoz*, M.S. Agulló-Tomás y T. García-Sedano

Instituto Universitario de Estudios de Género de la Universidad Carlos III de Madrid, Calle Madrid, 126, 28903, Getafe, Madrid

**Resumen**

Este trabajo es un estudio de los factores de riesgo ergonómico-biomecánicos y, como enfoque principal, adopta un prisma de género y edad. Por ello, se ha utilizado un modelo multimétodo basado en el análisis cuantitativo (cuestionario) y cualitativo (empírico a través de observación de campo). Los resultados muestran la prevalencia de factores de riesgo relacionados con la existencia de una población cada vez más envejecida y feminizada, y con mayor índice de exposición a factores ergonómico-biomecánicos debido al desarrollo de actividades derivadas del uso de herramientas manuales. Del análisis causa-efecto, se ha obtenido una revisión de los trastornos musculoesqueléticos ocupacionales (en adelante TMEO) más frecuentes y que posiblemente puedan llegar a producirse (tendinitis, lumbalgias, dolor muscular, entre otros) por el hecho de desarrollar actividades agrícolas, concretamente en el sector oleico. Como aplicabilidad directa del estudio, se propone el rediseño de las herramientas manuales (en el caso del subsector analizado: el vareador y el uso de tractor), el uso de nuevas herramientas tecnológicas (como los robots colaborativos), así como la realización de actividades orientadas a un envejecimiento saludable como medidas organizativas preventivas de los TMEO.

**Palabras clave:** género, envejecimiento, agricultura, factores de riesgo ocupacional, ergonomía, evaluación

**Socio-ergonomic analysis in agriculture. Evaluation of the oleic sector from a gender and aging perspective**

**Abstract**

This work is a study of the ergonomic-biomechanical risk factors and, as a main focus, adopts a prism of gender and age. Therefore, a multi-method model based on quantitative (questionnaire) and qualitative (empirical through field observation) analysis has been used. The results indicate the prevalence of risk factors related to the existence of an increasingly aging and feminized population, and with a higher index of exposure to ergonomic-biomechanical factors due to the development of activities derived from the use of manual tools. From the cause-effect analysis, we have obtained a review of work-related musculoeskeletal disorders (hereafter WRMSD) more frequent and that may possibly occur (tendinitis, low back pain, muscle pain, among others) due to the development of agricultural activities, specifically in the oleic sector. As a direct applicability of the study, the redesign of manual tools is pro-

* Autor para correspondencia: vzorrill@ing.uc3.es

Cita del artículo: Zorrilla-Muñoz V, Agulló-Tomás MS, García-Sedano T (2019). Análisis socio-ergonómico en la agricultura. Evaluación del sector oleico desde una perspectiva de género y envejecimiento. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 115(1): 83-104. https://doi.org/10.12706/itea.2019.005

posed (in the case of the sub-sector analyzed: The olive harvester and the use of tractor), the use of new technological tools (such as collaborative robots), as well as carrying out activities oriented towards healthy aging as preventive organizational measures of WRMSD.

**Keywords:** Gender, aging, agriculture, occupational risk factors, ergonomics, evaluation.

## Introducción

España es un país envejecido, circunstancia que posee una mayor incidencia en las zonas rurales debido, entre otros factores, a la despoblación de las mismas. Desde el comienzo del éxodo rural en la segunda mitad del siglo XX y hasta los años 80 la población rural se ha visto reducida. Esta circunstancia se perpetúa hasta la fecha, sin la existencia de visos de recuperación. A este respecto, las expectativas son desoladoras.

La Figura 1 muestra el incipiente debilitamiento poblacional, en número de agricultores/as, que viene acaeciendo desde el año 1969. En él cabe destacar la reducción, en más de la mitad, del número absoluto de mujeres activas en el sector agrícola desde dicho año. Sin duda, comparado con la reducción del empleo agrícola masculino, la registrada por las mujeres es mucho menor.

A partir de la década de 1990 se percibe una mayor estabilización del empleo femenino en

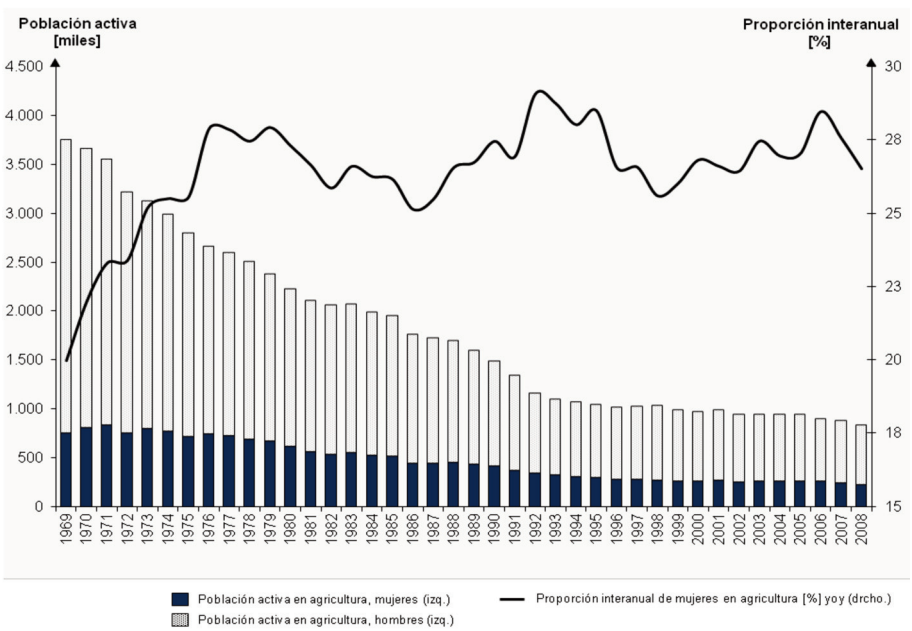



Figura 1. Población activa en el sector agrícola en España, periodo 1969-2008.
Fuente: Zorrilla-Muñoz (2017), basado en datos de ILO (2015).
*Figure 1. Working population in the agricultural sector, 1969-2008.*

el sector agrícola, dato que es en gran medida extrapolable al empleo masculino. La actividad agrícola masculina sigue siendo absolutamente mayoritaria también en términos relativos aunque la destrucción de empleo agrícola en términos absolutos –y máxime masculino– ha permitido a las mujeres incrementar su peso relativo en la agricultura. En esta línea conviene recordar que la tasa de envejecimiento en el medio rural es superior a la urbana (28,3% en el ámbito rural, 19,5% en el intermedio y en el urbano el 18%), siendo además superior en el caso de las mujeres (32,6% más mujeres que hombres) (INE, 2017; Abellán García *et al.*, 2018).

La brecha de género y las desigualdades intergénero poseen mayor incidencia y relevancia en la población rural española, incrementándose en el sector poblacional de mayor edad. Tradicionalmente, las mujeres de poblaciones rurales pobres desarrollaron actividades agrícolas como apoyo a la subsistencia de la economía familiar. La feminización del trabajo de campo se ha visto reforzada por los estereotipos vigentes sobre las habilidades de las mujeres.

En la actualidad, es común comprobar como mayoritariamente las mujeres trabajan como "temporeras" estacionales y precisamente, son las mujeres mayores las que están más vinculadas y asumen la realización del trabajo en las explotaciones agrarias como medio para la ayuda familiar (MAPAMA, 2014).

Por otro lado, las mujeres han sido las grandes olvidadas dentro de los procesos atribuidos a roles más masculinos, como el manejo del tractor, desbroce de olivos y otros arbustos, siendo mencionadas de trabajos más estereotipados, como la recolección de frutos, fresas y similares. Para Martínez (2006), entre otros/as autores/as, la mujer ha sido "protagonista del desarrollo económico y social de los siglos XIX y XX", lo que incluye también a las actividades desarrolladas en el campo, poniéndose de manifiesto la importancia de la consideración de un enfoque de género y estudio de diferencias por sexo.

Las políticas europeas en materia de envejecimiento están abordando el debate del retraso/adelanto de la edad de jubilación (SPC, 2007; Bloom *et al.*, 2010; Chai *et al.*, 2011) con dos propósitos, el primero con el objetivo de generar impactos socioeconómicos positivos y contribuir a la reducción de la atención y cuidados en edades tempranas (Batljan y Lagergren, 2005; Börsch-Supan *et al.*, 2005). El segundo, para apoyar, si así lo desea la persona mayor, a construir una experiencia positiva de esta prolongación/adelanto de la edad de trabajo (Agulló-Tomás, 2001), en vías de asegurar un mejor envejecimiento integrando el trabajo/actividad como parte de éste. Sin embargo, se puede concluir que en el sector agrícola la ampliación de la edad laboral a través del retraso de la edad de jubilación, representa en muchos casos una forma obligada de supervivencia, donde las personas quedan expuestas a condiciones de trabajo peligrosas y en situación de riesgo laboral.

La Constitución Española en su artículo 40.2, dentro de los principios rectores de la política social y económica, encomienda a los poderes públicos velar por la seguridad e higiene en el trabajo. Este mandato constitucional supone la obligatoriedad de adoptar una política de tutela de la salud de la población trabajadora a través de la prevención de los riesgos derivados de su trabajo. La Ley 31/1995 de prevención de Riesgos Laborales es su piedra angular y se articula como marco general de las diferentes acciones preventivas, en coherencia con el derecho de la Unión Europea. Así, según el artículo 118 A) del Acta Única Europea, los Estados miembros vienen, desde su entrada en vigor, promoviendo la mejora del medio de trabajo para conseguir el objetivo antes citado de armonización en el progreso de las condiciones de seguridad y salud de los/as trabajadores/as.

Este propósito se ha ido refrendando a través de distintas directivas que integran el acervo jurídico europeo que pivota sobre la protección de la salud de los/as trabajadores/as en el trabajo, incluidos la población agrícola que está siendo objeto de estudio de este artículo. Ello junto con el Convenio 155, sobre seguridad y salud de los/as trabajadores/as y medio ambiente de trabajo de la Organización Internacional del Trabajo, constituyen el marco básico del ordenamiento jurídico español. Así pues, el mandato constitucional contenido en el artículo 40.2 y la comunidad jurídica establecida por la Unión Europea en esta materia configuran el soporte básico en que se asienta la presente Ley. Junto a ello, los propios compromisos contraídos con la Organización Internacional del Trabajo enriquecen el contenido del texto legal al incorporar sus prescripciones y darles el rango adecuado dentro del sistema jurídico. Junto a este contexto jurídico, conviene destacar que la prevención de riesgos supone la incorporación de una perspectiva ergonómica, ya que cualquier trabajo puede llegar a conducir o conduce al desarrollo de trastornos musculoesqueléticos ocupacionales (TMEO de aquí en adelante) a corto, medio o largo plazo.

La probabilidad[1] y la incidencia[2] de dichos trastornos han sido ampliamente estudiadas en diferentes sectores y lugares de trabajo de las sociedades modernas. En general, la etiología de los TMEO puede cotejarse a través de estudios de sección transversal, longitudinal y experimental, que han demostrado que la exposición a una combinación de dos o más riesgos relacionados con el trabajo físico puede causar lesiones o enfermedades musculoesqueléticas (Punnett y Wegman, 2004). En particular, las mayores tasas de aparición de TMEO se han relacionado con el sector agrícola o construcción (Schneider *et al.*, 2010; Almodóvar *et al.*, 2011), más aún, en el caso de las mujeres que trabajan en la agricultura, ya que ellas continúan siendo las grandes invisibles en este sector.

A pesar de la obligatoriedad en España sobre la prevención de riesgos ergonómicos, existen evidencias en recientes estudios sobre el sector agrícola que demuestran la importancia de la aplicación de la ergonomía en el desarrollo de procesos y actividades en el ámbito rural con el fin de mejorar y garantizar una mejora de la calidad de vida –véase a O'-Neill y Moore (2016), Vyas y Bajpai (2016), Jain *et al.* (2016) y Fathallah y Duraj (2017)–.

En la práctica, lo referido se encuentra en fase de implementación y desarrollo. Aún en la actualidad, se observa que las personas que trabajan en la agricultura son más propensas a padecer dolencias ocupacionales musculoesqueléticas que afectan principalmente a la región inferior y superior de la espalda (Chapman y Meyers, 2001; Holmberg *et al.*, 2004; Taechasubamorn *et al.*, 2011; Puntumetakul *et al.*, 2011; Birabi *et al.*, 2012; Liu *et al.*, 2012; Milosavljevic *et al.*, 2012; Osborne *et al.*, 2012; Trask *et al.*, 2014; Keawduangdee *et al.*, 2015).

Este dato es avalado por las cifras registradas en España. Así, las zonas más afectadas son la zona lumbar, seguida del cuello y extremidades superiores e inferiores (Schneider *et al.*, 2010; Almodóvar *et al.*, 2011). Además, el dolor y trastornos se intensifican y/o empeoran a medida que se envejece y se permanece en el mismo puesto de trabajo (Chapman y Meyers, 2001) e incluso los dolores pueden permanecer más allá de la jubilación, sobre todo en las mujeres (Cimas *et al.*, 2017) y se está comprobando que perciben más dolor en general, las mujeres adultas y mayores que sus coetáneos.

1. El porcentaje de una población que se ve afectado con una enfermedad en particular en un momento dado.
2. La tasa de aparición de nuevos casos de una enfermedad particular en una población en estudio.

Por otra parte, la introducción de automatización de procesos y uso de maquinaria especializada en la agricultura ha supuesto una revolución agrícola en numerosos tipos de cultivos a macro-escala, como son las fresas y los espárragos y, también en la recolección de olivas. Sin embargo, en el cultivo de olivos, todavía prevalece la mano de obra humana frente al uso de equipos más sofisticados.

Para concluir, la accidentabilidad y la siniestrabilidad laboral se ven influenciadas negativamente en el caso de analfabetismo o bajos niveles de estudios (Casale y Fasani, 2013; Puello *et al.*, 2016; Hernández-Trujillo, 2016), donde la problemática se acentúa más aún, y sobre todo en las mujeres.

### *Objeto y objetivos del estudio*

Este artículo aborda una temática que no suele ser objeto de investigación en la sociología contemporánea: el trabajo agrícola desde una perspectiva de género y envejecimiento de la población. En ese sentido, los estudios centrados en el análisis de actividades agrícolas desde prismas psicosociales y más aún, desde enfoques ergonómicos, han sido y son escasos.

Por ello, este trabajo tiene como objetivo recopilar y analizar datos cuantitativos y cualitativos relacionados con estas actividades. Así, evalúa los riesgos laborales en la actividad productiva agrícola[3] y, en concreto, se focaliza en el subsector oleico. En particular, se analizan los riesgos biomecánicos-ergonómicos relacionados con los TMEO que afectan a la población adulta y mayor de 54 años en comparación con poblaciones de menor edad, a partir de un enfoque de género, años trabajados en el mismo puesto y nivel de estudios.

Se pretende en el análisis aminorar el problema del enfoque metodológico cuantitativo y para ello se parte de una explotación estadística de bases de datos generales, ya que estos datos (en este caso, atribuidos a un sector global) pueden resultar incompletos, no diferenciándose los subsectores[4] dependientes directamente de éste.

De esta manera, la investigación realizada se construye sobre el estudio de campo y el análisis cualitativo en el propio puesto de trabajo. Ambos son vitales para el desarrollo ergonómico laboral, el estudio de actividades específicas y la mejora de las interacciones entre las personas y el mundo que las rodea (Wilson, 2000).

En el estudio de campo se evalúan procesos de algunos subsectores agrícolas desde una perspectiva multifactorial[5]. Se ha seleccionado el subsector oleico (y dentro de éste, se ha restringido al puesto de trabajo de "temporera").

---

3. Diferenciado del trabajo agroindustrial, ya que se ha excluido en esta investigación los procesos de industriales relacionados con la cadena alimentaria (por ejemplo, envasado, limpieza, transporte, entre otras).

4. Se entienden como subsectores del sector agrícola aquellas tareas primarias en agricultura y divididas en procesos que son: tareas del proceso de sembrado, del proceso de recogida, del proceso de regado, entre otras y diferenciadas por tipos de cultivos o cultivos.

5. Sobre la multifactoriedad del proceso de recogida de la aceituna: las personas que trabajan en este subsector realizan tanto actividades propias de actividades agroalimentarias, marcadas por el carácter repetitivo de movimientos y estaticidad corporal y también actividades de naturaleza propia de la agricultura, como el levantamiento, manipulación, arrastre y empuje de cargas. Debido a esto se encuentran expuestos a múltiples factores de riesgo biomecánicos. Además, entre todos los procesos agrícolas, se ha seleccionado el proceso de recogida de la aceituna como muestra, principalmente, porque el trabajo temporal de recogida de aceituna implica tanto a hombres como mujeres, temporal y estacionalmente, coincidiendo con los datos recogidos de MAPAMA (2014).

Por otro lado, a través del uso multimétodo se da respuesta a las siguientes cuestiones: ¿Cuáles son las conexiones entre un análisis empírico sobre las condiciones de trabajo ergonómicas y la percepción de la salud obtenida a través de cuestionarios? ¿Qué posturas concretas y "constricciones" ergonómicas en la organización del trabajo pueden llegar a provocar lesiones musculoesqueléticas?

## Material y métodos

La metodología adoptada sigue un enfoque preventivo a partir de la identificación de variables tanto sociales como ergonómico-biomecánicas que pueden ayudar a prevenir la aparición de TMEO en poblaciones mayores y más aún, en mujeres.

Se adopta una "triangulación multimétodo", denominada así por la combinación de métodos, técnicas y diferentes enfoques a partir de la obtención de datos cuantitativos que serán posteriormente contrastados con parte de la información obtenida cualitativamente.

Para ello, se han configurado dos métodos de análisis: por una parte y como técnica cuantitativa, explotación de datos de encuestas (en un contexto general de la agricultura) y, por otra, material empírico primario a partir de la observación ergonómica (para las actividades de recogida de la aceituna, características del enfoque multifactorial). La explotación del cuestionario permite estratificar la muestra y comparar los resultados obtenidos para, posteriormente, utilizar el análisis cualitativo a través de la observación directa. Es decir, el análisis estadístico de la encuesta sirve como primera herramienta para decidir si la población estudiada se comporta de manera similar en toda la población desglosada por edad justificando así la decisión de la metodología de evaluación ergonómico-biomecánica que se aplica en el análisis cualitativo.

### *Muestra del cuestionario*

Este trabajo parte de los datos secundarios obtenidos del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo (en adelante INSHT). Desde el año 2007, el Observatorio Estatal de Condiciones del Trabajo (OECT) publica abiertamente encuestas relacionadas con las condiciones laborales. Hasta el momento, ha publicado 5 encuestas, las dos más recientes se engloban además dentro de los estudios europeos. Sin embargo, ninguna de las últimas permite observar una diferenciación de variables ergonómicas-biomecánicas atendiendo a la clasificación del método que las evalúa como recomienda el ITSS (2006) que son: posturas forzadas estáticas; movimientos repetitivos; levantamiento de cargas, Manipulación Manual de Cargas (en adelante MMC) y transporte de cargas; movimientos manuales enérgicos (empuje y arrastre); aplicación de fuerza y esfuerzo físico; y posturas estáticas puras. En consecuencia, se ha optado por los datos definidos en la VII Encuesta Nacional de Condiciones del Trabajo (en adelante ENCT), publicada en el año 2011 (OECT, 2011) para el sector agrícola, que es la última encuesta existente en España que estudia exclusivamente variables ergonómicas-biomecánicas tipificadas según dicha clasificación. Los datos del cuestionario fueron recogidos en el centro de trabajo de los/as entrevistados/as mediante entrevistas personales y siguiendo rutas aleatorias.

Como variables de control cualitativas y como datos descriptivos se han seleccionado y analizado:

- La edad (total, para una N = 463, y estratificado para 55 años y más, con una n = 60), ya que la edad correlaciona siempre con el desgaste de la salud (Chapman y Meyers, 2001), con lo que la clave ha sido discriminar y analizar esta última en el puesto de trabajo o tareas específicas analizados.

Tabla 1. Ficha técnica de estudio.
*Table 1. Technical specifications of the survey.*

| Características | Estudio cuantitativo | Estudio cualitativo |
|---|---|---|
| Ámbito de aplicación | Sector agrícola en toda España | Sector agrícola, proceso de recogida de aceituna |
| Recogida de información | Cuestionario: VII Encuesta Nacional de Condiciones del Trabajo (2011) | Observación directa del proceso y actividades: recogidas de imágenes y vídeos |
| Población seleccionada | Población dedicada a la agricultura-ganadería-pesca en el conjunto del territorio español | 10 mujeres mayores de 54 años dedicadas al proceso de recogida de aceituna |
| Tamaño de la muestra calculado (N) | N = 463 | Basado en la recogida de vídeos e imágenes |
| Personas mayores de 55 años (n) del tamaño de muestra | n = 60 | Basado en la recogida de vídeos e imágenes |
| Procedimiento estratificado | Hombres y mujeres, clasificados por nivel de estudios, por edades y por tiempo (años) de permanencia en el puesto de trabajo | Mujeres mayores |

Fuente: Elaboración propia, datos presentados en Zorrilla-Muñoz (2017).

- El tiempo de permanencia en el puesto de trabajo, en años, ya que a mayor tiempo desempeñando un mismo trabajo con condiciones ergonómicas no controladas, mayores posibilidades de desarrollo de TMEO (Chapman y Meyers, 2001).
- El nivel de estudios, a fin de analizar la vulnerabilidad de poblaciones de menor grado de estudios (Díaz Méndez, 2011; Casale y Fasani, 2013; Hernández-Trujillo, 2016; Puello *et al.*, 2016) en relación a la exposición a factores biomecánicos.

Los datos de perfil sociodemográfico agrícola de la Tabla 2 muestran que la concentración de edad se produce en el grupo de 45-54 años, seguido del grupo del de 55 y más años. Esto demuestra la existencia de una posible población activa futura cada vez más envejecida.

Se aprecia, además, que en el caso del nivel de estudios –en todos los perfiles de edad– (ver Tabla 2), la población se concentra en el intervalo o grupo de primarios básicos finalizados. Para las mujeres, el conjunto de la muestra es diferente y variado, lo cual rompe los estereotipos que perfilan la existencia de una mano de obra femenina analfabeta y poco cualificada.

Tabla 2. Permanencia en el puesto de trabajo actual, edad y nivel de estudios de las personas dedicadas a la agricultura, ganadería y pesca.
*Table 2. Continuity in the current work post, age and studies of persons devoted to agriculture, livestock farming and fishing.*

| Años en el puesto de trabajo actual | Total [Med. ± DT] | |
|---|---|---|
| Total (N = 463) | 9,70 ± 0,51 | |
| Hombres (Nh = 316) | 10,74 ± 0,66 | |
| Mujeres (Nm = 147) | 7,44 ± 0,71 | |
| Total (n = 60) | 20,7 ± 2,66 | |
| Hombres (nh = 41) | 20,68 ± 2,54 | |
| Mujeres (nm = 19) | 20,74 ± 6,50 | |
| Grupo de edad | Hombres (%) | Mujeres (%) |
| 16-24 | 15 (4,75) | 2 (1,36) |
| 25-34 | 66 (20,89) | 25 (17,01) |
| 35-44 | 98 (31,01) | 51 (34,69) |
| 45-54 | 96 (30,38) | 50 (34,01) |
| =>55* | 40 (12,66) | 18 (12,24) |
| Totales grupo de edad | 316 (100) | 147 (100) |
| Nivel de estudios | Hombres (%) | Mujeres (%) |
| No sabe leer ni escribir | 5 (1,58) | 3 (2,04) |
| Primarios sin finalizar | 67 (21,20) | 35 (23,81) |
| Primarios (EGB, Graduado escolar) | 167 (52,85) | 80 (54,42) |
| Formación Profesional primer grado | 26 (8,23) | 8 (5,44) |
| Formación Profesional segundo grado | 15 (4,75) | 8 (5,44) |
| Bachillerato Superior, BUP, COU y equiv. | 24 (7,59) | 10 (6,80) |
| Diplomaturas | 3 (0,95) | 1 (0,68) |
| Licenciado Universitario, Arquit. e Ing. | 6 (1,90) | 2 (1,36) |
| Otro estudios no reglados | 2 (0,63) | – |
| Totales nivel de estudios | 315 (100) | 147 (100) |

*Para N = 462, existen 2 personas (1 hombre y 1 mujer) que no han respondido a la edad.

Fuente: Elaboración propia y presentado en Zorrilla-Muñoz (2017), datos obtenidos a partir de OECT (2011).

### *Metodología de análisis del cuestionario: indicadores y variables*

Las variables de estudio se obtuvieron a partir de la VII ENCT. En total, se seleccionaron 4 indicadores y 8 variables relacionadas, tal y como se muestra en la Tabla 3 que presenta un resumen que relaciona los factores de riesgo ergonómico-biomecánicos que analizan los métodos con las variables objeto de estudio (en el apartado de formulación), indicadores y autores/as que los han utilizado en sus trabajos.

Las variables de control utilizadas son los años que la persona lleva en el puesto de trabajo, el sexo y el nivel de estudios. Tanto el sexo como el nivel de estudios son variables categóricas y, en el caso de sexo dicotómica, donde se ha asociado el valor de 0 para los hombres y 1 para las mujeres. La variable estudios consta a su vez de 6 categorías, siendo el perfil de licenciatura/grado el que se toma como umbral de referencia. Por su parte, la variable relativa a los años que la persona lleva en el puesto de trabajo está medida en años, luego es de tipo continua.

Tabla 3. Variables identificadas en función de los factores de riesgo ergonómicos-biomecánicos.
*Table 3. Variables identified based on ergonomic and biomechanical risks.*

| Factores de riesgo ergonómico-biomecánicos | | Formulación de la pregunta en el cuestionario en relación a factores de riesgo ergonómico-biomecánicos (escala de Likert de 1 a 5) |
|---|---|---|
| Indicador | Referencias | |
| Aplicación de fuerza física requerida para el desarrollo de las tareas y actividades. | (NRC e IOM, 2011; Zorrilla-Muñoz, 2012, 2017) | E: Aplicar fuerzas importantes. |
| Posturas de trabajo inadecuadas (forzada, estáticas o estáticas puras) que afectan al sistema musculoesquelético. | (INSHT, 2011; Zorrilla-Muñoz, 2012, 2017) | A: Adoptar posturas dolorosas o fatigantes (de cualquier parte del cuerpo: espalda, cabeza, manos, etc.). |
| Posturas de trabajo inadecuadas (forzada, estáticas o estáticas puras) que afectan al sistema musculoesquelético. | INSHT, 2011; (Zorrilla-Muñoz, 2012, 2017) | B: Estar de pie sin andar.<br>C: Estar sentado/a sin levantarse.<br>G: Disponer de muy poco espacio para trabajar con comodidad.<br>H: Tener que alcanzar herramientas, elementos u objetos de trabajo situados muy altos o muy bajos, o que obliguen a estirar mucho el brazo. |
| Movimientos repetitivos. | (Armstrong, 1993; INSHT, 2011; NRC e IOM, 2011; Zorrilla-Muñoz, 2012, 2017) | F: Repetir los mismos movimientos de manos o brazos. |
| Levantamiento, manipulación y empuje de cargas. | (INSHT, 2003, 2011; Zorrilla-Muñoz, 2012, 2017) | D: Levantar o mover cargas pesadas. |

### *Muestra del análisis empírico de campo*

Tal y como se ha comentado, los puestos de trabajo observados se corresponden con las actividades que desarrollan las mujeres mayores dentro del proceso de recogida de aceituna, lo cual se viene a denominar como el puesto de trabajo de "temporera". Se partió de un grupo de análisis de 10 operarias procedentes de diferentes empresas del subsector oleico y que lleva más de 10 años realizando este puesto de trabajo. Se realizó un análisis empírico mediante observación ergonómica directa de actividades no mecánicas (donde el uso de maquinaria está muy limitado o se ciñe a la utilización de herramientas de mano) y no estandarizadas (es decir, que la realización de las actividades no está previamente establecida) de tal manera que las actividades son ergonómicamente representativas dentro del sector agrícola (esto es, actividades realizadas en peores condiciones y de manera más rudimentaria). Por lo tanto, la técnica de recogida utilizada es manual.

Por otra parte, las actividades son analizadas a través de la grabación de imágenes y vídeos realizados en el proceso de recogida de aceituna entre enero y febrero del año 2015. En total, se identificaron 30 actividades (ver resultados en Tabla 7).

### *Metodología de análisis empírico de campo: identificación de actividades y evaluación ergonómica-biomecánica*

En la literatura científica se cita una amplia bibliografía para la evaluación ergonómica-biomecánica. Algunos de estos métodos de evaluación se han recogido en la Tabla 4.

Previa a la selección del método para la evaluación de factores de riesgo se procedió a la identificación de actividades (como se ha mencionado, en total 30). Como técnicas para esta identificación, se ha recurrido a la utilización de diagramas de flujo (Nüllen y Nop-peney, 2007). Posteriormente, se seleccionó la metodología adecuada en función de la actividad observada tal y como queda descrito en la Tabla 4.

Cabe indicar que para la correcta interpretación de las puntuaciones en la evaluación de los métodos, se realizó inicialmente una normalización inter-método según los criterios de puntuación de 1 a 3 (es decir, mediante la transformación a una escala de puntuación de Likert de 3 puntos) y teniendo en cuenta los criterios de puntuación de Everett (1997), donde existen tres posibilidades: el nivel de riesgo es insignificante o no existe (por lo que no se requiere una intervención ergonómica), es moderado (se necesita efectuar modificaciones a medio o largo plazo) y, el nivel de riesgo es elevado (por lo que se requiere una intervención urgente).

Por último y a fin de extraer conclusiones, se llevó a cabo una identificación basada en el análisis causa-efecto de las posibles lesiones que pueden desarrollarse a partir de los factores ergonómicos-biomecánicos.

## Resultados y discusión

A continuación, se muestran los resultados y se discute sobre los mismos, quedando divididos en los dos siguientes apartados: Resultados del cuestionario y; Resultados de la identificación y evaluación ergonómica-biomecánica.

### *Resultados del cuestionario*

Las Tabla 5 muestra los resultados del análisis estadístico del cuestionario. En primer lugar, se calcula el coeficiente de correlación de Pearson (r) para la variable continua correspondiente al tiempo en el puesto de trabajo (medido en años). Se ha encontrado relación entre las variables A (adoptar posturas dolo-

Tabla 4. Metodología para la evaluación ergonómica-biomecánica (lista no exhaustiva).
*Table 4. Methodology for the ergonomic and biomechanichal evalauation (non-exhaustive list).*

| Factores de riesgo que analizan los métodos | Métodos de evaluación ergonómica-biomecánica |
|---|---|
| Posturas forzadas y estáticas | Rapid Entire Body Assessment "REBA"<br>Rapid Upper Limb Assessment "RULA"<br>Ovako Working Analysis System "OWAS"<br>Postural Loading on the Upper Body Assessment "LUBA"<br>UNE-EN 1005-4<br>Pressure Neuropathies Procedure<br>Armstrong's Method<br>Posture, Activity, Tools and Handling "PATH"<br>Swat's Method |
| Movimientos repetitivos | Occupational Repetitive Action "OCRA"<br>Job Strain Index "JSI"<br>Cubel Model<br>ISO 11228-3<br>UNE-EN 1005-5<br>Assessment of Repetitive Task "ART"<br>ACGIH TLV "HAL" |
| Levantamiento manual de cargas | The National Institute for Occupational Safety and Health Method "NIOSH"<br>Liberty Mutual Insurance Company Tables<br>UNE-EN 1005-2<br>ISO 11228-1; ISO 11228-2; ISO 11228-3<br>Guía del INSHT<br>REFA<br>Key Indicator Method "KIM"<br>Manual Handling Assessment Chart "MAC tool"<br>Procedimiento de Neuropatías por Presión<br>Arbouw Guideline |
| Empuje y arrastre de cargas | Liberty Mutual Insurance Company Tables<br>ISO 11228-2<br>Key Indicator Method "KIM"<br>Procedimiento de Neuropatías por Presión<br>Arbouw Guideline |
| Aplicación de fuerza y esfuerzo físico | UNE-EN 1005-3<br>Posture, Activity, Tools and Handling "PATH"<br>ACGIH TLV "HAL"<br>Rodgers Muscle Fatigue Analysis "MFA" |
| Posturas estáticas puras | ISO 11226<br>WR Model<br>Method of Hand Position<br>Posture Targetting |
| Manipulación de cargas y posturas estáticas | Rapid Entire Body Assessment "REBA"<br>Rapid Upper Limb Assessment "RULA"<br>Postural Loading on the Upper Body Assessment "LUBA"<br>UNE-EN 1005-4 |
| Combinación de factores | 3D Static Strength Prediction Program (3DSSPP)<br>Jack Siemens |

Fuente: Zorrilla-Muñoz (2012, 2017).

Tabla 5. Estadísticos descriptivos y contrastes de igualdad de medidas para el análisis de primer nivel para España (N = 463 y n = 60).
*Table 5. Descriptive statistics and means comparison tests for first level analysis, Spain (N = 463 and n = 60).*

| Var [1] | Tiempo en el puesto | | Sexo | | | | Nivel de estudios | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | R | | Levene | | T Student | | ANOVA | | Barlett's test | |
| | (N) | (n) | (N) | (n) | (N) | (n) | (N) | (n) | (N) | (n) |
| A | 0,013* | 0,049* | 0,052 | 0,48 | 0,76 | 0,12 | 0,90 | 0,79 | 683,84 | 2,49 |
| | | | (0,82) | (0,49) | (0,22) | (0,45) | (0,46) | (0,03*) | (0,00**) | (0,01*) |
| B | -0,063 | 0,12 | 1,11 | 0,77 | -0,55 | 0,90 | 0,81 | 0,98 | 701,14 | 0,88 |
| | | | (0,29) | (0,38) | (0,29) | (0,18) | (0,52) | (0,42) | (0,00**) | (0,21) |
| C | 0,12 | 0,28 | 7,58 | 7,48 | 1,34 | 0,36 | 0,18 | 0,63 | 184,73 | 0,58 |
| | | | (0,006) | (0,008**) | (0,09) | (0,09) | (0,95) | (0,04*) | (0,00**) | (0,31) |
| D | 0,007** | 0,03* | 0,024 | 0,001 | 4,66 | 0,12 | 0,36 | 0,84 | 800,81 | 0,48 |
| | | | (0,88) | (0,97) | (0,00**) | (0,13) | (0,24) | (0,13) | (0,00**) | (0,05*) |
| E | 0,003** | 0,05 | 1,51 | 0,19 | 6,05 | 0,67 | 0,84 | 0,53 | 634,63 | 0,08 |
| | | | (0,22) | (0,66) | (0,00**) | (0,005**) | (0,50) | (0,72) | (0,00**) | (0,28) |
| F | -0,04* | 0,18 | 1,04 | 0,035 | 0,27 | 0,34 | 0,21 | 0,89 | 454,86 | 0,54 |
| | | | (0,31) | (0,85) | (0,39) | (0,37) | (0,96) | (0,48) | (0,00**) | (0,04*) |
| G | 0,03* | 0,28 | 3,88 | 8,33 | 0,96 | 1,37 | 0,17 | 0,82 | 225,11 | 0,91 |
| | | | (0,049) | (0,005**) | (0,17) | (0,09) | (0,96) | (0,04*) | (0,00**) | (0,23) |
| H | -0,05 | 0,06 | 12,003 | 2,98 | 2,49 | 0,36 | 0,15 | 0,84 | 309,76 | 0,30 |
| | | | (0,00**) | (0,089) | (0,065) | (0,09) | (0,96) | (0,13) | (0,00**) | (0,08) |

* El estadístico es significativo para p < 0,05. ** El estadístico es significativo para p < 0,01.

[1] Las variables detalladas en relación a los riesgos pueden consultarse en la Tabla 3.

Fuente: Elaboración propia.

rosas o fatigantes), D (levantar o mover cargas pesadas), E (aplicar fuerzas importantes), F (repetir los mismos movimientos de manos o brazos) y G (disponer de muy poco espacio), con mayor probabilidad en todos los grupos de edad que en la muestra de mayores de 54 años. En dicha muestra de mayores, cabe destacar los resultados de Pearson en A y D.

En segundo lugar, para las variables dicotómicas se utilizaron pruebas de contraste. Así, se calcula el contraste de varianzas a través del test de Levene y la prueba de t-Student, para el contraste de igualdad de medidas y la variable sexo. En el test de Levene, se obtiene asociación entre las variables C (estar sentado/a sin levantarse) y G en los grupos de mayores (n) y H para toda la población (N). Para la prueba de t-Student, los resultados muestran probabilidad de $p < 0,01$ en E, para el grupo de mayores (n) y en toda la población (N). También cabe destacar los valores de D en toda la población.

En relación al nivel de estudios se aplicó ANOVA para valorar el contraste del conjunto de vector de medidas y el test de Barlett para probar la homocedasticidad. Los resultados muestran probabilidad de $p < 0,05$ para n y A, C y G. El test de Barlett devuelve probabilidades de $p < 0,01$ en todas las variables para N y en menor medida para n.

En definitiva, los resultados muestran que en relación al tiempo en el puesto de trabajo, las variables A y D devuelven mejores resultados en la muestra de mayor edad o, lo que es lo mismo, realizar actividades que supongan la adopción de posturas dolorosas/fatigantes y levantar/mover cargas pesadas se intensifican a mayor edad y permanencia en el puesto de trabajo. A es representativa en el caso de la muestra relacionada con un menor nivel de estudios y el grupo de personas mayores.

En cuanto al sexo, es la variable E (aplicar fuerzas importantes) donde se observa más consonancia entre toda la población y en las personas mayores. Por su parte, D, no se observa para el grupo de mayores, lo que indica que en la muestra seleccionada, las mujeres mayores no realizan tanto actividades donde se levante/mueva cargas pesadas como lo hace el grupo global de mujeres.

Cabe destacar que la variable F (movimientos repetitivos) no es representativa para el grupo de mayores en ninguno de los casos analizados, como tampoco lo es B (estar de pie sin andar) en el grupo de mayores.

En resumen, en el análisis empírico deben considerarse los métodos que apliquen la realización de posturas dolorosas y fatigantes, en primera medida y, posteriormente la aplicación de fuerzas importantes y levantar/mover cargas pesadas[6].

### *Resultados de la identificación y evaluación ergonómica-biomecánica*

Como primer paso, se procedió a la identificación por observación directa de las actividades que conforman el proceso de recogida de aceituna mediante el uso de la técnica de diagramas de flujo. La desagregación en diagramas de flujo, representando todas las actividades, permite la identificación de cada una de éstas. De ese modo, se observan cuatro puestos de trabajo diferenciados y sus correspondientes procesos (ver Tabla 6). A su vez, en estos puestos de trabajo se han identificado un total de 30 actividades que finalmente, fueron agrupadas en 4 procesos (grupo A, B, C y D como se muestra en la Tabla 6).

De acuerdo con los datos obtenidos en el análisis de cuestionario y como medida previa a la selección del método de evaluación

6. Entre las limitaciones del cuestionario, cabe destacar que la metodología de la VII Encuesta Nacional de Condiciones del Trabajo no interpreta ni aclara qué se entiende por cargas pesadas o la aplicación de fuerzas importantes.

Tabla 6. Procesos y actividades identificadas relacionadas en el proceso de recogida de aceituna.
*Table 6. Processes and activities identified in relation to olives harvesting.*

| Proceso | Descripción de proceso | Actividades identificadas* |
|---|---|---|
| A: preparación del terreno | Consiste en allanar el terreno o planchar para facilitar la recogida del árbol | 1: Subir al tractor; 2: traslado del tractor a la finca; 3: preparación del terreno; 4: traslado del tractor al almacén; 5: bajar del tractor |
| B: recolección de frutos | Proceso relacionado con la recolección del fruto que incluye actividades como la vibración del árbol, preparación de fardos, barrido, entre otras | 1: Subir al tractor; 2: traslado del tractor a la finca; 4: traslado del tractor al almacén; 5: bajar del tractor; 6: traslado del remolque a la finca; 7: vibración del olivo mediante vibrador frontal; 8: recogida del vareador; 9: colocación del vareador; 10: traslado del vareador al olivar; 11: varear el árbol; 12: traslado del vareador a la nave; 13: despojamiento del vareador; 14: traslado del fardo de la finca a la nave; 15: extensión del fardo; 16: recogida del fardo; 17: traslado del remolque a la nave; 18: traslado del cepillo y del recogedor (de finca a nave y viceversa); 19: barrido de frutos; 20: recogida de frutos del suelo; 21: colocación de aceitunas en remolque |
| C: mantenimiento del olivo | Procesos relacionados con la poda de los olivos y el triturado de las ramas que se podan | 1: Subir al tractor; 2: traslado del tractor a la finca; 4: traslado del tractor al almacén; 22: traslado de tijeras a la finca y almacén; 23: poda de árboles; 24: triturado de ramas |
| D: preparación y recogida | Procesos relacionados con la preparación y recogida, como son arado del terreno, estercolado, desbrozado de la hierba alrededor del árbol y riego de la finca | 1: Subir al tractor; 2: traslado del tractor a la finca; 4: traslado del tractor al almacén; 5: bajar del tractor; 25: arado del terreno; 26: echar estiércol en el terreno; 27: desbrozar hierba; 28: abonar el campo; 29: extender goteros; 30: recoger gotero |

* Dependiendo de la actividad, se maneja el tractor para tirar de la herramienta necesaria, por ejemplo, la operación de arado necesita el empuje del tractor.

Fuente: Elaboración propia a partir del estudio de Pedauyé (2015) y datos presentados en Zorrilla-Muñoz (2017).

ergonómica-biomecánica, se conforman dos tipos de variables que son F –relaciona la repetitividad–, y B –relaciona la posición de estar de pie sin andar–.

En el caso de análisis de las actividades de recogida de aceituna, no se ha podido determinar ninguna actividad propiamente repetitiva, posición sentado/a y de pie sin caminar. Sin embargo, se detecta la presencia de factores relevantes como la MMC, la aplicación de esfuerzos o la adopción de posturas doloras y fatigantes. Bajo estas circunstancias, se ha optado por la selección de los métodos REBA y RULA, ya que ambos permiten la evaluación de posturas forzadas y estáticas y otras (aplicación de esfuerzo y levantar/mover cargas pesadas, entre otros), además de su amplia versatilidad y validez. Los resultados son contrastados con el uso de los programas informáticos 3D SSPP y Jack de Sie-

mens que también permiten la combinación de factores.

Los resultados normalizados del análisis se muestran en la Tabla 7. Se observa que las actividades con mayor nivel de riesgo obtenido a partir del uso de todos los métodos se corresponde con la actividad 9 (colocación del vareador), 11 (varear el árbol), 13 (despojamiento del vareador) y la 15 (extensión del fardo).

Cabe mencionar que la actividad 9, 11 y 13 están expuestas al desarrollo de cualquiera de las lesiones musculoesqueléticas relacionadas con los factores ergonómico-biomecánicos indicados en la Tabla 8 obtenida tras el análisis causa-efecto: posturas forzadas y estáticas, levantamiento, soporte y MMC, movimientos manuales enérgicos, aplicación de fuerza y esfuerzo físico y posturas estáticas puras. Sin embargo, en la 15, se relacionan las posibles lesiones derivadas principalmente de la adopción de posturas forzadas y estáticas, movimientos manuales enérgicos y posturas estáticas puras. Se observa como las principales regiones afectadas se refieren a miembros superiores (Hombro-Brazo y Mano-Muñeca).

Por último, cabe mencionar que el propio método aislado de evaluación ergonómica-biomecánica está sujeto a limitaciones, ya que el propio análisis en este estudio es realizado por una única observadora-experta.

## Conclusiones

Como conclusiones principales, el análisis estadístico a partir de la encuesta a fin de determinar el método de análisis ergonómico-biomecánico ha demostrado la existencia de, como principales factores a destacar, la adopción de posturas forzadas, la aplicación de fuerzas y la manipulación manual de cargas.

Considerando el grupo de mujeres de más de 54 años de edad, se detecta una mayor incidencia vinculada con la adopción de posturas forzadas y la aplicación de fuerzas, que además, en el caso del análisis empírico se debe al uso del vareador –tres de las cuatro actividades con riesgo intolerable se deben al uso de esta herramientas de mano–. En este sentido y, si se hubiera considerado el factor repetitividad en ciertas circunstancias de trabajo (por ejemplo, por el hecho de continuar vareando sin programar descansos) aumentaría aún más la intolerabilidad obtenida y, por lo tanto, también aceleraría las posibilidades de desarrollo de TMEO. Además, se ha podido confirmar la ausencia de estudios con enfoque de género también en estas áreas laborales, que se añade a la escasa evaluación e investigación en la relación general entre envejecimiento/género y vejez/feminismo (Agulló-Tomás *et al.*, 2018).

Por otra parte, el análisis causa-efecto a partir de las posibles lesiones muestra que las partes más afectadas se refieren a los miembros superiores, lo cual sugiere que, de alguna forma el uso de herramientas adaptadas a los brazos y manos podría mitigar o reducir el riesgo. Más aún, si se tiene en cuenta que se trata de una población mayor que puede derivar en altas posibilidades de desarrollo de TMEO unido al proceso de envejecimiento (Zorrilla-Muñoz, 2017).

En cuanto a la metodología utilizada en la investigación, cabe mencionar que el trabajo utiliza métodos específicos reconocidos en la bibliografía científica de análisis, válidos en la investigación cualitativa y cuantitativa y que reducen los costes de otros métodos de laboratorio. A pesar de las limitaciones del uso del cuestionario como medio de recolección de datos y la utilización de la observación directa como técnica de evaluación, las ventajas son mayores por lo que se ha realizado el análisis conjuntamente en esta investigación. Los resultados también podrían ser complementados en un futuro a través del uso de otras técnicas cualitativas, como

Tabla 7. Resultados normalizados (escala 1 a 3) obtenidos en la evaluación de riesgos según actividades.
*Table 7. Normalised results (scale 1 to 3) from the evaluation of risks according to activities.*

| Grupo | Actividades | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| Grupoa_rula | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Grupoa_reba | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Grupoa_jack | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Grupoa_sspp | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Grupob_rula | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Grupob_reba | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Grupob_jack | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Grupob_sspp | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Grupoc_rula | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Grupoc_reba | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Grupoc_jack | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Grupoc_sspp | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Grupod_rula | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Grupod_reba | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Grupod_jack | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Grupod_sspp | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Lesiones musculoesqueléticas frecuentes en relación a los factores ergonómico-biomecánicos. Datos revisados para el sector agrícola.
*Table 8. Frequent musculosqueletal injuries in relation to ergonomic and biomechanical factors. Revised data for the agricultural sector.*

| Lesiones musculoesqueléticas | Lesión* | Región corporal afectada* | Factores ergonómico-biomecánicos | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Post. forz. y estáticas | Movimientos repetitivos | Levantamiento soporte y MMC | Mov. Man. Enérgicos | Aplicación de fza. y e.fís. | Post. estát. puras |
| Tendinitis (rotador, calcárea) | T | HB | | X | | | | |
| Tendinitis (bíceps) | T | HB | X | X | X | X | | |
| Epicondilitis | T | HB | X | X | | | X | |
| Epitrocleitis | T | CA | | X | | | X | |
| Tendinitis tricipital | T | HB | | X | | | | |
| Dedos resorte | T | MM | | X | | | | |
| Otras tendinitis muñeca-mano | T | MM | | X | X | | | X |
| Síndrome del Túnel Carpiano | N | MM | X | X | X | X | X | X |
| Síndrome del Canal Guyon | N | MM | | X | | | | |
| Síndrome del Canal ulnar | N | MM y HB | | X | | | | |
| Síndrome del Pronador redondo | N | CA | | X | | | | |
| Síndrome del Opérculo torácico | N | C | X | X | | | | X |
| Radiculopatía cervical | N | C | X | | | | | X |
| Ciatalgia | N | DS | X | X | X | X | | X |
| Contractura muscular | M | TD | X | X | X | X | X | X |
| Dolor miofascial | M | TD | X | X | X | X | X | X |
| Miositis osificante | M | TD | X | X | X | X | X | X |
| Tensión muscular cervical | M | C | X | X | | | | |
| Lumbalgia mecánica | M | DS | X | X | X | X | | X |
| Síndrome de Raynaud | V | MM | | X | | | | |
| Enfermedad articular regenerativa | A | TD | X | X | X | X | X | X |
| Bursitis subcutáneas | A | CA y PR | X | | | | | X |
| Bursitis profunda | A | HB y PR | X | X | X | X | | X |
| Lesiones crónicas meniscos | A | PR | | | X | X | | |
| Ganglión carpiano | A | MM | | X | | | | |
| Lesiones ligamentosas | L | TD | X | X | X | X | | X |

Nota: se ha identificado el tipo de lesión según el elemento del sistema musculoesquelético afectado.

* T: Lesiones a nivel de tendones; N: Lesiones a nivel de nervios; M: Lesiones musculares; V: Lesiones vasculares o neurovasculares; A: Lesiones a nivel articular, lesiones ligamentosas, lesiones capsulares o de las bolsas sinoviales; L: Lesiones ligamentosas; HB: Hombro-Brazo; CA: Codo-Antebrazo; T: Tendones; MM: Mano-Muñeca; C: Cuello; DS: Dorsolumbares; TD: Todas; PR: Pierna-Rodilla.

Fuente: Elaboración propia.

pudiera ser los grupos de discusión o entrevistas en profundidad a mujeres mayores que desarrollen actividades en el subsector oleico. Desde otro enfoque, al igual que se ha realizado en otros estudios ergonómicos [por ejemplo, cabe citar a Douphrate *et al*. (2017)] el trabajo podría ser aplicado con técnicas de electromiografía para llegar a determinar las demandas bioquímicas de las trabajadoras, lo cual permitiría adaptar diferentes técnicas organizativas en el medio de trabajo.

La variable y constructo de género se ha tenido en cuenta en la evaluación de riesgos, ya que también incide en la posibilidad de existencia de factores biomecánicos durante toda la vida laboral, que pueden llegar a agravarse en la vejez. La mujer mayor rural, foco de este estudio, debería ser evaluada y prevenida de acuerdo a su actividad desempeñada y edad a fin de evitar la aparición de enfermedades y lesiones derivadas del trabajo, como pudieran ser las de tipo musculoesqueléticas aquí tratadas.

Junto a las conclusiones mencionadas, una de las principales propuestas y como fin último de la ergonomía es que el rediseño de la herramienta permita optimizar la interrelación entre las mujeres mayores de 54 años y la tecnología disponible y viable para la elaboración de las actividades. Así, una técnica adecuada podría desarrollarse a fin de evitar el alargamiento de brazos, por ejemplo, a través de la colocación de un artefacto sobre una base estable y procurando el movimiento autónomo del equipo durante el vareamiento. En relación a la actividad del extensión de fardo, se ha detectado la aplicación de movimientos enérgicos y manipulación de cargas, con lo que esta actividad podría ser rediseñada evitando el movimiento manual de fardos y utilizando maquinaria para tal efecto (por ejemplo, a través del tractor/cosechadora a la cual se le podría adaptar un artilugio para la recolocación y extensión de dichos fardos).

Evidentemente, la automatización de procesos agrícolas y el uso de tractores y maquinaria especializada, evitaría cualquier tipo de riesgo ergonómico. Sin embargo, lejos de ser una solución actual viable en todos los tipos de cultivos de olivos, la mano de obra, hoy por hoy, continúa siendo la principal forma de recolección de la aceituna. Además, el uso de maquinaria motorizada con combustibles fósiles, aumenta las emisiones y contaminación del aire, por lo que no sería una propuesta adecuada medioambientalmente dentro del actual marco de la "Política Agrícola Común" en la Unión Europea, ya que éste instrumento gestiona, entre otras, las subvenciones sobre las prácticas agrícolas sostenibles. Dentro de un contexto innovador, la introducción de Cobots (Collaborative Robots) podría ayudar a la realización de actividades relacionadas con los brazos, evitando el uso desmedido de los mismos.

Siguiendo esta misma línea y desde otra perspectiva, el uso de nanomateriales y la nanotecnología en aplicaciones ergonómicas supone un desafío aún sin explorar (Kim, 2016). Así, por ejemplo, la utilización de equipos de protección personal (guantes y trajes) a través de nanomateriales que soporten alta presión (como los fullerenos, entre otros) podría ayudar a mejorar la absorción de impactos en el sistema musculoesquelético derivados de la realización de movimientos enérgicos, posturas forzadas o levantamiento manual de cargas.

Tampoco debe olvidarse que las anteriores medidas preventivas ergonómico-biomecánicas podrían ir acompañadas de propuestas centradas en acciones encaminadas al estilo de vida dentro y fuera de la organización tal y como menciona Zorrilla-Muñoz (2013): el uso de técnicas de higiene postural, kinesiología y el uso de terapias complementarias –como puede ser el masaje tonificante– así como la práctica habitual de ejercicio físico potenciando la fuerza, resistencia y la coordinación muscular, la realización de ejercicios de estiramientos de grupos musculares, para conseguir disminuir la prevalencia y la inci-

dencia de la patología o la práctica de ejercicio físico intercalada durante el trabajo.

Otra medida preventiva, sin lugar a dudas, debe ir orientada a la formación e información de las trabajadoras a fin de evitar y mitigar prácticas de riesgo. Una formación más efectiva en el envejecimiento debería partir de tácticas intergeneracionales. Desde este ámbito, el mentoring inverso, donde el/la experto/a es la persona joven, puede suponer un enriquecimiento de las personas mayores y fomentar el aprendizaje de medidas preventivas.

Más allá de los factores de tipo ergonómico-biomecánico, conviene enfatizar la multifactoriedad del desarrollo de los TMEO, por lo que deberían evaluarse y estudiarse en la medida que sea posible, factores de tipo psicosociales, organizativos, genéticos, individuales y ambientales, entre otros (Zorrilla-Muñoz *et al.* 2013; Zorrilla-Muñoz, 2013).

Sin lugar a dudas, los riesgos específicos vinculados al género y relacionados con la discriminación en el acceso a determinadas categorías, la brecha salarial, el acoso, entre otros, inciden en la salud psíquica/mental y psicosocial de las trabajadoras. Para acotar y eliminar estas situaciones, de conformidad con la Ley de Igualdad, son precisas las medidas de vigilancia y sanción y sobre todo desde el enfoque de la educación inclusiva. Así, en el contexto al que se refiere este artículo se ha detectado que apenas existen políticas o planes de igualdad (o en su defecto, protocolos, procedimientos y/o programas desde la responsabilidad social corporativa) que aborden estas cuestiones y ello supone, sin duda, un desafío.

Desde otro prisma, el presente estudio explicita el reto que en materia de prevención de riesgos laborales implica la prolongación de la edad de jubilación en el sector agrícola. Postponer la jubilación puede suponer la continuación de condiciones inadecuadas de trabajo (Agulló-Tomás, 2001) que perpetúan la permanencia de factores de riesgo ergonómicos-biomecánicos y la posibilidad de desarrollo de TMEO debido a todo ello. En ese sentido, esto se agrava cuantos más años se permanezca en el mismo puesto de trabajo y empeora, como en otras actividades, en el caso de las mujeres con un menor nivel de estudios. De nuevo y al igual que sucede en otras investigaciones que se enfocan en el género y el envejecimiento, se constata la necesidad de seguir evaluando e investigando en profundidad y a través del multimétodo.

**Agradecimientos**

Las autoras desean agradecer el apoyo a las/os integrantes del Programa ENCAGE-CM (http://encage-cm.es/) (Ref. S2015/HUM-3367, 2016-2019) destinado a actividades I+D sobre Envejecimiento Activo, Calidad de Vida y Género, financiado por la Comunidad de Madrid, Consejería de Educación, Juventud y Deporte, Programas de Actividades de I + D entre grupos de Investigación de la Comunidad de Madrid en Ciencias Sociales y Humanidades, cofinanciado con Fondo Social Europeo. Igualmente, nuestro agradecimiento a las/os miembros del Instituto Universitario de Estudios de Género de la Universidad Carlos III de Madrid (http://uc3m.es/estudiosdegenero). Por último, queremos agradecer el apoyo y colaboración de Marc Petz, Ph.D. y María Pedauyé Rueda.

Parte de este artículo fue defendido en la tesis doctoral "Investigación sobre las personas mayores desde la vivienda, agricultura, emisiones y cuidados. Aplicación de una perspectiva sociológica, preventiva y de género". También ha sido presentado en forma de póster en el XII Congreso Español de Sociología. Grandes transformaciones sociales, nuevos desafíos para la Sociología (2016), organizado por la Federación Española de Sociología (programa con ISBN 978-84-608-6210-9).

## Referencias bibliográficas


Abellán García A, Ayala García A, Pérez Díaz J, Pujol Rodríguez R (2018). Un perfil de las personas mayores en España. Indicadores estadísticos básicos. Informes Envejecimiento en red 17. 34 pp. Disponible en: http://envejecimiento.csic.es/documentos/documentos/enred-indicadores-basicos18.pdf (Consultado: 28 noviembre 2018).

Agulló-Tomás MS (2001) Mayores, actividad y trabajo en el proceso de envejecimiento y jubilación: Una aproximación psico-sociológica. Ed. IMSERSO, Madrid, España. 858 pp. Edicion online 2012. Disponible en: http://imserso.es/imserso_01/documentacion/publicaciones/colecciones/colecciones_extinguir/otras_publicaciones/IM_050821 (Consultado: 1 febrero 2018).

Agulló-Tomás MS, Zorrilla-Muñoz V, Gómez MV (2018). Género y evaluación de programas de apoyo para cuidadoras/es de mayores. Prisma Social: revista de investigación social 21: 391-415. Disponible en: http://revistaprismasocial.es/article/view/2469 (Consultado: 2 diciembre 2018).

Almodóvar A, Galiana ML, Hervás P, Pinilla FJ (2011). VII Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Disponible en: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FICHAS%20DE%20PUBLICACIONES/EN%20CATALOGO/OBSERVATORIO/Informe%20(VII%20ENCT).pdf (Consultado: 10 enero 2018).

Armstrong T. (1993) A conceptual model for work-related neck and upper-limb musculoskeletal disorders. Scandinavian Journal Work and Environmental Health. 19: 73-84. https://doi.org/10.5271/sjweh.1494

Batljan I, Lagergren M (2005). Future demand for formal long-term care in Sweden. European Journal of Ageing 2(3): 216-224. DOI: 10.1007/s10433-005-0002-0

Birabi BN, Dienye P, Ndukwu G (2012). Prevalence of low back pain among peasant farmers in a rural community in South South Nigeria. Rural and remote health 12:1920. Disponible en: https://www.rrh.org.au/journal/article/1920 (Consultado: 2 enero 2018).

Bloom DE, Canning D, Fink G (2010). Implications of population ageing for economic growth. Oxford Review of Economic Policy 26(4): 583-612. https://doi.org/10.1093/oxrep/grq038

Börsch-Supan A, Hank K, Jürges H (2005). A new comprehensive and international view on ageing: introducing the 'Survey of Health, Ageing and Retirement in Europe'. European Journal of Ageing 2(4): 245-253. https://doi.org/10.1007/s10433-005-0014-9

Casale G, Fasani M (2013). Nuevos desafíos para la administración e inspección del trabajo en el contexto de la reciente crisis económica. Revista Latinoamericana de Derecho Social 17: 179-195. https://doi.org/10.1016/S1870-4670(13)71978-X

Chai J, Horneff W, Maurer R, Mitchell OS (2011). Optimal portfolio choice over the life cycle with flexible work, endogenous retirement, and lifetime payouts. Review of Finance 15(4): 875-907. https://doi.org/10.1093/rof/rfr016

Chapman L, Meyers J (2001). Ergonomics and musculoskeletal injuries in agriculture: recognizing and preventing the industry's most widespread health and safety problem. Disponible en: https://www.cdc.gov/niosh/nioshtic-2/20022184.html (Consultado: 12 diciembre 2017).

Cimas M, Ayala A, Sanz B, Agulló-Tomás MS, Escobar A, Forjaz MJ (2017). Chronic musculoskeletal pain in European older adults: Cross national and gender differences. European Journal of Pain 22(2): 333-345. https://doi.org/10.1002/ejp.1123

Díaz Méndez C (2011). Perfiles de mujeres jóvenes rurales de baja cualificación. Un estudio de caso para la comprensión de sus estrategias de inserción sociolaboral en Asturias (España). Revista internacional de Sociología 69(3): 725-744. https://doi.org/10.3989/ris.2009.07.16

Douphrate DI, Fethke NB, Nonnenmann MW, Rodriguez A, Hagevoort R, Gimeno Ruiz de Porras D (2017). Full-shift and task-specific upper extremity muscle activity among US large-herd dairy parlour workers. Ergonomics 60(8): 1042-1054. https://doi.org/10.1080/00140139.2016.1262464

Everett J (1997). Ergonomic analysis of construction tasks for risk factors for overexertion injuries NIOSH Grant 5 R03 OH03154-02, Technical Report UMCEE 96-27. Department of Civil & Environmental Engineering, University of Michigan. Ann Arbor, EEUU.

Fathallah F, Duraj V (2017). Small changes make big differences: the role of ergonomics in agriculture. Resource Magazine 24(6): 12-13.

Hernández-Trujillo JM (2016). Cortadores de café en México. El inframundo del trabajo decente. Ra Ximhai 12(4): 93-110.

Holmberg S, Thelin A, Stiernström E-L, Svärdsudd K (2004). Psychosocial factors and low back pain, consultations, and sick leave among farmers and rural referents: a population-based study. Journal of Occupational and Environmental Medicine 46(9): 993-998. https://doi.org/10.1097/01.jom.0000137715.33662.02

ILO (2015). Statistics and Database. International Labour Organization. Disponible en: https://www.ilo.org/global/statistics-and-databases/lang-en/index.htm (Consultado: 10 marzo 2018).

INE (2017). España en cifras. Instituto Nacional de Estadística. Disponible en: http://www.ine.es/prodyser/espa_cifras/2017/index.html. (Consultado: 3 marzo 2018).

INSHT (2003). Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la Manipulación manual de cargas. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Madrid, España. 60 pp. Disponible en: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/cargas.pdf (Consultado: 2 diciembre 2017).

INSHT (2011). Portal de los trastornos musculoesqueléticos. Disponible en: http://www.insht.es/portal/site/MusculoEsqueleticos/. (Consultado: 2 diciembre 2017).

ITSS (2006). 7. Factores ergonómicos y psicosociales. 7.2 Guía de Actuación Inspectora en Factores Ergonómicos. Inspección de Trabajo y Seguridad Social, Madrid, España. 12 pp. Disponible en: http://www.mitramiss.gob.es/itss/ITSS/ITSS_Descargas/Atencion_ciudadano/Normativa_documentacion/Riesgos_laboral/7.2_GUIA_Factores_Ergonomicos.pdf (Consultado: 1 julio 2018).

Jain R, Meena M, Dangayach GS (2016). Need of agriculture hand tool design using quality and ergonomics principles. En: CAD/CAM, Robotics and Factories of the Future. Lecture Notes in Mechanical Engineering. (Eds. Mandal DK, Syan CS), pp. 77-84. Springer. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2740-3_9

Keawduangdee P, Puntumetakul R, Swangnetr M, Laohasiriwong W, Settheetham D, Yamauchi J, Boucaut R (2015). Prevalence of low back pain and associated factors among farmers during the rice transplanting process. Journal of Physical Therapy Science 27(7): 2239-2245. https://doi.org/10.1589/jpts.27.2239

Kim IJ (2016) Ergonomic challenges for nanotechnology safety and health practices. Journal of Ergonomics 6(5): e160. https://doi.org/10.4172/2165-7556.1000e160

Liu X, Wang L, Stallones L, Wheeler KK, Zhao W, Smith GA, Xiang H (2012). Back pain among farmers in a northern area of China. Spine 37(6): 508-514. https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e318221e83f

MAPAMA (2014). Medio Rural: trabajando en femenino. Ed. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/igualdad_genero_y_des_sostenible/MR%20trabajando%20en%20femenino_digital_tcm30-131214.pdf. (Consultado: 14 noviembre 2017).

Milosavljevic S, Bagheri N, Vasiljev RM, Mcbride DI, Rehn B (2012). Does daily exposure to whole-body vibration and mechanical shock relate to the prevalence of low back and neck pain in a rural workforce? The Annals of Occupational Hygiene 56(1): 10-17. DOI: 10.1093/annhyg/mer068

NR, IOM (2011). Musculoskeletal disorders and the workplace: Low back and upper extremities. Panel on Musculosketal Disorders and the workplace. Commission on Behavioral and Social Sciences and education. National Research Council and Institute Of Medicine.

Nüllen H, Noppeney T (2007). Lehrbuch qualitätsmanagement in der arztpraxis: entwicklung und einführung eines QMS. Deutscher Ärzte-Verlag. 217 pp.

O'Neill D, Moore D (2016). Human factors and ergonomics practice in agriculture: The Challen-

ges of Variety and Complexity. En: Human Factors and Ergonomics in Practice: Improving System Performance and Human Well-Being in the Real World (Ed. Shorrock S, Williams C), pp. 331-350. CRC Press.

OECT (2011) VII Encuesta de Condiciones del Trabajo (ENCT). Observatorio Estatal de Condiciones de Trabajo. Disponible en: http://encuestasnacionales.oect.es/ (Consultado: 1 marzo 2018).

Osborne A, Blake C, Fullen BM, Meredith D, Phelan J, McNamara J, Cunningham C (2012). Prevalence of musculoskeletal disorders among farmers: A systematic review. American Journal of Industrial Medicine 55(2): 143-158. https://doi.org/10.1002/ajim.21033

Pedauyé M (2015). Análisis ergonómico de tipo biomecánico en puestos de trabajo del sector agrícola. Trabajo Fin de Grado. Disponible en: https://www.uc3m.es/biblioteca/inicio (Consultado: 14 julio 2018).

Puello EC, Amador CE, Luna JM (2016). Determinantes sociales de salud en los agricultores del resguardo indígena Zenú. Revista Salud UIS 48(1): 14-26 DOI: 10.18273/revsal.v48n1-2016002

Punnett L, Wegman DH (2004). Work-related musculoskeletal disorders: the epidemiologic evidence and the debate. Journal of electromyography and kinesiology 14(1): 13-23. https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2003.09.015

Puntumetakul R, Siritaratiwat W, Boonprakob Y, Eungpinichpong W, Puntumetakul M (2011). Prevalence of musculoskeletal disorders in farmers: Case study in Sila, Muang Khon Kaen, Khon Kaen province. Journal of Medical Technology and Physical Therapy 23(3): 297-303.

Schneider E, Irastorza X, Copsey S (2010). OSH in figures: Work-related musculoskeletal disorders in the EU – Facts and figures. European Agency for Safety and Health at Work, Luxemburgo. https://doi.org/10.2802/10952

SPC (2007). Promoting longer working lives through pension reforms. First Part: Flexibility in retirement age provision. Social Protection Committee, European Union, Brussels.

Taechasubamorn P, Nopkesorn T, Pannarunothai S (2011). Prevalence of low back pain among rice farmers in a rural community in Thailand. The Journal of the Medical Association of Thailand 94(5): 616-621.

Trask C, Mathiassen SE, Wahlström J, Forsman, M (2014). Cost-efficient assessment of biomechanical exposure in occupational groups, exemplified by posture observation and inclinometry. Scandinavian Journal of Work, Environment & Health 40(3): 252-265. https://doi.org/10.5271/sjweh.3416

Vyas R, Bajpai N (2016). Ergonomics in agriculture: An approach to quality life of farm communities. Current Advances in Agricultural Sciences (An International Journal) 8(1): 92-95. https://doi.org/10.5958/2394-4471.2016.00019.8

Wilson JR (2000). Fundamentals of ergonomics in theory and practice. Applied Ergonomics 31(6): 557-567. https://doi.org/10.1016/S0003-6870(00)00034-X

Zorrilla-Muñoz V (2012). Trastornos musculoesqueléticos de origen laboral en actividades mecánicas del sector de la construcción. Investigación mediante técnicas de observación directa, epidemiológicas y software de análisis biomecánico. Tesis doctoral. Disponible en: http://dehesa.unex.es/handle/10662/85/browse?value=Zorrilla+Mu%C3%B1oz%2C+Vanesa&type=author (Consultado: 18 noviembre 2018).

Zorrilla-Muñoz V, Montero I, Lorente R, Miranda MT (2013). Enfoque epidemiológico sobre los factores de riesgo biomecánico por instalaciones mecánicas en edificios. Ciencia & Trabajo 15(46): 24-30. https://doi.org/10.4067/S0718-24492013000100006

Zorrilla-Muñoz V (2013). Estrategias eficaces y definitivas para la prevención, reducción y eliminación de los trastornos musculoesqueléticos en el sector de la construcción. ERGA Noticias 130: 15-17. Disponible en: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/PUBLICACIONES%20PERIODICAS/ErgaNoticias/Ficheros/2013/erganoticias130.pdf.

Zorrilla-Muñoz V. (2017). Investigación sobre las personas mayores desde la vivienda, agricultura, emisiones y cuidados. Aplicación de una perspectiva sociológica, preventiva y de género. Tesis doctoral. Disponible en: https://e-archivo.uc3m.es/ handle/10016/25505 (Consultado: 18 noviembre 2018).

(Aceptado para publicación el 18 de febrero de 2019)




itea
Información Técnica Económica Agraria

# CONCESIÓN DEL PREMIO PRENSA AGRARIA 2018 DE AIDA

**Presidente**
Juan A. Marín

**Secretaria**
Clara Mª Marín Alcalá

Dª. Clara Mª Marín Alcalá, Directora de la revista ITEA, en calidad de Secretaria del Jurado para la concesión del Premio Prensa Agraria 2018 de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA).

Notifica que reunido el Jurado para la concesión del Premio Prensa Agraria 2018 el día 8 de febrero de 2019, en las instalaciones del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), del que forman parte el Presidente de AIDA que preside el Jurado, la Directora de la revista ITEA, el Director Gerente del CITA del Gobierno de Aragón, el Director del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza, el Director de la Estación Experimental de Aula Dei y la Directora del Instituto Pirenaico de Ecología, han decidido por unanimidad que el Premio Prensa Agraria 2018 ha recaído en **J. Sió, A.D. Bosch Serra, J. Rosera, J. Chiné y J. Boixadera** por su artículo publicado en la revista ITEA titulado **"Características de los suelos y su fertilidad en relación con la incidencia de *bitter pit* en plantaciones de manzanas Golden".**

Zaragoza 8 de febrero de 2019

EL PRESIDENTE DE AIDA
Juan A. Marín

# PREMIOS DE PRENSA AGRARIA 2019 DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO

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

Los premios se regirán de acuerdo a las siguientes

## BASES

1. Podran concursar todos los artículos que versen sobre cualquier tema técnico-económico-agrario.
2. Los artículos que podrán acceder al premio serán todos aquellos que se publiquen en ITEA en el año 2019. Consecuentemente, los originales deberán ser enviados de acuerdo con las normas de ITEA y aprobados por su Comité de Redacción.
3. El jurado estará constituido por las siguientes personas:
   a) Presidente de AIDA, que presidirá el jurado.
   b) Director de la revista ITEA, que actuará de Secretario.
   c) Director Gerente del CITA (Gobierno de Aragón).
   d) Director del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza.
   e) Director de la Estación Experimental de Aula Dei.
   f) Directora 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 (Ibercaja, Ag. 156, Fernando el Católico 59, 50006 Zaragoza, nº ES65-2085-5202-7903-3053-6630) 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 (CUOTA ANUAL: 42 EUROS)**

| | |
|---|---|
| | Cargo a cuenta corriente (rellenar la domiciliación bancaria) |
| | Transferencia a la cuenta de AIDA ES65-2085-5202-7903-3053-6630 (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__<br><br>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 febrero de 2019)

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

A partir del 1 de 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, en español, se enviarán a través de la página web de AIDA (http://www.aida-itea.org/index.php/revista/revista-envio). Para ello, los autores deberán registrarse en la aplicación, y seguir las indicaciones pertinentes. El manuscrito se enviará como un único documento Word, incluyendo las tablas y figuras al final del mismo. Los autores deberán incluir en archivo independiente una carta de presentación en la que figure el título, los autores y un listado con 4 potenciales revisores (nombre completo, dirección postal y correo electrónico), que no deberán estar en conflicto de intereses con los autores o el contenido de manuscrito, en cuyo caso el Comité Editorial podrá negarse a colaborar con dichos revisores.

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

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

## 2. Tipos de manuscritos

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

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

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

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

## 3. Preparación del manuscrito

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

Todos los manuscritos incluirán, en la primera página:

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

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

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

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

Ejemplo:

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

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

*autor para correspondencia: gpardos@aragon.es

El manuscrito incluirá a continuación:

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

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

**En inglés**: Título del artículo, Resumen, Palabras clave

### 4. Apartados del manuscrito

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

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

  *un autor (Padilla, 1974)

  *dos autores (Vallace y Raleigh, 1967)

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

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

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

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

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

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

Al final del trabajo se referenciarán en orden alfabético, por autor, todas las citas utilizadas en el texto. 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 píxeles por pulgada.5.

## 5. Normas de estilo

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

Volumen 115
Número 1
Marzo 2019

# itea

información técnica económica agraria

www.aida-itea.org

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO

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