

# itea

información técnica económica agraria

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO

Volumen 117

Número 2

Marzo 2021



aida-itea.org

|                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2021- AÑO LII<br>Vol. 117 N.º 2<br><a href="http://dx.doi.org/10.12706/itea">http://dx.doi.org/10.12706/itea</a> | <b>DIRECCIÓN Y REDACCIÓN</b><br>Avda. Montañana, 930<br>50059 ZARAGOZA (ESPAÑA)<br>Tel.: 34-976 716305<br>Fax.: 34-976 716335<br>E-mail: <a href="mailto:direccion@aida-itea.org">direccion@aida-itea.org</a> | 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 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| DIRECCIÓN:           | Albina Sanz, CITA de Aragón. España                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| EDICIÓN CIENTÍFICA:  | José Manuel Alonso, CITA de Aragón. España<br>Javier Álvarez, Universidad de Lleida. España<br>Alicia Cirujeda, CITA de Aragón. España<br>Paula Gaspar, Universidad de Extremadura. España<br>Gabriel Pardo, CITA de Aragón. España<br>Ana Pina Sobrino, CITA de Aragón. España<br>Helena Resano, IA2-Universidad de Zaragoza. España.<br>Guillermo Ripoll, CITA de Aragón. España<br>Ana Isabel Sanjuán, CITA de Aragón. España                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| EDICIÓN TÉCNICA:     | María Salillas, Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario. España                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| COMITÉ DE REDACCIÓN: | Alfonso Abecia, Universidad de Zaragoza. España.<br>Jorge Álvaro, EEAD Zaragoza. España<br>Arancha Arbeloa, EEAD Zaragoza. España<br>Carlos Calvete, CITA de Aragón. España<br>Fernando Escriu, CITA de Aragón. España<br>Vicente González, CITA de Aragón. España<br>Cristina Mallor, CITA de Aragón. España<br>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<br>M <sup>a</sup> Elena Daorden, INTA, Argentina • M <sup>a</sup> 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 • M <sup>a</sup> Teresa Muiño, Universidad de Zaragoza, España • César Revoredo-Giha, SAC, Reino Unido • Ricardo Revilla, España • José Antonio Rubio, ITACYL, España<br>Pierre Sans, École Nationale Vétérinaire de Toulouse, Francia • Guillermo Studdert, Universidad del Mar del Plata, Argentina • Alfredo Teixeira, Escola Superior Agrária de Bragança, Portugal • Luís Varona, Universidad de Zaragoza, España |

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

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



Foto y texto: Javier Rodrigo

Cerezo (*Prunus avium* L.) cubierto por malla en los días previos a la maduración. En investigación de frutales, algunos experimentos requieren el aislamiento de árboles con mallas. En ensayos de polinización controlada es habitual cubrir árboles enteros con malla mosquitera durante la floración para evitar la entrada de insectos, impidiendo así la llegada de polen externo. También se pueden usar mallas para evitar que los pájaros se coman los frutos en los días previos a la maduración, especialmente en zonas alejadas de plantaciones comerciales. Las parcelas experimentales del CITA se encuentran a pocos kilómetros del centro urbano de Zaragoza, lo que ha provocado la llegada de cotorras en los últimos años y ha acrecentado el problema, ya que se comen las cerezas incluso antes del envero.

## Editorial

### En memoria de Rafael Socías i Company



El pasado 22 de noviembre de 2020 falleció a los 74 años de edad el Dr. Rafael Socías i Company, investigador 'ad honorem' del CITA, tras padecer una larga enfermedad. Su pérdida ha causado profunda tristeza en sus compañeros del CITA de Aragón y del Campus de Aula Dei de Zaragoza, y desde la Revista ITEA, con la que Rafael colaboró muy activamente, queremos dedicarle estas líneas de recuerdo y homenaje.

Rafael Socías i Company nació en Sa Pobla (Mallorca) en el año 1946. Sus contactos con el almendro, la especie frutal a la que dedicaría su carrera profesional, fueron tempranos, ya el almendro era un cultivo de mucha importancia económica en la isla, y Rafael de niño, ya ayudaba en casa durante el tiempo de la cosecha.

Tras acabar bachiller, aunque le hubiese gustado estudiar Historia, decidió estudiar Ingeniería Agrónoma en la ETSIA de Valencia, licenciándose el año 1970. Fue en Valencia donde se desarrolló su interés por la Fruticultura, lo que le llevó a solicitar una beca para estudiar el curso de Horticultura en el Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza. Al concluirlo, fue becario durante unos meses en el Centro Regional de Investigación y Desarrollo Agrario de la División 03 (CRIDA-03) del INIA de Zaragoza (actualmente el CITA de Aragón), lo que le permitió tener conocimiento de los incipientes trabajos de mejora del cultivo del almendro del Dr. Antonio J. Felipe, que había reunido una importante colección de variedades de almendro, con el objeto de seleccionar las variedades que mostraban una mejor adaptación al Valle del Ebro, ensayar la compatibilidad de polinización entre las distintas variedades, así como también ensayar distintos patrones para el almendro.

A finales de 1972, Rafael obtuvo una beca del Banco Mundial para especializarse en el extranjero, y fue en ese momento cuando tomó la decisión de que debía ir a la Universidad de California, en Davis, para colaborar con el Dr. Dale E. Kester, que estaba al cargo del programa de mejora genética del almendro más importante de Estados Unidos. Durante su estancia en Davis, Rafael obtuvo el título de "Master of Science", especializándose en la observación del crecimiento de los tubos polínicos en el estilo a través de la microscopía con fluorescencia, técnica que posteriormente utilizó durante toda su carrera, para determinar la compatibilidad polen – pistilo en el almendro. Rafael me comentó en una ocasión, en broma, que él creía que era el ser humano que mayor tiempo había dedicado en su vida a observar por microscopio el crecimiento de los tubos polínicos de almendro, y posiblemente tuviese razón. Sin duda alguna, Rafael aprovechó y disfrutó al máximo su estancia en Estados Unidos.

A su vuelta a España, a finales de 1975, Rafael fue contratado para trabajar en la Unidad de Fruticultura del CRIDA-03 de Zaragoza, centro en el que desarrolló toda su carrera investi-

gadora, aunque este centro pasó a llamarse Servicio de Investigaciones Agrarias (SIA) en 1984, y a partir de 2004, adoptó su nombre actual, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA). En 1976, Rafael se doctoró en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Madrid, bajo la dirección del catedrático Dr. Fernando Gil-Albert Velarde, con la tesis con título “Efecto de la temperatura sobre el crecimiento de los tubos polínicos de algunas selecciones de almendro autocompatibles procedentes de la hibridación del melocotonero y del almendro”.

Rafael dedicó la mayor parte de su actividad investigadora al Programa de Mejora Genética del Almendro, colaborando especialmente con Antonio Felipe hasta su jubilación y posteriormente con estudiantes que llevaron a cabo sus tesis doctorales y sus proyectos fin de grado. Destacan sus estudios para el conocimiento de la autocompatibilidad polen-pistilo en el almendro; el descubriendo de su transmisión, su heredabilidad, la influencia de la consanguinidad sobre la expresión, su componentes cuantitativa y cualitativa, la identidad de los alelos *S* de autoincompatibilidad, o los efectos de las mutaciones epigenéticas. Otras líneas relevantes fueron el avance en el retraso de la floración del almendro para mitigar la pérdida de la cosecha causada por las heladas y la caracterización de la composición química de la pepita en las distintas variedades y su relación con la calidad.

Rafael compaginó su labor de investigador con la de Jefe de la Unidad de Fruticultura desde 1997 hasta que le obligaron a jubilarse en 2013, como consecuencia de los recortes económicos. Sin embargo, consiguió permanecer ligado al centro como investigador ‘ad honorem’ y continuó activamente sus trabajos en el Programa de Mejora Genética del Almendro, sin remuneración alguna.

El *curriculum vitae* de Rafael fue muy extenso, de difícil síntesis, pese a que él era de la opinión de que el investigador debía trabajar para resolver problemas, no para publicar, con la idea de devolver a la sociedad como servicio, la financiación que recibía de ella. Al incorporarse a la Unidad de Fruticultura tras su estancia en California, se encuentra con dos buenos ejemplos del trabajo que debe llevar a cabo un investigador agrario en el sentido de solucionar problemas, sus colegas Antonio Felipe y Manolo Carrera, así como el perito agrícola Mariano Cambra. Sin duda, Rafael sentía un gran respeto y admiración por ellos, tanto por considerar que estos investigadores han contribuido muy positivamente al desarrollo frutícola español, como por su calidad personal. De ellos también aprendió la necesidad de colaborar estrechamente con el sector para conocer sus necesidades e intentar solucionarlas: los agricultores, los viveristas, las cooperativas, los industriales, ...

Como datos más relevantes de su *curriculum vitae*, se puede indicar que sumó unas 400 publicaciones, 77 de ellas en revistas indexadas. Fue un asiduo colaborador de la Revista ITEA, siendo autor de 27 artículos, 23 de los cuales se publicaron antes de que nuestra revista estuviese incluida dentro del índice JCR, lo que manifiesta claramente el cariño que sentía por esta revista así como por AIDA. Fue responsable de 23 proyectos de investigación nacionales, siendo las sucesivas versiones del proyecto de “Mejora genética del almendro” a los que más esfuerzos dedicó. También mostró mucho interés por la conservación de los recursos fitogenéticos, liderando proyectos nacionales, como el del “Banco Nacional de Germoplasma de Frutales de Hueso y Pepita”, como proyectos europeos, destacando el proyecto “*Prunus* Genetic Resources”. Participó en 35 congresos internacionales, con 146 contribuciones, así como en numerosos congresos nacionales con 71 contribuciones nacionales. Organizó dos congre-

sos internacionales, el III International Symposium on Pistachios and Almonds en 2001 y el XII Eucarpia Symposium on Fruit Breeding Genetics, en 2007. A nivel nacional, organizó el VII Congreso de Mejora Genética de Plantas de la SECH en 2014, así como cinco Jornadas de AIDA.

Pero, sin ninguna duda, los logros que más llenaban de orgullo a Rafael eran los obtenidos en el programa de mejora genética de almendro. Las variedades 'Ayles', 'Guara', 'Moncayo' y los patrones 'Garnem', 'Felinem' y 'Monegro', antes de la jubilación de Antonio Felipe, y las variedades 'Blanquerna', 'Cambra', 'Felisia', 'Isabelona', 'Soleta', 'Diamar' y 'Vialfas', cuyos nombres ya tienen una significación especial para Rafael. 'Soleta', 'Isabelona' y 'Diamar' hacen referencia a sus tres hijas, Soledad, Isabel y María, y 'Blanquerna' en recuerdo Ramon Llull, filósofo, poeta, místico, teólogo y misionero mallorquín, y 'Vialfas', en referencia al antiguo nombre de su pueblo natal, Sa Pobla. Rafael afirmaba recientemente que se sentía más orgulloso de los miles de hectáreas plantadas con las obtenciones del programa de almendro del CITA, que de las numerosas publicaciones y artículos científicos que había escrito a lo largo de su vida. Estas variedades están teniendo una proyección global y cumplen con las expectativas de los viveristas que producen las plantas, de los agricultores que las cultivan, de los mayoristas que las comercializan, de los industriales que las transforman y de los consumidores que las aprecian.

Ocupó en diferentes momentos puestos en comités y representaciones internacionales, siendo representante español del ECP/ GR *Prunus* Working Group, presidente del Almond Working Group de la International Society for Horticultural Science, presidente del GREMPA (FAO), presidente de la Sección de Frutales de EUCARPIA, miembro del Fruit Publication Award Committee de la American Society for Horticultural Science, ... También participó en otras actividades científicas nacionales, como profesor del Curso de Master de Mejora Genética Vegetal del IAMZ y del Curso Internacional de Recursos Fitogenéticos del INIA, fue vocal del Comité de Recursos Fitogenéticos del INIA, vocal, secretario y vice-presidente de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA), miembro del Comité Asesor de la Revista ITEA, o editor asociado del Spanish Journal of Agricultural Research, entre otros.

Entre las distinciones que le concedieron, destacan el Premio a la Innovación y a la Investigación Agroalimentaria, en el año 2014, de la Alianza Agroalimentaria Aragonesa, y el Premio Antonio Esteban Fernández a la carrera profesional, en el año 2018, del Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Aragón, Navarra y País Vasco.

Su último gran éxito profesional fue la edición del libro 'Almonds. Botany, production and uses' en el año 2017 por encargo de la editorial inglesa CABI (Commonwealth Agriculture Bureau International), una de las editoriales más prestigiosas en el campo agrícola. Rafael compartió la edición del libro con el Dr. Thomas M. Gradziel, sucesor del Dr. Dale E. Kester, mentor de Rafael durante su estancia en California. En este libro colaboraron colegas expertos de España, y también científicos relevantes de Estados Unidos, Francia, Australia, Argentina, Chile y Marruecos. Para Rafael fue una satisfacción muy grande acabar su carrera profesional con la publicación de este libro en el que se reunía a los principales investigadores a nivel internacional que estaban trabajando transversalmente en la mejora del cultivo del almendro.

Una de las muchas facetas desconocidas de Rafael Socías era su amor por la literatura. Ganó los premios Ciudad de Palma de poesía en 1968 con la obra "Camina, caminaras" y Ciutat de Manacor en 1972, con «Parla Narcís». Colaboró con la revista "Sa Plaza en Sa Pobla", siendo uno de los colaboradores y articulistas habituales. Sus escritos, cuidadosos y con un lenguaje

muy pulcro y a la vez comprensible, narrando hechos e historias, de las que en muchas ocasiones él fue partícipe. Rafael también participó en 2016 en la publicación “Cinco hombres de pueblo”, una publicación conjunta con otros autores. La última vez que le visité, Rafael estaba preocupado porque no pudiese llegar con vida a la publicación de su último relato, “La niña de Miramar”, una narración de la sociedad clasista que imperaba en Sa Poble a principios del siglo XIX. Este relato lo inició a escribir con la idea de que fuese parte de su primera gran novela. En la conversación que tuvimos, se entremezclaba la alegría de su publicación y la melancolía de no disponer de más tiempo en su vida para completar una serie de novelas que le hubiese gustado escribir. Intuyo que éste era un proyecto muy ilusionante para Rafael, proyecto que había ido aplazando y que pretendía llevarlo a cabo durante su jubilación y que desgraciadamente se quedó en el camino. “La niña de Miramar” fue presentada en Sa Poble el 13 noviembre, 9 días antes de fallecer.

Sus compañeros recordaremos con una sonrisa a Rafael por muchas otras cuestiones. Por ejemplo, no había una celebración importante de la Unidad o un banquete de congreso, en la que Rafael antes de despedirnos, leyese un poema que había improvisado unos minutos antes, en el cual reflejaba irónicamente y con alegría los hechos acontecidos o que resaltase las comunicaciones más relevantes del congreso, arrancando risas y aplausos de todo el aforo. También lo recordaremos como un lector insaciable. Los que coincidíamos con él en el Campus de Aula Dei, nos hacía gracia verle, vestido con su bata blanca de laboratorio, andando de camino del comedor de la residencia de EEAD, leyendo absorto un artículo científico o una revista literaria, y temíamos que algún día le pudieran atropellar al cruzar la carretera. Rafael, en cualquier conversación, te podía dar una verdadera lección de historia totalmente improvisada, o una lección magistral de fruticultura. Rafael era el primero en leer la bibliografía más reciente, y puntualmente nos proporcionaba las últimas revistas que llegaban a la biblioteca del CITA con una señal en los artículos que él consideraba que nos podían interesar.

En muchas de sus charlas incluía una frase, que refleja un mensaje que debemos tener siempre en cuenta todos los investigadores, el reconocimiento de los esfuerzos de los que nos precedieron en los éxitos que obtenemos en la actualidad; “Bebemos el agua de pozos que no hemos excavado y nos calentamos en fuegos que no hemos encendido”.

Rafael solía decir que entre los investigadores del almendro quizás había tres que destacaban sobre los demás; Charles Graselly, Dale E. Kester y Antonio Felipe. Sin duda, en esta lista habría que añadir también a Rafael Socías i Company.

**José Manuel Alonso Segura**

## Sumario

### Producción Vegetal

Materiales porosos como soporte de viabilidad de *Beauveria bassiana* para el biocontrol de *Sphenarium purpurascens* in vitro.

*Porous materials as viability support of Beauveria bassiana for the biocontrol of Sphenarium purpurascens* in vitro.

Antonio Rivera-Tapia, Luis Josué Amaro-Leal, M. Angeles Valencia-de Ita, Conrado Parraguirre-Lezama, Dora M. Sangerman-Jarquín y Omar Romero-Arenas 90

### Producción Animal

Bienestar y resultados zootécnicos en conejos de carne durante su lactancia y engorde. Revisión bibliográfica.

*Welfare and performance results in meat rabbits during their lactation and fattening. A review.*

Marina López, Concha Cervera y Juan José Pascual 108

Parámetros hematológicos y bioquímicos de vaquillas engordadas en corral bajo estrés calórico: Efecto de área de sombra y genotipo.

*Hematological and biochemical parameters in feedlot heifers under heat stress: Effect of shade area and genotype.*

José Antonio Aguilar-Quíñonez, Juan Eulogio Guerra-Liera, Leonel Avendaño-Reyes, Ulises Macías-Cruz, Abelardo Correa-Calderón, Rubén Barajas-Cruz, Miguel Ángel Gastelum-Delgado, Miguel Mellado y Arnulfo Vicente-Pérez 130

Calidad instrumental de la carne de cabrito lechal. Revisión bibliográfica.

*Instrumental quality of suckling kid meat. A review.*

Guillermo Ripoll, María Jesús Alcalde y Begoña Panea 145

Comparación del sistema de ordeño convencional y robotizado para los parámetros de composición y calidad de leche, en sistema a pastoreo.

*Comparison of the conventional and robotic milking system for the parameters of composition and quality of milk, in grazing system.*

Juan Pablo Avilez, Pía Meyer y Jorge Luis Meyer 162

Relación entre el peso al nacimiento de los lechones de cerdas hiperprolíficas y los parámetros productivos y económicos en los cerdos de engorde.

*Relationship between the weight at birth of piglets from hyperprolific sows and the productive and economic parameters in grow-finisher pigs.*

Sara Crespo y Joaquín Gadea 173

### Economía Agraria

Tipificación estructural y rentabilidad de explotaciones ovinas de carne.

*Structural typification and profitability of sheep meat farms.*

Louiza Chekmam, María Teresa Maza-Rubio y Luis Pardos 191

## Materiales porosos como soporte de viabilidad de *Beauveria bassiana* para el biocontrol de *Sphenarium purpurascens* in vitro

Antonio Rivera-Tapia<sup>1</sup>, Luis Josué Amaro-Leal<sup>2</sup>, M. Angeles Valencia-de Ita<sup>2</sup>,  
Conrado Parraguirre-Lezama<sup>2</sup>, Dora M. Sangerman-Jarquín<sup>3</sup>  
y Omar Romero-Arenas<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas, ICUAP-BUAP; Edificio 103-J, Ciudad Universitaria. C.P. 72570, Puebla, México

<sup>2</sup> Centro de Agroecología, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP); Edificio VAL 1, Km 1,7 carretera a San Baltazar Tetela, San Pedro Zacachimalpa. C.P. 72960, Puebla, México

<sup>3</sup> Campo Experimental Valle de México-INIFAP. Carretera Los Reyes-Texcoco km 13,5, Coatlinchán, Texcoco, Estado de México. CP. 56250, México

### Resumen

Los hongos entomopatógenos son un amplio grupo de microorganismos que proveen múltiples servicios a los sistemas agroecológicos y, presentan algunas ventajas sobre los insecticidas químicos, ya que producen tasas de mortalidad de un modo natural y tienen menor impacto ambiental que éstos. La producción de agentes de biocontrol como *Beauveria bassiana* (Hymenochaetales: Clavicipitaceae) encuentra múltiples limitaciones, como el ajuste de la concentración óptima de conidios y velocidad específica de muerte, entre otras; además, se desconoce el potencial que pueden tener las cepas nativas mexicanas para su uso en el control del chapulín, *Sphenarium purpurascens* (un ortóptero comestible pero que se comporta como plaga en muchos cultivos).

En la presente investigación, se evaluó la mortalidad de dos instares (o estadios) de *S. purpurascens* in vitro más la fase adulta, mediante la aplicación de bio-preparados de la cepa MA-Bb1 en materiales porosos como soporte. La mayor mortalidad corregida %MC y la mayor velocidad específica de muerte K ( $d^{-1}$ ) del ortóptero para los diferentes instares, así como para el adulto de *S. purpurascens*, se presentó en el bio-preparado (Zeolita+Diatomita+B. *bassiana*) a una concentración de  $1 \times 10^8$  conidios  $mL^{-1}$ , presentando una viabilidad del 89,1 %. Estos resultados muestran la posibilidad para el biocontrol con el uso de la cepa nativa mexicana MA-Bb1 de *B. bassiana* en combinación con materiales porosos de diatomita y zeolita, en condiciones de laboratorio.

**Palabras clave:** Conidios, cepa nativa, chapulín, mortalidad, monominerales.

---

\* Autor para correspondencia: biol.ora@hotmail.com

Cita del artículo: Rivera-Tapia A, Amaro-Leal LJ, Valencia-de Ita MA, Parraguirre-Lezama C, Sangerman-Jarquín DM, Romero-Arenas O (2021). Materiales porosos como soporte de viabilidad de *Beauveria bassiana* para el biocontrol de *Sphenarium purpurascens* in vitro. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 117(2): 90-107. <https://doi.org/10.12706/itea.2020.032>

### Porous materials as viability support of *Beauveria bassiana* for the biocontrol of *Sphenarium purpurascens* *in vitro*

#### Abstract

Entomopathogenic fungi are a large group of micro-organisms that provide multiple services to agro-ecological systems and have some advantages over chemical insecticides, since they produce mortality rates naturally and have less environmental impact. The production of biocontrol agents such as *Beauveria bassiana* finds multiple limitations, such as the adjustment of the optimum concentration of conidia and specific speed of death, among others. In addition, the potential that Mexican native strains can have for their use in the control of the grasshopper *Sphenarium purpurascens* (an edible insect but that behaves as a pest in several crops). In the present investigation, the mortality of two instars (or stages) of *S. purpurascens* *in vitro* plus the adult phase, was evaluated by applying bio-preparations of the MA-Bb1 strain in porous materials as support. The highest corrected mortality CM% and the highest specific speed of death  $K(d^{-1})$  of the orthopter for the different instants, as well as for the adult of *S. purpurascens* was presented in the bio-preparation (Zeolite + Diatomite + *B. bassiana*) at a concentration of  $1 \times 10^8$  conidia  $mL^{-1}$ , presenting a viability of 89,1%. These results show the possibility for biocontrol with the use of the native Mexican strain MA-Bb1 of *B. bassiana* in combination with porous materials of diatomite and zeolite, in laboratory conditions.

**Keywords:** Conidia, native strain, grasshopper, mortality, monomineralic.

#### Introducción

*Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Acrididae; Romaleidae) es una especie cosmopolita, distribuida en zonas tropicales, desérticas y con mayor frecuencia en praderas, donde alcanza altas poblaciones (Bustillos-Rodríguez et al., 2015). Cueva del Castillo et al. (1999) mencionan que en México se distribuyen ampliamente en la zona centro y sur del país abarcando los estados de Veracruz, Guerrero, Oaxaca y Chiapas, para la zona sur y los estados de Hidalgo, Michoacán, Querétaro, México y Puebla para el centro del país, afectando diversos cultivos agrícolas como frijol, alfalfa, calabaza y maíz, (Morales-Martínez et al., 2013). El valle de Puebla-Tlaxcala, estados pertenecientes al centro de México, presentan cultivos predominantes como el maíz, el frijol y la alfalfa, que son continuamente afectados por *S. purpurascens*; alimentándose del follaje y causando pérdidas económicas al productor (Cerritos y Cano-Santana, 2007). Esta especie abarca hasta Guatemala y algunas islas del Caribe (Kevan,

1977), sin embargo, hay que considerar que hay más de 350 especies de saltamontes y langostas que invaden periódicamente los agrosistemas de todo el mundo, donde las poblaciones locales pueden aumentar significativamente y considerarse “plagas nativas”, además, las especies de plagas no nativas pueden migrar al área y, en algunos casos, cambiar las interacciones entre especies nativas (Speight et al., 1999).

En todo el mundo se utilizan los pesticidas químicos en entornos agrícolas, es una práctica común para el control de plagas; sin embargo, la aplicación de estos productos, involucra una gran variedad de fuentes de exposición, incluyendo residuos en alimentos, suelo y agua, encontrando efectos negativos como la muerte de organismos no objetivo, problemas de salud humana, contaminación ambiental e interferencia con las funciones del ecosistema (Sanborn et al., 2007), generando pérdida en la biodiversidad, concretamente, los insectos polinizadores son muy susceptibles a la acción de ciertos compuestos químicos.

Además, muchos insectos desarrollan rápidamente resistencia genética a los pesticidas (Georghiou y Mellon, 1983), agudizando más los problemas antes mencionados.

Estos métodos han obligado a buscar alternativas a los insecticidas sintéticos y el biocontrol representa una posibilidad para el control de *S. purpurascens* (Vázquez-Jorge et al., 2016). El uso de hongos entomopatógenos para el biocontrol de insectos en diversos cultivos, ha sido una de las mejores propuestas para combatir diferentes plagas, ya que presentan un amplio espectro de huéspedes (De Faria y Wraight, 2007). Entre los hongos más utilizados como insecticidas biológicos, se incluye a *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*; *B. bassiana* infecta más de 200 especies de insectos y ácaros de diversos géneros, en los órdenes Orthoptera, Hemiptera, Lepidoptera, Dermaptera, Hymenoptera, Coleoptera, entre otros, además se cree que *B. bassiana* puede ser efectivo para el biocontrol de *S. purpurascens* en el valle de Puebla-Tlaxcala, ya que se ha observado tiene la capacidad de penetrar la cutícula del insecto (Huerta et al., 2014).

Para la utilización de *B. bassiana*, como agente de biocontrol, es necesario desarrollar sistemas de producción y formulación masiva que permitan mayor eficacia que los productos químicos, siendo uno de los requisitos para la aceptación y comercialización de un preparado biológico, además se deben desarrollar formulaciones que garanticen su viabilidad, capacidad de desarrollo y almacenamiento (Cruz et al., 2006).

Una posibilidad sería el uso de determinados materiales porosos como portadores de estos hongos. Algunos de ellos presentan una composición mayoritaria de un solo mineral, de los cuales destacan el yeso, la sal común, la anhidrita, la calcita y algunas zeolitas; también se incluyen las diatomitas, las radiolarias y calizas fusulinicas, que se componen de esqueletos silíceos de diatomeas (algas unicelulares)

y de radiolarios (protozoos microscópicos). El uso de polvos inertes, presentan una alternativa para el control de insectos, pero que son relativamente inofensivos para los humanos y los vertebrados superiores, además de tener un impacto limitado en el ambiente (Rouhani et al., 2012).

La preparación de materiales mesoporosos a partir de monominerales presentan excelentes propiedades de adsorción de moléculas orgánicas de diferente naturaleza, intercambiadores iónicos, catalizadores y tamices moleculares, características que los hacen muy atractivos, tanto a nivel de laboratorio como industrial, adsorbentes con estas propiedades selectivas incluyen carbones activados, sílice microporosa y zeolitas (Bhattacharyya et al., 2010). Estos desarrollos provocaron un renovado interés en el uso de polvos desecantes para el control de plagas de insectos, ya que las nanopartículas (Rouhani et al., 2012) y las zeolitas son ejemplos de clases de materiales cuyo potencial para el manejo de plagas agrícolas se ha evaluado recientemente. Pero también los "insecticidas naturales" establecidos como las tierras de diatomeas están siendo revisados por los investigadores (De Smedt et al., 2015).

Las zeolitas, en cambio, son materiales microporosos [diámetro de poro ( $w$ ),  $w < 2$  nm (De Smedt et al., 2015), constituidos principalmente de átomos de Si y Al (llamados átomos T), cada uno de los cuales está unido de forma tetraédrica a los átomos de  $O^2$ . Considerando este aspecto, las zeolitas presentan muchas aplicaciones, el tamaño y la selectividad de formas, intervienen en procesos de catálisis, intercambio iónico y adsorción (Curtis y Deem, 2003).

Los datos sobre la efectividad de las zeolitas contra las plagas de insectos son escasos, sin embargo, Haryadi et al. (1994) han demostrado que la zeolita natural puede ser efectiva para controlar el gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* (Motsch), además Kljajić et

al. (2011) también han encontrado una alta efectividad de la zeolita natural originaria de Serbia, contra tres plagas de escarabajos en trigo almacenado.

Por otro lado, la diatomita esta constituida por dióxido de silicio proveniente de restos fosilizados de algas diatomeas de agua dulce y salada (Cook y Armitage, 2000). El silicio constituye entre el 70 % y 90 % del total de los compuestos presentes en la diatomea, siendo el resto cantidades pequeñas de minerales como calcio, fósforo, azufre, níquel, zinc, manganeso, aluminio, hierro, magnesio y sodio (Korunic, 1998) compuestos importantes para el desarrollo de microorganismos. Además, las diatomeas son insecticidas naturales; utilizados en el control integrado de plagas en diversos cultivos agrícolas (Korunic, 1997; Arthur, 2004). Athanassiou y Korunic (2007), manifestaron que la susceptibilidad de los insectos a la diatomita es variable, dependiendo de la especie y estadio de desarrollo, sin embargo, las tendencias actuales en el manejo integrado de plagas (MIP), se orientan hacia la preservación del ambiente junto al uso de métodos de bajo impacto y pesticidas naturales de escasa toxicidad, entre los que se encuentran, las tierras de diatomeas (Dal Bello et al., 2006).

El objetivo de esta investigación fue evaluar la mortalidad de *S. purpurascens* mediante la combinación de 2 materiales mesoporosos (zeolita y diatomita) y conidios de *B. bassiana* *in vitro*, así como viabilidad de conidios en los materiales porosos.

## Material y métodos

### Material biológico

Se utilizó la cepa MA-Bb1 de *B. bassiana*, proveniente del Municipio de Tetela de Ocampo, Puebla, México; dicha cepa fue depositada y mantenida en medio de cultivo agar papa

dextrosa (PDA) en el Centro de Recursos Genéticos del Centro de Agroecología del Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), cuya identidad se confirmó mediante la amplificación de la región ITS1 e ITS4 (White et al., 1990).

La secuencia obtenida para cada región genómica de la cepa MA-Bb1 se comparó *in silico* con 9 accesiones homólogas mediante la herramienta BLAST, presente en el sitio Web del Centro Nacional de Información Biotecnológica (NCBI, 2020) de los Estados Unidos.

### Elaboración de bio-preparados y viabilidad de la cepa MA-Bb1

Las preparaciones se hicieron a partir de colonias frescas de *B. bassiana* en medio de cultivo PDA de 10 días, sometidas a un fotoperiodo de 12:12 horas luz:oscuridad, reproduciéndola masivamente en 500 g de arroz esterilizado en 10 cajas Petri con 5 mL de agua estéril, inoculadas con un disco de 0,5 mm de la cepa MA-Bb1, e incubadas durante 20 días a  $28 \pm 1$  °C y 60 % de humedad. Para la obtención de conidios, se frotó suavemente el arroz colonizado en un tamiz ENDECOTTS® hasta la obtención de un polvo fino mediante operación manual; tras esto, cada muestra se tamizó mediante una rejilla metálica n.º 60 con malla de apertura de 250 µm; se molieron hasta obtener un tamaño de partícula de 0,2 mm (AOAC, 2006). Se determinó la concentración de conidios en una proporción de 1/10 mediante el conteo en una cámara Neubauer, ajustando la suspensión inicial con  $1 \times 10^8$  con  $\text{mL}^{-1}$ . Se prepararon 4 bio-preparados con la cepa MA-Bb1 a base de zeolita y diatomita, así como un grupo testigo, que consistió de agua destilada estéril.

La viabilidad de conidios se calculó haciendo una relación entre el porcentaje de germinación y el número de conidios iniciales de cada bio-preparado, el cual se consideró como el 100 % de viabilidad (Tabla 1). Se ob-

servaron 100 conidios y se registró el número de conidios germinados de los cinco puntos de la placa de Petri; se consideraron germinados aquellos conidios cuyo tubo germinativo mostrase la mitad del diámetro del co-

nidio; esta cuenta se hizo por triplicado para cada bio-preparado a base de *B. bassiana* (Dal Bello et al., 2006). Los datos se sometieron a un análisis de varianza y a la prueba de grupos homogéneos ( $P < 0,05$ ).

Tabla 1. Formulación y viabilidad de bio-preparados a base de conidios de *Beauveria bassiana* (Bb1).  
Table 1. Formulation and viability of bio-preparations based on conidia of *Beauveria bassiana* (Bb1).

| Clave   | Zeolita (g) | Diatomita (g) | Agua (mL) | Conidios $\text{mL}^{-1}$ <i>B. bassiana</i> | % Viabilidad inicial | % Viabilidad final | EEM    |
|---------|-------------|---------------|-----------|----------------------------------------------|----------------------|--------------------|--------|
| Z+D+Bb1 | 25          | 25            | 250       | $1 \times 10^8$                              | 100                  | 89,11 <sup>a</sup> | 1,2741 |
| Z+Bb1   | 50          | –             | 250       | $1 \times 10^8$                              | 100                  | 83,88 <sup>a</sup> | 0,9043 |
| D+Bb1   | –           | 50            | 250       | $1 \times 10^8$                              | 100                  | 56,33 <sup>b</sup> | 3,2956 |
| Bb1     | –           | –             | 250       | $1 \times 10^8$                              | 100                  | 49,11 <sup>b</sup> | 3,8530 |
| Z+D     | 30          | 30            | 250       | –                                            | –                    | –                  | –      |
| Testigo | –           | –             | 250       | –                                            | –                    | –                  | –      |

Medias con letras diferentes indican diferencias significativas con la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ). EEM = error estándar de la media.  $F_{\text{cal.}}$  = F calculada (55,9260) y  $P_{\text{val}}$  = valor de P (Probabilidad  $\leq 0,001$ ); Z = zeolita, D = tierra de diatomitas.

### Inoculación de *B. bassiana* en tres instares de *S. purpurascens* in vitro

Para efectuar los 4 bioensayos se utilizaron en total 2.160 individuos de *S. purpurascens* colectados en parcelas de maíz del municipio de Amozoc de Mota, Puebla-México. En cada bioensayo se evaluó la eficacia de los mismos bio-preparados sobre los instares segundo, cuarto y sobre adultos recolectados en el periodo de julio de 2017 a agosto de 2018, como se muestra en la Tabla 2.

Se utilizó una caja de plástico por instar, tratamiento y ensayo de 102 L de capacidad, largo de 34,41 cm, ancho de 78 cm y altura 38 cm, modelo BO102GAL cubierta con malla mosquitera n.º 2 (Douglas et al., 1997). En cada una de las cajas, se agregaron 250 mL de cada bio-preparado, con la ayuda de una

Aspersora de Compresión Swissmex 1,5 L modelo: 310.055 observándose cada 24 h durante 15 días; es decir, que al final del experimento se utilizaron 1.620 individuos de los tres instares para el año 2017 y 540 para el año 2018. A todos los tratamientos se les adicionó 3,7 kg de alfalfa (*Medicago sativa* L.) fresca como dieta de los chapulines por unidad experimental en los 2 años del experimento, la temperatura se mantuvo a  $26 \pm 1$  °C y la humedad relativa a  $84 \pm 2$  %.

### Análisis de datos

La mortalidad se corrigió mediante la fórmula de Abbott (1925) y se expresó en porcentaje, donde se transformó con arcocoseno angular. Los datos se analizaron mediante un ANOVA utilizando el modelo cuadrático de superficie de respuesta para la mortalidad

Tabla 2. Fecha de colecta y evaluación de los bioensayos en los diferentes estadios de *S. purpurascens* recolectados en el periodo de julio de 2017 a agosto de 2018.

Table 2. Evaluation of bioassays in the different stages of *S. purpurascens* collected in the period from July 2017 to August 2018.

| Bioensayo/Estadio | Instar 2                                | Instar 4   | Adulto     |
|-------------------|-----------------------------------------|------------|------------|
| Bioensayo 1       |                                         |            |            |
| Colecta           | 07/07/2017                              | 28/07/2017 | 03/09/2017 |
| Evaluación        | 08 de julio al 18 de septiembre de 2017 |            |            |
| Bioensayo 2       |                                         |            |            |
| Colecta           | 14/07/2017                              | 04/08/2017 | 10/09/2017 |
| Evaluación        | 15 de julio al 25 de septiembre de 2017 |            |            |
| Bioensayo 3       |                                         |            |            |
| Colecta           | 21 /07/2017                             | 11/08/2017 | 17/09/2017 |
| Evaluación        | 22 de julio al 02 de octubre de 2017    |            |            |
| Bioensayo 4       |                                         |            |            |
| Colecta           | 14/07/2018                              | 04/08/2018 | 10/09/2018 |
| Evaluación        | 15 de julio al 25 de septiembre de 2018 |            |            |

Se colectaron 180 individuos en cada bioensayo y estadio analizado.

corregida de *S. purpurascens* y la prueba de grupos homogéneos a un nivel de significancia de  $P < 0,05$ . Los tiempos letales medio y alto ( $TL_{50}$  y  $TL_{80}$ ) se obtuvieron con el análisis Probit (Finney, 1972) y posteriormente se determinó la velocidad específica de muerte  $K$  ( $d^{-1}$ ); que representa el menor tiempo de afectación del 50 % de la población bajo estudio, donde nuevamente se les realizó un ANOVA mediante el modelo cuadrático de superficie de respuesta a ( $P < 0,05$ ). Todos los cálculos y pruebas estadísticas se realizaron utilizando el software estadístico SPSS versión 17 (Statistical Package for Social Sciences).

## Resultados y discusión

### Identificación

La identificación morfológica de la cepa MA-Bb1 se realizó con el propósito de corroborar la clasificación taxonómica del género *Beau-*

*veria*. La cepa MA-Bb1 se caracterizó por presentar un crecimiento lento de forma radial, llegando alcanzar 23 mm de diámetro en 10 días, lo que coincide con lo establecido por Domsch et al. (1993) para *B. bassiana*, que presenta un rango de 6 a 23 mm de diámetro.

El aspecto de la colonia de *B. bassiana* fue lanoso, mostrando micelio aéreo abundante, presentando un color blanco al principio de su desarrollo, tornándose amarillento a los 10 días en el medio PDA. La cepa MA-Bb1 presentaron hifas lisas y cenocíticas, con células conidiogenas formando densos racimos irregularmente agrupados; las fialides presentaban una morfología de lageniformes estrechamente lageniformes. El tamaño de las células conidiogenas fue de  $3,6 \times 1,5 \mu m$ , el raquis de  $2,2 \times 1 \mu m$ . Los conidios fueron hialinos de forma globosa con un tamaño de  $2,3 \mu m$  de diámetro; estos resultados coincidieron con la descripción de Domsch et al. (1993) para la especie *B. bassiana*.

Con la amplificación de la región ITS ribosomal se obtuvo un producto de 610 pb de la cepa MA-Bb1, el que presentó 100 % de identidad con *B. bassiana* (Muro et al., 2005; Cruz et al., 2006) en los datos del GenBank, esta secuencia se incluyó en la base de datos del National Center for Biological Information (NCBI) con el número de acceso MN209825.1. El árbol filogenético (Figura 1) se construyó con 9 accesos disponibles en la base de datos del (NCBI) de la región 5,8S ribosomal de *B. bassiana* (Tabla 3).

### **Evaluación de los bioensayos de mortalidad de tres instares de *S. purpurascens* in vitro**

El mayor número de conidios viables se obtuvo en el bio-preparado (Z+D+Bb1) con 89,1 %, las menores viabilidades de conidios se obtuvieron en los bio-preparados (D+Bb1) con 56,3 % y (Bb1) con 49,1 % (Tabla 1). Al respecto Shah et al. (2005) mencionan que al seleccionar preparados con una alta viabilidad de conidios aumenta la probabilidad de éxito en el campo, donde su viabilidad, re-

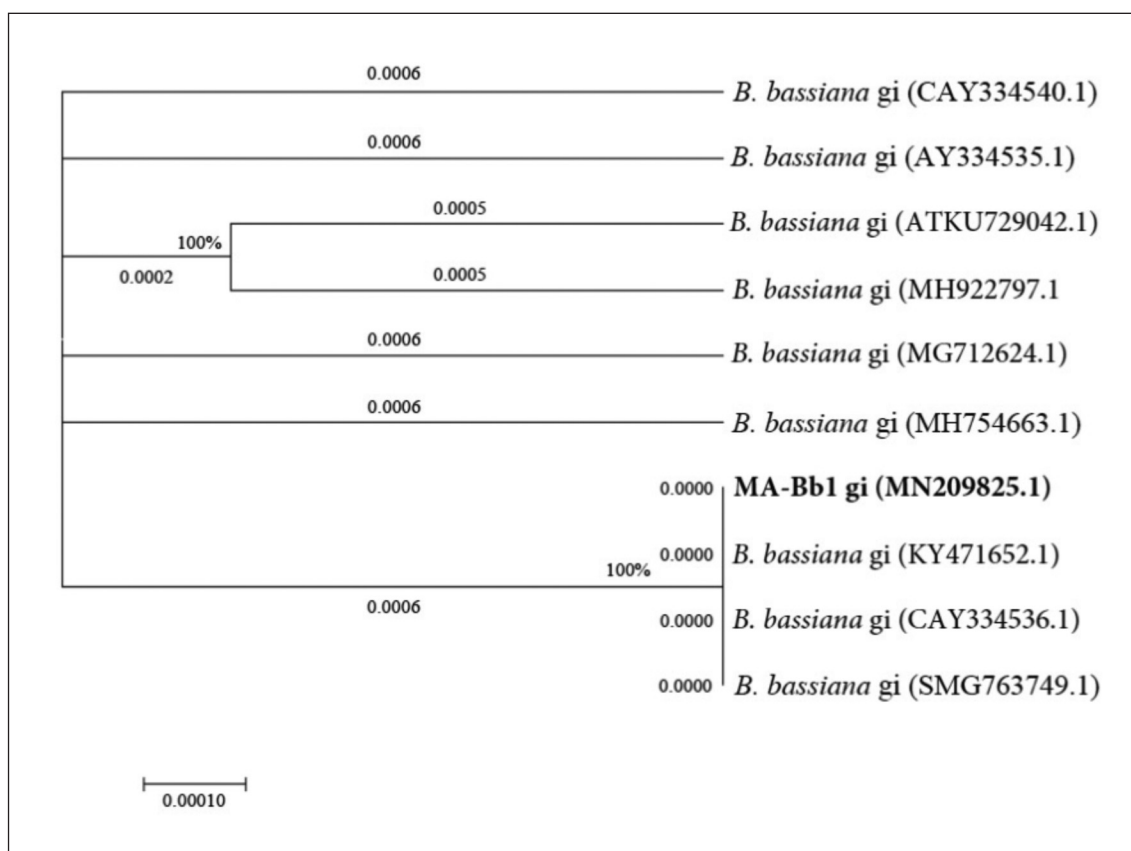


Figura 1. Árbol filogenético que incluyó la cepa MA-Bb1 (MN209825.1) generado por el método máxima verosimilitud (Kumar et al., 2016).

Figure 1. Phylogenetic tree including the MA-Bb1 (MN209825.1) strain generated by the maximum likelihood method (Kumar et al., 2016).

Tabla 3. Grado de identidad del producto de PCR de la cepa MA-Bb1 presente del GenBank (MN209825.1) comparado con 9 accesos de la base pública.

Table 3. Degree of identity of the PCR product of the MA-Bb1 strain present in GenBank (MN209825.1) compared to 9 accesses of the public base.

| Producto de PCR | Identidad(%) | Especie                     | Cod. Gen bank |
|-----------------|--------------|-----------------------------|---------------|
| 610 pb          | 100,00       | <i>B. bassiana</i> (MA-Bb1) | MN209825.1    |
| 562 pb          | 100,00       | <i>Beauveria bassiana</i>   | KY471652.1    |
| 569 pb          | 100,00       | <i>B. bassiana</i>          | AY334536.1    |
| 570 pb          | 100,00       | <i>B. bassiana</i>          | MG763749.1    |
| 573 pb          | 99,80        | <i>B. bassiana</i>          | MH754663.1    |
| 575 pb          | 99,60        | <i>B. bassiana</i>          | KU729042.1    |
| 537 pb          | 99,60        | <i>B. bassiana</i>          | MH922797.1    |
| 566 pb          | 99,21        | <i>B. bassiana</i>          | MG712624.1    |
| 569 pb          | 98,19        | <i>B. bassiana</i>          | AY334540.1    |
| 569 pb          | 98,19        | <i>B. bassiana</i>          | AY334535.1    |

sistencia a factores ambientales o la presencia de otros microorganismos competidores está directamente relacionado con la capacidad de permanencia y virulencia de estos organismos, características determinantes para la selección de cepas para el biocontrol.

En la Tabla 4 se muestra el resumen del ANOVA para el modelo cuadrático de superficie de respuesta, a los cuatro días después de tratamiento. El valor del Modelo para  $F = 5099,263$  y su correspondiente valor que implica un modelo altamente significativo.

No hubo diferencias significativas entre ensayo; esto nos indica que los resultados fueron constantes a lo largo del tiempo y que el momento de realización de los ensayos no afectó a los bio-preparados ni influyó en los diferentes instares de *S. purpurascens* en condiciones *in vitro*. No obstante, la interacción entre los bio-preparados e instares fue significativa. Por lo tanto, los tratamientos no tuvieron el mismo efecto sobre los diferentes estadios de los insectos. Así mismo, los dife-

rentes bio-preparados e instares de *S. purpurascens* tuvieron un efecto significativo sobre la mortalidad corregida (%) de *S. purpurascens in vitro* (Figura 2 A-D). La interacción entre los bio-preparados e instares fueron significativos ( $P < 0,014$ ). Dos de los tratamientos fueron los más eficaces (Figura 2 A-C) sobre los instares 2, 4 y adultos de *S. purpurascens*: Z+D+Bb1 y D+Bb1; en los instares 4 se añadió Z+Bb1 y para los adultos también Z+D, presentando todos estos casos una mortalidad mayor al 70 %. Por lo contrario, los preparados Z+D, Bb1 y Z+Bb1 alcanzaron eficacias inferiores al 70 % en los instares 2; para los instares 4 lo fueron los preparados Z+D y Bb1 y para los adultos, el preparado Bb1 fue el que mostró la menor eficacia (Figura 2 C).

Cabe recalcar que estos resultados se refieren a los 4 días después de la aplicación de los tratamientos y que todos los bio-preparados consiguieron un 100 % de mortalidad en los insectos a los 15 días a excepción de Z+D con los adultos (Figuras 2 A-D).

Tabla 4. ANOVA del modelo cuadrático de superficie de respuesta para la mortalidad corregida de *S. purpurascens*.

Table 4. ANOVA of the quadratic response surface model for corrected mortality of *S. purpurascens*.

| Variable dependiente: mortalidad corregida (%)           |                               |    |                     |             |        |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------|----|---------------------|-------------|--------|
| Origen                                                   | Tipo III de suma de cuadrados | gl | Cuadrático promedio | F           | Sig.   |
| Modelo                                                   | 86185,451                     | 71 | 1213,880            | 5099,263    | <0,011 |
| Intercepto                                               | 268527,122                    | 1  | 268527,122          | 1128028,239 | <0,001 |
| Ensayos (1, 2, 3 y 4)                                    | 21,403                        | 3  | 7,134               | 29,970      | 0,133  |
| Tratamientos (control, Bb1, Z+D, Z+Bb1, D+Bb1 y Z+D+Bb1) | 77750,983                     | 5  | 15550,197           | 65323,237   | <0,003 |
| Instares (2º, 4º y adulto)                               | 380,924                       | 2  | 190,462             | 800,092     | <0,025 |
| Ensayos × Tratamientos                                   | 42,890                        | 15 | 2,859               | 12,011      | 0,223  |
| Ensayos × Instares                                       | 45,421                        | 6  | 7,570               | 31,801      | 0,135  |
| Tratamientos × Instares                                  | 7060,603                      | 10 | 706,060             | 2966,017    | <0,014 |
| Ensayos × Tratamientos × Instares                        | 174,632                       | 30 | 5,821               | 24,453      | 0,159  |
| Error                                                    | 0,238                         | 1  | 0,238               |             |        |
| Total                                                    | 361117,765                    | 73 |                     |             |        |
| Total corregido                                          | 86185,689                     | 72 |                     |             |        |
| R <sup>2</sup>                                           | 0,911                         |    |                     |             |        |
| Cuadrado R <sup>2</sup>                                  | 0,823                         |    |                     |             |        |
| Cuadrado ajustado R <sup>2</sup>                         | 0,830                         |    |                     |             |        |

El porcentaje de mortalidad se basó en los resultados de los cuatro ensayos evaluados el día 4 del segundo instar (Figura 2A), debido a que fue el primer día donde se alcanzó el 72 % de mortalidad con el tratamiento (Z+D+Bb1). A los seis días después de la inoculación, las ninfas del segundo instar exhibieron 100 % de mortalidad en todos los tratamientos con *B. bassiana* (Figura 2A). Estos resultados son similares a los reportados por Johnson y Goettel (1993), quienes obtuvieron un 70 % de mortalidad en otra especie de ortóptero *Melanoplus bivittatu* (Orthoptera: Acrididae; Romaleidae), con una

concentración de  $2 \times 10^{10}$  con  $g^{-1}$ . La menor mortalidad se obtuvo con el tratamiento (Z+D) con 17,5% a los cuatro días, alcanzando el 100% de mortalidad a los 15 días.

De manera consistente, el porcentaje de mortalidad en el cuarto instar presentó diferencias entre los bio-preparados evaluados (Figura 2D). García y González (2009) citan que *B. bassiana* con dosis de  $1,2 \times 10^9$  blastósporas  $mL^{-1}$  causaron una mortalidad del 100 % de las ninfas del cuarto instar de *S. purpurascens* a los 6 días, cabe resaltar que estos autores no utilizaron como soporte nano ma-

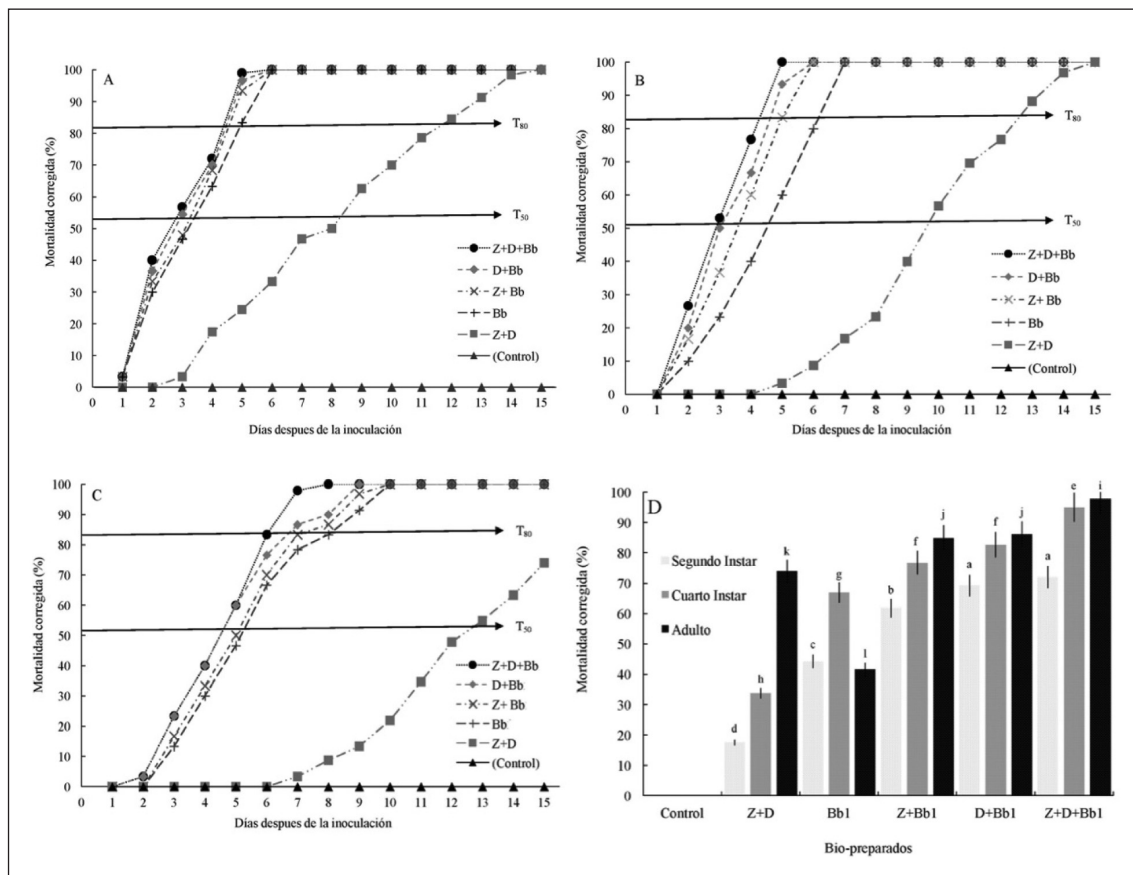


Figura 2. Mortalidad corregida (%) de los diferentes estadios de *S. purpurascens*: A) Segundo instar, B) Cuarto instar y C) Adulto, en diferentes bio-preparados a base de *B. bassiana* (Bb1), diatomita y zeolita. Z = zeolita, D = tierra de diatomitas. D) Promedio de mortalidad corregida (%). Medias con letras diferentes indican diferencias significativas con la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ), a-d = segundo instar; e-h = cuarto instar; i-l = adulto.

teriales, sin embargo, es muy similar la concentración de conidios utilizados en la presente investigación.

Los bio-preparados a base de zeolita (Z) y diatomita (D) con una concentración de  $1 \times 10^8$  con  $\text{mL}^{-1}$ , ocasionaron mortalidad en los cuatro ensayos evaluados, donde se alcanzó el del 97,9 % en adultos de *S. purpurascens* a

los 7 días después de la inoculación (Figura 2C); así mismo, el menor promedio de mortalidad se obtuvo en el bio-preparado (Z+D) con 74 % a los 15 días después de la inoculación (Figura 2C). Estos resultados son similares a los reportados por Adatia et al. (2010) quienes obtuvieron un 50 % de mortalidad en chapulines al día 5 y 90 % mortalidad al

séptimo día, utilizando únicamente tierra de diatomita. Es conocido que el uso de zeolitas y diatomitas polvos presenta mortalidad en insectos, como lo mencionan Andrić et al. (2012) donde investigaron el potencial insecticida de dos zeolitas naturales contra adultos del gorgojo del arroz, *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) y el escarabajo rojo *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae), reportando el 96 % y el 100 % de mortalidad después de 21 días de exposición al trigo tratado con 1,000 ppm. En los presentes ensayos, el testigo no presentó mortalidad al utilizar la fórmula de Abbott. Cabe resaltar que en general, haciendo la media de todos los tratamientos, la mortalidad a los 4 días después de tratamiento sobre los adultos de *S. purpurascens* fue significativamente superior a la registrada sobre el segundo y cuarto instar (Figura 3A), sin embargo el segundo y cuarto instar entre ellos no fueron significativos.

La diatomita presentó una acción insecticida en los bioensayos de mortalidad del presente trabajo, ya que posiblemente mejoró la absorción de sustancias químicas durante la penetración de microorganismos al exoesqueleto del insecto, como lo mencionan Choe et al. (2012) que la diatomita participa en la disolución de lípidos cuticulares que facilitan la penetración de microorganismos a través del exoesqueleto, además de que participa en procesos de comunicación química por contacto (Pedrini et al., 2007). Ho et al. (2019) presentaron que la combinación de surfactantes como zeolita, perlita y vermiculita junto con conidias fúngicas de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* mostraron alta virulencia contra *Riptortus pedestris* in vitro.

#### **Evaluación de los bioensayos de la velocidad específica de muerte de tres instares de *S. purpurascens* in vitro**

Utilizando los modelos de regresión, se obtuvo como resultado el promedio para la ve-

locidad específica de muerte  $K$  ( $d^{-1}$ ) entre 89,1 % y 49,1 % de viabilidad de conidios para los diferentes instares de *S. purpurascens*. En la Tabla 5 se muestra un resumen del ANOVA para el modelo cuadrático de superficie de respuesta, se encontró un modelo para  $F = 17244,203$  y su correspondiente valor bajo "Prob > F" ( $P < 0,006$ ).

Así mismo los diferentes bio-preparados ( $P < 0,02$ ) e instares de *S. purpurascens* ( $P < 0,005$ ) tuvieron un efecto significativo para la velocidad específica de muerte  $K$  ( $d^{-1}$ ) in vitro (Tabla 5). Pero de nuevo la interacción entre los tratamientos e instares fue también significativa ( $P < 0,008$ ) lo que indica que el modelo se ajusta a los datos experimentales y es altamente significativo. La variable número de ensayo no presentó diferencias significativas para este parámetro, lo cual indica, que la velocidad específica de muerte  $K$  ( $d^{-1}$ ) es afectada por los bio-preparados en los diferentes instares larvarios en condiciones in vitro.

El bio-preparado (Z+D+Bb1) presentó la mayor velocidad específica de mortalidad  $K$  ( $d^{-1}$ ), para las ninfas del 4º instar y adultos en los cuatro ensayos evaluados. Sin embargo, para el segundo instar el bio-preparado (Z+Bb1) presentó la mayor velocidad específica de mortalidad  $K$  ( $d^{-1}$ ), ver figura 4. Kljajić et al. (2011) mencionan que la tierra de diatomitas con estructura de sílice amorfa, mostró un alto potencial insecticida y fue más efectiva que los polvos de zeolita natural, como los aluminosilicatos hidratados cristalinos; además las zeolitas tienen desventajas específicas debido a la presencia de más ingredientes cristalinos o partículas más pequeñas contra *Sitophilus oryzae* (L.) y *Tribolium castaneum* (Herbst). Cabe resaltar que, en general, que los adultos de *S. purpurascens* presentaron diferencias significativas de velocidad de muerte en la mayoría de tratamientos con el segundo y cuarto instar, sin embargo, entre el segundo y cuarto instar no se encontraron diferencias significativas (Figura 3B).

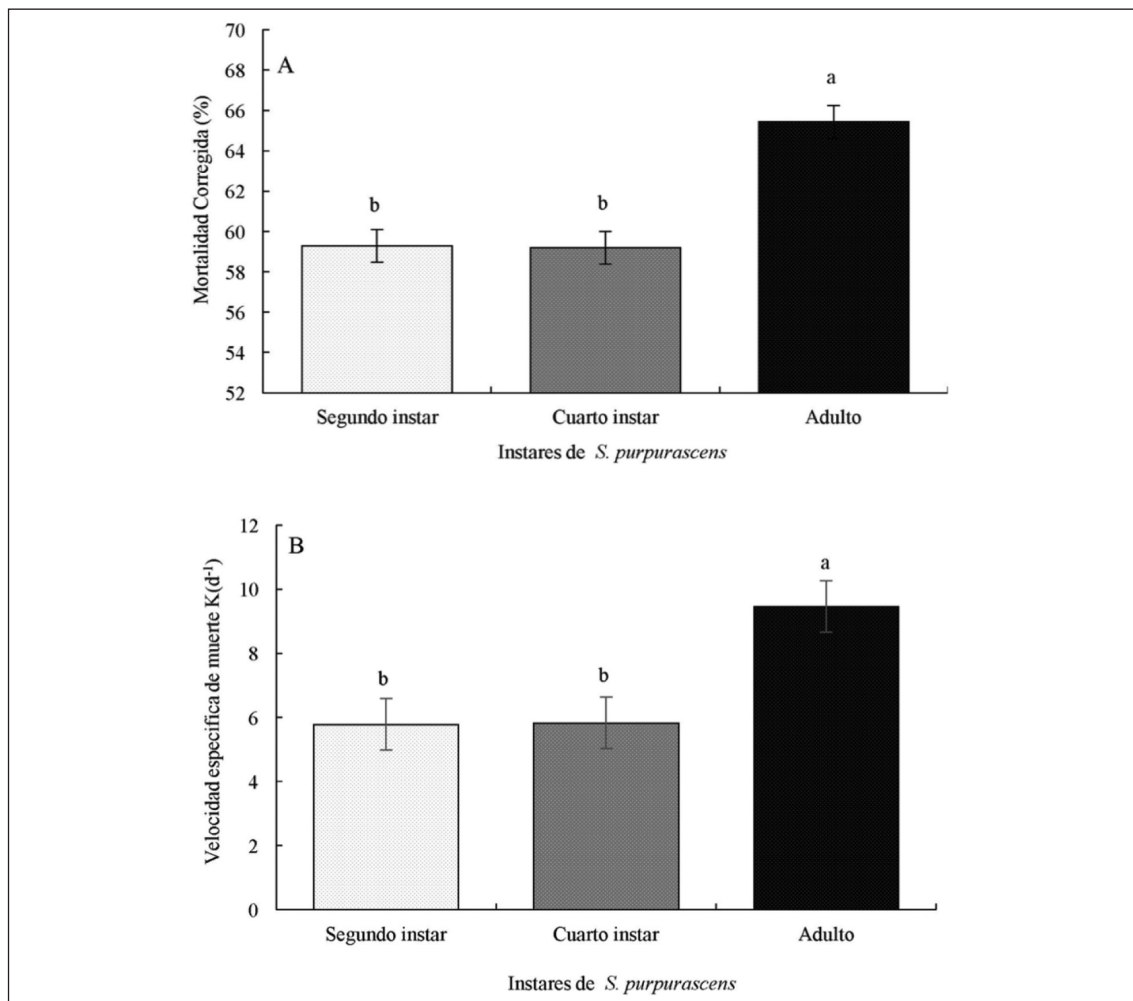


Figura 3. A) Porcentaje de mortalidad y B) velocidad específica de muerte  $K \text{ (d}^{-1}\text{)}$  de los diferentes estadios de *S. purpurascens* de acuerdo al modelo cuadrático de superficie de respuesta altamente significativo. Medias con letras diferentes indican diferencias significativas con la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ).  
 Figure 3. A) Percentage of mortality and B) specific speed of death  $K \text{ (d}^{-1}\text{)}$  of the different stages of *S. purpurascens* according to the quadratic model of highly significant response surface. Averages with different letters indicate significant differences with the Tukey test ( $P < 0.05$ ).

La sinergia entre tierra de diatomitas y otros insecticidas naturales, con diferentes modos de acción, mejora en gran medida la efectividad de su mezcla, causando mayor desecación por otras sustancias y, reduciendo los tiempos o las aplicaciones requeridas (Almasi et al., 2013).

Para englobar y analizar todas las variables utilizadas, se realizó un análisis de correlación con el método de componentes principales (ACP). El método de componentes principales tiene por objeto transformar un conjunto de variables, a las que se denomina originales, en un nuevo conjunto de variables

Tabla 5. ANOVA del modelo cuadrático de superficie de respuesta la velocidad específica de muerte K ( $d^{-1}$ ) de *S. purpurascens*.

Table 5. ANOVA of the quadratic response surface model the specific speed of death K ( $d^{-1}$ ) of *S. purpurascens*.

| Variable dependiente: velocidad específica de muerte K ( $d^{-1}$ ) |                               |    |                     |            |        |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----|---------------------|------------|--------|
| Origen                                                              | Tipo III de suma de cuadrados | gl | Cuadrático promedio | F          | Sig.   |
| Modelo                                                              | 8815,237                      | 71 | 124,158             | 17244,203  | <0,006 |
| Intercepto                                                          | 3704,688                      | 1  | 3704,688            | 514540,033 | <0,001 |
| Bioensayos (1, 2, 3 y 4)                                            | 0,359                         | 3  | 0,120               | 16,630     | 0,178  |
| Tratamientos (control, Bb1, Z+D, Z+Bb1, D+Bb1 y Z+D+Bb1)            | 7858,059                      | 5  | 1571,612            | 218279,406 | <0,002 |
| Instares (2º, 4º y adulto)                                          | 264,387                       | 2  | 132,194             | 18360,219  | <0,005 |
| Ensayos × Tratamientos                                              | 0,810                         | 15 | 0,054               | 7,500      | 0,280  |
| Ensayos × Instares                                                  | 1,223                         | 6  | 0,204               | 28,299     | 0,143  |
| Tratamientos × Instares                                             | 673,844                       | 10 | 67,384              | 9358,951   | <0,008 |
| Ensayos × Tratamientos × Instares                                   | 1,633                         | 30 | 0,054               | 7,559      | 0,281  |
| Error                                                               | 0,007                         | 1  | 0,007               |            |        |
| Total                                                               | 12449,310                     | 73 |                     |            |        |
| Total corregido                                                     | 8815,244                      | 72 |                     |            |        |
| R <sup>2</sup>                                                      | 0,721                         |    |                     |            |        |
| Cuadrado R <sup>2</sup>                                             | 0,449                         |    |                     |            |        |
| Cuadrado ajustado R <sup>2</sup>                                    | 0,520                         |    |                     |            |        |

denominadas componentes principales. Estas últimas se caracterizan por estar correlacionadas entre sí. Es decir, este método es utilizado para reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos hallando las causas de variabilidad del conjunto y ordenándolos por importancia, de acuerdo a la varianza.

El análisis indicó que el 95,8 % de la variabilidad (Tabla 6) se puede atribuir a dos componentes: CP1 (69,1 %) y CP2 (26,8 %), donde se muestra a los grupos de variables que denotan alta correlación positiva entre ellas,

como son: porcentaje de viabilidad de conidios, combinación de los bio-preparados y la cepa nativa de *B. bassiana* entre el K ( $d^{-1}$ ) y el %MC de los diferentes estadios de *S. purpurascens* (2º y 4º instar, adulto), además, CP1 se correlacionó negativamente con la T<sub>50</sub> y T<sub>80</sub> por los bio-preparados con una viabilidad de conidios baja y media, que va desde 53,3 % a 49,1 % que se presentaron en los bio-preparados, D+Bb1 y Bb1, respectivamente, así como el bio-preparado Z+D, donde la combinación del bio-preparado Z+D+Bb1 presentó la mayor mortalidad. El

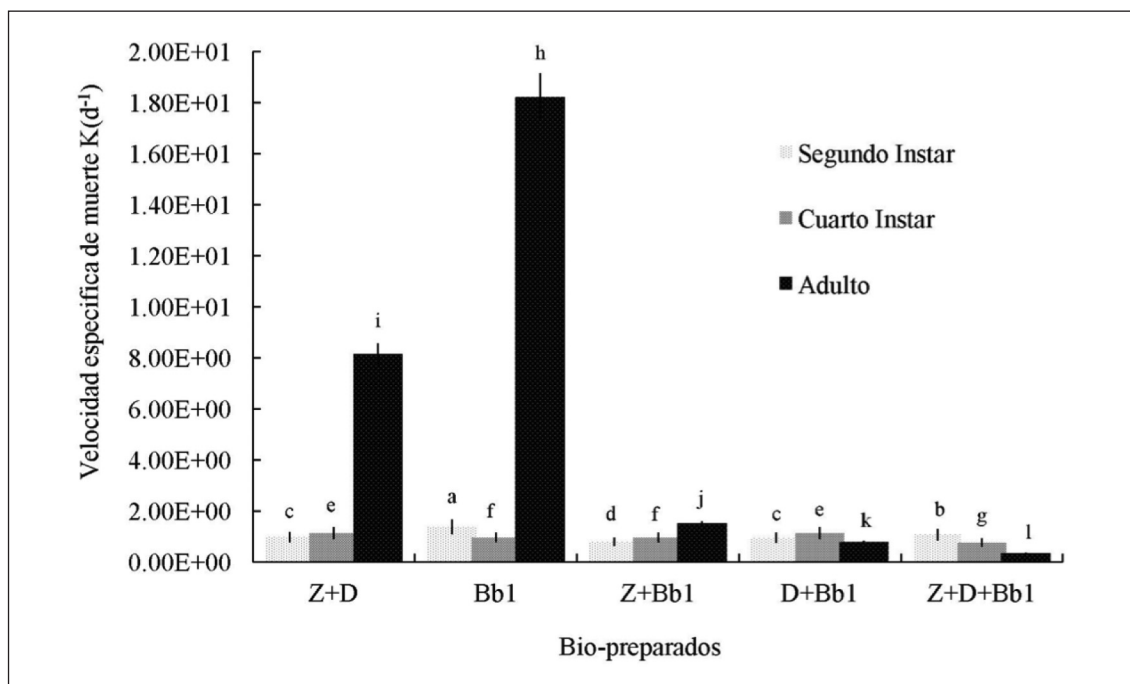


Figura 4. Promedio de velocidad específica de muerte  $K(d^{-1})$  de los diferentes estadios de *S. purpurascens* tras la exposición a diferentes bio-preparados a base de *B. bassiana* (Bb1), diatomita y zeolita. Z = zeolita, D = tierra de diatomitas. \*Medias con letras diferentes indican diferencias significativas con la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ), a-d = segundo instar; e-g = cuarto instar; h-l = adulto.

Figure 4. Average specific speed of death  $K(d^{-1})$  of the different stages of *S. purpurascens* after exposure to different bio-preparations based on *B. bassiana* (Bb1), diatomite and zeolite. Z = zeolite, D = diatomaceous earth. \*Averages with different letters indicate significant differences with the Tukey test ( $P < 0.05$ ), a-d = second instar; e-g = fourth instar; h-l = adult.

PC2 se correlacionó negativamente con el porcentaje de viabilidad de conidios en el %MC en los diferentes bio-preparados a una concentración de  $1 \times 10^8$  con  $mL^{-1}$ .

Se presentó una fuerte correlación positiva con las variables  $TL_{50}$  y  $TL_{80}$  evaluadas y la combinación de los bio-preparados Z+D+Bb1 y D+Bb1, alcanzando el  $TL_{50}$  a los tres días después de la inoculación, afectando al segundo y cuarto instar (Figura 2A-B), en el caso de los adultos de *S. purpurascens* fueron afectados hasta el quinto día después de la inoculación *in vitro* (Figura 2C); el menor  $TL_{50}$  se presentó en el tratamiento Z+D con 9

y 10 días, alcanzando el 100 % de mortalidad a los 15 días después de la inoculación para el segundo y cuarto instar respectivamente. Los aislamientos de hongos entomopatógenos con  $TL_{50}$  mayores de 14 días se consideran no patogénicos (Samuels *et al.*, 1989) por tal razón, en este estudio, los  $TL_{50}$  y  $TL_{80}$  obtenidas en los bio-preparados Z+D+Bb1 y D+Bb1, evaluados sobre los diferentes instares del chapulín, deben ser consideradas favorables para el control de este insecto.

Las evaluaciones en laboratorio son importantes, aunque no siempre reflejan los niveles de infección que ocurren en condiciones

Tabla 6. Análisis de componentes principales de la variable mortalidad corregida (%), correlacionadas con *S. purpurascens* bajo diferentes bio-preparados.

Table 6. Principal component analysis of the corrected mortality variable (%), correlated with *S. purpurascens* under different bio-preparations.

| Características      | Componente |        |
|----------------------|------------|--------|
|                      | PC1        | PC2    |
| % Viabilidad         | 0,295      | -0,136 |
| T <sub>50</sub>      | -0,170     | 0,435  |
| T <sub>80</sub>      | -0,041     | 0,361  |
| K (d <sup>-1</sup> ) | 0,020      | 0,302  |
| %MC                  | 0,243      | -0,006 |
| Bio-preparados       | 0,263      | -0,063 |
| Valores propios      | 4,830      | 1,878  |
| % Varianza extraída  | 69,005     | 26,826 |

T<sub>50</sub> = Mortalidad del 50% + 1; T<sub>80</sub> = mortalidad del 80% + 1; K (d<sup>-1</sup>) = tiempo de afectación del 50% de la población bajo estudio; %MC = mortalidad corregida.

naturales (Fuentes-Contreras et al., 1998) y es necesario comprobar los resultados obtenidos en condiciones de campo. Sin embargo los resultados son prometedores, ya que varios ensayos de campo han evaluado la eficacia de *B. bassiana* contra saltamontes en África y América del Norte, donde aplicaron diferentes formulaciones como soporte a diferentes concentraciones de conidios de *B. bassiana*, dando como resultado la disminución de poblaciones entre 8 a 14 días, con altos porcentajes de mortalidad del insecto (Douglas et al., 1997).

## Conclusiones

Se obtuvo un producto de ampliación por PCR de 610 pares de bases de la región ITS ribosomal de la cepa MA-Bb1, cuya secuencia permitió ser identificada como *B. bassiana* con una homología del 100 % con respecto

a secuencias similares depositadas en base de datos públicas.

Los diferentes bio-preparados mostraron una tendencia lineal respecto a la mortalidad del 2°, 4° instar, así como a los adultos de *S. purpurascens in vitro*, donde el mayor porcentaje de mortalidad fue el bio-preparado Z+D+Bb1 a una concentración de  $1 \times 10^8$  con mL<sup>-1</sup> con una viabilidad del 89,1 %. La mayor velocidad específica de muerte del ortóptero *S. purpurascens* K (d<sup>-1</sup>) fue de 0,7 y la presentó de nuevo el bio-preparado (Z+D+Bb1) a las 72 horas post-infección, en comparación al preparado (Z+D), que fue el resultado más bajo en la velocidad específica de muerte obtenido en la presente investigación. No obstante, tras 15 días, todos los bio-preparados empleados llevaron a una mortalidad del 100 % excluyendo Z+D en adultos que fue cercano al 80 %.

Estos resultados demuestran la factibilidad del uso de la cepa nativa MA-Bb1 de *B. bas-*

*siana* en condiciones de laboratorio con alta viabilidad de conidios en combinación con materiales porosos, como la diatomita (D) y zeolita (Z) para el biocontrol de *S. purpurascens*.

Para futuros usos en campo será necesario realizar más ensayos con el fin de observar el comportamiento de *B. bassiana* en condiciones naturales no controladas.

### Agradecimientos

Los autores agradecen al CONACyT por el respaldo financiero al proyecto "CVU: 775050", así mismo, al CONCyTEP por el financiamiento de beca tesis 2020.

### Referencias bibliográficas

- Abbott WS (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticides. *Journal of Economic Entomology* 18: 265-267. <https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>
- Adatia A, Johnson D, Entz S (2010). Pathogenicity of two new isolates of *Metarhizium anisopliae* from Canadian soil to *Melanoplus bivittatus* (Orthoptera: Acrididae) and *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *The Canadian Entomologist* 142: 128-134. <https://doi.org/10.4039/n09-041>
- Almasi R, Posloncec D, Korunic Z (2013). Possible new insecticides in the protection of stored wheat. *Bulgarian Journal of Agricultural Sciences* 19(5): 1076-1084.
- Andrić GG, Marković MM, Adamović M, Daković A, Golić MP, Kljajić PJ (2012). Insecticidal potential of natural zeolite and diatomaceous earth formulations against rice weevil (Coleoptera: Curculionidae) and red flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Economic Entomology* 105(2): 670-678. <https://doi.org/10.1603/EC11243>
- AOAC (2006). Official methods of analysis, 18th ed. Association of Analytical Chemist, Washington, DC, USA.
- Arthur FH (2004). Evaluation of methoprene alone and in combination with diatomaceous earth to control *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) on stored wheat. *Journal of Stored Products Research* 40: 485-498. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(03\)00060-2](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(03)00060-2)
- Athanassiou CG, Korunic Z (2007). Evaluation of two new diatomaceous earth formulations, enhanced with abamectin and bitterbatkomycin, against four stored-grain beetle species. *Journal of Stored Products Research* 43(4): 468-473. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2006.12.008>
- Bhattacharyya A, Bhaumik Z, Usha-Rani P, Mandal S, Eidi TT (2010). Nano-particles - A recent approach to insect pest control. *African Journal of Biotechnology* 9(24): 3489-3493.
- Bustillos-Rodríguez JC, Rios-Velasco C, Berlanga-Reyes DI, Acosta-Muñoz CH, Ruiz-Cisneros MF, Salas-Mariana MA (2015). Reporte preliminar de identificación molecular de *Beauveria* spp. y *Metarhizium* spp. Patogénicos al chapulín gordínflón *Brachystola magna* Girard (Orthoptera: Romaleidae) en Chihuahua, México. *Entomología Mexicana* 2: 247-252.
- Cerritos R, Cano-Santana Z (2007). Harvesting grasshoppers *Sphenarium purpurascens* in Mexico for human consumption: A comparison with insecticidal control for managing pest outbreaks. *Crop Protection* 27: 473-480.
- Cook DA, Armitage D (2000). Efficacy of a diatomaceous earth against mite and insect populations in small bins of wheat under conditions of low temperature and high humidity. *Pest Management Science* 56: 591-596. [https://doi.org/10.1002/1526-4998\(200007\)56:7%3C591::AID-PS180%3E3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/1526-4998(200007)56:7%3C591::AID-PS180%3E3.0.CO;2-L)
- Cruz LP, Gaitan A, Gongora C (2006). Exploiting the genetic diversity of *Beauveria bassiana* for improving the biological control of the coffee berry borer through the use of strain mixtures. *Applied Microbiology and Biotechnology* 71: 918-926. <https://doi.org/10.1007/s00253-005-0218-0>
- Cueva del Castillo R, Núñez-Farfán J, Cano-Santana Z (1999). The role of body size in mating success of *Sphenarium purpurascens* in Central

- Mexico. *Ecological Entomology* 24: 146-155. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2311.1999.00188.x>
- Curtis RA, Deem MW (2003). A Statistical mechanics study of ring size, ring shape, and the relation to pores found in zeolites. *Journal Physics Chemistry B* 107(33): 8612-8620. <https://doi.org/10.1021/jp027447+>
- Choe A, Chuman T, Von-Reuss SH, Dossey AT, Yim JJ, Ajredini R, Kolawa AA, Kaplan F, Alborn HT, Teal PE, Schroeder FC, Sternberg PW, Edison AS. (2012). Sex specific mating pheromones in the nematode *Panagrellus redivivus*. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109(51): 20949-20954. <https://doi.org/10.1073/pnas.1218302109>
- Dal Bello G, Padín S, Juárez P, Pedrini N, De Giusto M (2006). Biocontrol of *Acanthoscelides obtectus* and *Sitophilus oryzae* with diatomaceous earth and *Beauveria bassiana* on stored grains. *Biocontrol Science and Technology* 16(1): 215-220. <https://doi.org/10.1080/09583150500336010>
- De Faria MR, Wraight SP (2007). Mycoinsecticides and mycoacaricides: a comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. *Biological Control* 43(1): 237-256. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.08.001>
- De Smedt C, Someus E, Spanoghe P (2015). Potential and actual uses of zeolites in crop protection. *Pest Management Science* 71(10): 1355-1367. <https://doi.org/10.1002/ps.3999>
- Domsch KH, Gams W, Anderson TH (1993). *Compendium of soil fungi*. Institute of Soil Biology, Federal Agricultural Research Centre, 845 pp.
- Douglas DG, Johnson DL, Goettel M (1997). Effects of temperature and sunlight on mycosis (*Beauveria bassiana*) (Hyphomycetes: Symptulosporae) of grasshoppers under field conditions. *Environmental Entomology* 26(2): 400-409. <https://doi.org/10.1093/ee/26.2.400>
- Finney DJ (1972). *Probit Analysis: A Statistical Treatment of the Sigmoid Response Curve*. 7th Edition, Cambridge University Press, Cambridge, 33 pp.
- Fuentes-Contreras E, Pell J, Niemeyer H (1998). Influence of plant resistance and the third trophic level: interactions between parasitoids and entomopathogenic fungi of cereal aphids. *Oecologia* 117: 426-432. <https://doi.org/10.1007/s004420050677>
- Georghiou GP, Mellon R (1983). Pesticide resistance in time and space. En: *Pest Resistance to Pesticides* (Eds. Georghiou G.P. y Saito T.), pp. 1-46. Plenum Press, New York. [http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4684-4466-7\\_1](http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4684-4466-7_1)
- Haryadi Y, Syarif R, Hubeis M, Herawati I (1994). Effect of zeolite on the development of *Sitophilus zeamais* Motsch. *Stored Products Protection; Proceedings of the Sixth International Working Conference on Stored-product Protection*, 17-23 April 1994, Canberra, Australia, pp. 633-634.
- Ho SM, Seon YJ, Sihyeon K, Jin LS, Cheol KJ, Shin NY, Young ST, Su KJ (2019). Downstream processing of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* based fungal biopesticides against *Riptortus pedestris*: solid culture and delivery of conidia. *Biocontrol Science and Technology* 29(6): 514-532. <https://doi.org/10.1080/09583157.2019.1566951>
- Huerta AJ, Espinoza F, Téllez-Jurado A, Maqueda-Gálvez AP, Arana-Cuenca A (2014). Control biológico del chapulín en México. *Bio-Tecnología* 18: 28-49.
- Johnson DJ, Goettel MS (1993). Reduction of grasshopper populations following field application of the fungus *Beauveria bassiana*. *Biocontrol Science and Technology* 3(2): 165-175. <https://doi.org/10.1080/09583159309355273>
- Kevan DK (1977). The American Pyrgomorphidae. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*. 36: 3-28.
- Kljajić P, Andrić G, Adamović M, Prazić-Golić M (2011). Possibilities of application of natural zeolites in stored wheat grain protection against pest insects. *Journal on Processing and Energy in Agriculture* 15(1): 12-16.
- Korunic Z (1997). Rapid assessment of the insecticidal value of diatomaceous earths without conducting bioassays. *Journal of Stored Products Research* 33: 219-229. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(97\)00004-0](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(97)00004-0)

- Korunic Z (1998). Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. *Journal of Stored Products Research* 34(3): 87-97. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(97\)00039-8](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(97)00039-8)
- Kumar S, Stecher G, Tamura K (2016). MEGA7: Análisis de genética evolutiva molecular versión 7.0 para conjuntos de datos más grandes. *Biología molecular y evolución* 33: 1870-1874.
- Morales-Martínez N, Hernández-Hernández EM, Ramírez-Alarcón S, Solís-Aguilar J (2013). Abundancia de *Sphenarium purpurascens* Charpentier (Orthoptera: Pyrgomorphidae) en cultivos de importancia económica en la localidad de Tepepa, San Miguel Tenancingo, Tlaxcala. *Entomología Mexicana* 12(2): 1122-1127.
- Muro MA, Elliott S, Moore D, Parker LB, Skinner M, Reid W, Bouhssini M (2005). Molecular characterisation of *Beauveria bassiana* isolates obtained from overwintering sites of Sunn Pests (*Eurygaster* and *Aelia* species). *Mycological Research* 109: 294-306. <https://doi.org/10.1017/S0953756204001832>
- Nava-Galicia SB, Pérez-Torres BC (2016). Control de *Sphenarium purpurascens* con *Beauveria bassiana* y extractos vegetales en amaranto (*Amaranthus hypocondriacus* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7(2): 235-247.
- NCBI (2020). Basic Local Alignment Search Tool (BLAST). Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST> (Consultado: 28 de julio de 2020).
- Pedrini N, Crespo R, Juárez M (2007). Biochemistry of insect epicuticle degradation by entomopathogenic fungi. *Pharmacol* 146: 124-137.
- Rouhani M, Samih MA, Kalantari S (2012). Insecticidal effect of silica and silver nanoparticles on the cowpea seed beetle *Callosobruchus maculatus* F. (Col.: Bruchidae). *Journal of Entomological Research* 4(4): 297-305.
- Samuels KDZ, Heale JB, Llewellyn M (1989). Characteristics relating to the pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* toward *Nilaparvata lugens*. *Journal of Invertebrate Pathology* 53: 25-31. [https://doi.org/10.1016/0022-2011\(89\)90070-0](https://doi.org/10.1016/0022-2011(89)90070-0)
- Sanborn M, Kerr KJ, Sanin LH, Cole DC, Bassil KL, Vakil C (2007). Non-cancer health effects of pesticides: Systematic review and implications for family doctors. *Canadian Family Physician* 53(10): 1712-1720
- Shah FA, Wang C, Butt T (2005). Nutrition influences growth and virulence of the insect-pathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. *FEMS Microbiology Letter* 251: 259-266. <https://doi.org/10.1016/j.femsle.2005.08.010>
- Speight MR, Hunter MD, Watt AD (1999). Insect Pest Management. En: *Ecology of Insects: Concepts and Applications*, 2nd Edition, Wiley-Blackwell, pp. 640.
- Vázquez-Jorge MA, Aragón-García A, Bibbins-Martínez MD, Castillo-Hernández DC, Nava-Galicia SB, Pérez-Torres BC (2016). Control de *Sphenarium purpurascens* con *Beauveria bassiana* y extractos vegetales en amaranto (*Amaranthus hypocondriacus* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7(2): 235-247.
- White TJ, Bruns T, Lee S, Taylor J (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. En: *PCR protocols: a guide to methods and applications*. (Ed. Innis M, Gelfand D, Snisky J, White T.), pp. 315-322. San Diego: Academic Press.

(Aceptado para publicación el 7 de septiembre de 2020)

## Bienestar y resultados zootécnicos en conejos de carne durante su lactancia y engorde. Revisión bibliográfica

Marina López<sup>1,\*</sup>, Concha Cervera<sup>2</sup> y Juan José Pascual<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dpto. Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza, Calle Miguel Servet, 177, 50013 Zaragoza, España

<sup>2</sup> Instituto de Ciencia y Tecnología Animal. Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n. 46022 Valencia, España

### Resumen

En esta revisión se estudian los principales resultados científicos orientados a mejorar el bienestar de los gazapos en el nido y en el periodo de cebo. Un material apropiado para que la coneja construya el nido reduce la mortalidad mejorando así las condiciones de bienestar en el nidal. La manipulación metódica de los gazapos durante la lactación les habitúa al cuidador, haciéndoles menos asustadizos y estresados, mostrando inferior mortalidad mientras crecen y mayor fertilidad posteriormente. Con similar densidad, el cebo en jaulas convencionales (6-9 gazapos) enriquece comportamientos específicos (locomotor, social, exploratorio) y proporciona conejos más audaces, reduciendo su crecimiento y consumo diarios, el peso de sacrificio y la relación músculo:hueso respecto a las jaulas individuales. Si además se promueve la locomoción mediante estímulos o ampliando el espacio y tamaño del grupo, aumenta la resistencia y peso de los huesos de la pierna y puede incrementar la proporción de tercio posterior. La actividad física y el desarrollo óseo también son mayores en parques grandes con elevado número de gazapos, pero sus resultados zootécnicos empeoran y no parecen alcanzar mayor bienestar, porque muestran más lesiones, elevado nivel de glucocorticoides y peores condiciones higiénico-sanitarias. Aportar elementos de madera (varilla, bloque) en la jaula de cebo no deteriora los parámetros de crecimiento y puede mejorarlos si se incluyen elementos traza, reduciendo las lesiones en grupos más grandes de engorde en parque. El enriquecimiento mediante plataforma puede ampliar el repertorio de comportamientos pero perjudica algunos resultados de crecimiento y empeora la higiene de los recintos.

**Palabras clave:** Bienestar, nidal, enriquecimiento, plataforma, parque, agresividad, higiene.

### Welfare and performance results in meat rabbits during their lactation and fattening. A review

#### Abstract

This review summarizes the main scientific works focused on the welfare of rabbits in lactation and growing periods. A suitable material for building the nest has a positive impact, improving kits' welfare by reducing their mortality. A careful and regular daily handling of newborns during lactation, such as habituation to the farmer, can provide less fearful and stressed rabbits even in adulthood, showing lower mortality in the group period and higher fertility later. At a similar density, fattening in conven-

---

\* Autor para correspondencia: marina@unizar.es

Cita del artículo: López M, Cervera C, Pascual JJ (2021). Bienestar y resultados zootécnicos en conejos de carne durante su lactancia y engorde. Revisión bibliográfica. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 117(2): 108-129. <https://doi.org/10.12706/itea.2020.014>

tional cages (6-9 rabbits) enriches specific behaviours (locomotor, social, exploratory) and provides bolder rabbits, reducing their daily growth and consumption, the slaughter weight and the muscle:bone ratio compared to individual cages. If locomotion is promoted by specific stimuli or with a larger area and group size, it increases the resistance and weight of the leg bones and can increase the hind part percentage. Physical activity and bone resistance are also increased in rabbits from large groups fattened in pens, but growth performance deteriorates and it is not sure that welfare is improved because rabbits show more injuries, higher glucocorticoids level and worse hygienic-sanitary conditions. Adding wooden objects (sticks or blocks) for gnawing in fattening cages does not have negative effect on growth performance traits, and could even improve them with blocks with trace elements, besides reducing the aggressiveness in larger fattening groups. Inclusion of a platform can enrich behaviours even though deteriorates several growth traits and the hygiene of these enclosures will be worsened.

**Keywords:** Welfare, nest, enrichment, platform, pens, aggressiveness, hygiene.

## Introducción

El Bienestar Animal es más sencillo de implementar y de asegurar en conejos en crecimiento que en conejas reproductoras, y los problemas tienen, en general, más fácil solución. Esto se debe a las propias características de la especie pues, al tener las conejas partos múltiples, las relaciones sociales y la actividad del grupo se establecen mientras están con su madre durante la lactación y frecuentemente permanecen en el mismo grupo, o se unen con congéneres de similar edad y peso, durante el periodo de cebo. En ambas fases, lactación y engorde, los gazapos presentan comportamientos propios de la especie sin, *a priori*, mostrar carencias graves de bienestar en las condiciones habituales de las granjas (Morisse y Maurice, 1997).

No obstante, en la fase de cebo surgen críticas ligadas a dos aspectos del bienestar. El primero son las dimensiones de las jaulas convencionales, cuestionadas particularmente porque la posibilidad de realizar desplazamientos –que enriquecerían el comportamiento locomotor– está limitada en una jaula de 90-100 cm x 40-50 cm. También se cuestionan los 30-35 cm de altura, pues parecen insuficientes para que los conejos adopten posiciones erguidas sobre sus extremidades posteriores, si bien la adopción de estas posturas

por los conejos domésticos está, a su vez, también cuestionada por considerar que la ejecutan los silvestres con el fin de avistar a los predadores, estímulos de los que carecen los domésticos (Princz et al., 2008c).

El segundo aspecto se basa en la dificultad de mantener el cebo en grupo en aquellos países que tradicionalmente sacrifican los conejos con 3 kg de peso, pues este peso indica edades próximas a los 3 meses y, consecuentemente, cercanía a la pubertad y al inicio de los comportamientos de jerarquización, los cuales acarrearán problemas de peleas y heridas entre los miembros del grupo. Para evitar esta situación, bien conocida por el sector, en algunos países el cebo se realiza tradicionalmente en jaulas individuales o por parejas (bicelular).

Pero el manejo mencionado, especialmente el relativo a engorde individual o bicelular, se considera pobre desde el punto de vista etológico y también de bienestar, y se propone el cebo en grupos más numerosos y en espacios (sean jaulas o parques) de mayores dimensiones, que permitan aumentar la actividad locomotora, enriquecer el repertorio de comportamientos y facilitar la huida en caso necesario.

En este trabajo se revisan los experimentos realizados con el fin de mejorar el bienestar

de los gazapos durante su estancia en la jaula materna en fase de lactación, así como posteriormente durante el periodo de cebo. Los indicadores de bienestar establecidos para los conejos de carne los resume Hoy y Verga (2006) en: mortalidad baja o nula, reconocida como el primer indicador de bienestar; morbilidad baja o inevitable (patologías, heridas); fisiología relacionada con el estrés en el estándar de la especie (niveles hormonales, tasa cardíaca, respuestas inmunológicas); comportamiento específico de la especie (etograma, test de comportamiento) y productividad en un nivel normal (crecimiento; índice de conversión; tasa de fertilidad).

#### **Bienestar durante la fase de lactación**

La búsqueda y preparación de la nidificación es una de las necesidades comportamentales más importantes en los animales, bajo control hormonal (González-Mariscal, 2004), y siempre bien cubierta en la producción cunícola, ofreciéndoles un lugar específico para ello y materiales para realizarlo.

Sabemos que alrededor del 50 % de las conejas prefieren mezclar varios materiales para la elaboración del nido, siendo la paja y la alfalfa (Farkas et al., 2016) productos de preferencia respecto a la viruta (Arkas et al., 2015), registrando incluso rechazo de la viruta para este fin (Blumetto et al., 2010). Estos materiales no tienen efecto sobre el tamaño o el peso de la camada ni sobre el peso individual de los gazapos, pero sí lo tienen sobre la mortalidad, que es, al contrario de lo indicado sobre preferencia, más elevada en nidos elaborados con alfalfa (17 %), que con paja (12,9 %), o con viruta (12,6 %) (Arkas et al., 2015), probablemente porque la viruta permite mantener el nidal con temperaturas más cálidas que otros materiales (Silva et al., 2014).

Otros dos aspectos han sido estudiados para mejorar el bienestar durante la lactación: la lactación controlada y la manipulación de los gazapos. Respecto al control de la lactación, es decir, a limitar el acceso de la coneja al nido siguiendo la peculiaridad comportamental de la especie de proporcionar leche a sus gazapos durante menos de cinco minutos cada 24 horas (Lincoln, 1974), se ha comprobado que da lugar a una mayor relajación en la camada, lo cual repercute en un incremento de la velocidad de crecimiento y en la reducción de su tasa de mortalidad según Verga y Luzi (2006), mejorando, además, la supervivencia de las reproductoras primíparas (Coureaud et al., 2000), aunque en otros experimentos los efectos sobre la camada son poco evidentes o no significativos (Castelló et al., 1984).

Por su parte, es importante recordar que la producción cunícola se caracteriza por tener un manejo con frecuente y continuada manipulación de los conejos (controles de parto, revisión diaria de nidos, inseminación, palpación, destete,...). La manipulación metódica de los gazapos los primeros días de vida actúa como un estímulo para la habituación a las manos del cuidador, que los hace menos temerosos hacia los humanos (Verga y Luzi, 2006) –característica reconocida como una de las “cinco libertades” formuladas para el bienestar de los animales: “libres de miedo y estrés”–, a la que responden tanto los conejos silvestres como los domésticos (Bilkó y Altbäcker, 2000). También se muestran más activos e interesados en la exploración (Anderson et al., 1972). Tan solo un mínimo contacto con los gazapos en un periodo especialmente sensible, como puede ser la media hora que sigue al amamantamiento, da lugar a una reducción del miedo y del estrés (Bilkó y Altbäcker 2000; Csáti et al., 2005). La manipulación parece además acompañarse de una reducción de la mortalidad durante todo el periodo de crecimiento hasta el estado

adulto (Jezierski y Konecka, 1996), y tiene un efecto a largo plazo de mejora de la fertilidad en las reproductoras (Bilkó y Altbäcker 2000). El único resultado negativo entre los distintos trabajos consultados sobre este asunto es el menor peso al destete respecto a los gazapos no manipulados en el experimento de Zucca et al. (2012). De acuerdo con todo lo mencionado, sería interesante ajustar el momento de manipulación para recoger todo el beneficio que parece tener, pudiendo, fácilmente, hacerlo coincidir con labores rutinarias de manejo, lo cual permitiría mejorar el bienestar sin incrementar el tiempo de trabajo del cuidador.

### Bienestar en el periodo de engorde

#### **Cebo de gazapos en jaula: jaula convencional, jaula individual y jaula bicelular**

Las jaulas estándar de cebo de conejos están tradicionalmente orientadas al engorde de la camada o de grupos de tamaño similar cuando el ganadero mezcla gazapos de distintas camadas (de 6 a 9 gazapos, dependiendo del peso de sacrificio). Esto ocurre en España, Francia, Portugal, norte de África, en Países Bajos, Bélgica, Alemania... No obstante, en países donde el peso de sacrificio supera los 2,5 kg, como algunas regiones de Italia y Hungría (EFSA, 2005; Xiccato et al, 2013), es frecuente hacer engorde individual (jaula individual) o por parejas (jaula bicelular) para evitar los conflictos sociales asociados a la jerarquización cuando los gazapos se acercan a la pubertad. Por el contrario, en España, donde el peso de sacrificio es bajo –aproximadamente 2,125 kg de media–, las jaulas de cebo son colectivas, con grupos constituidos por 7-8 gazapos, generalmente hermanos, con presencia de machos y de hembras. La determinación de la densidad idónea en cebo ha

sido objeto de numerosos trabajos, estando plenamente aceptada una densidad óptima de 40 kg/m<sup>2</sup> para grupos de 6-9 gazapos en jaula convencional. De acuerdo con Morisse y Maurice (1997), con esta densidad se alcanza un compromiso aceptable entre el bienestar animal y los resultados zootécnicos.

El sistema de alojamiento empleado parece afectar al comportamiento de los gazapos. Filiou et al. (2012) compararon el comportamiento de conejos cebados en jaula individual o bicelular con los que crecen en grupos de tamaño medio (9 gazapos), observando que estos últimos presentaron un patrón de comportamientos más rico y mostraron menos temor frente a los humanos, siendo más atrevidos y propensos a la exploración, medido mediante test *open-field*. Además, realizaron mayor número de desplazamientos totales y centrales, pasando más tiempo corriendo (17,7 s en grupo frente a 11,8 s y 13,6 s en individual y bicelular, respectivamente;  $P < 0,05$ ) y mordisqueando diferentes zonas del parque de pruebas (28,2 s vs. 5,5 s y 9,1 s;  $P < 0,001$ ). Asimismo, en su comportamiento durante 24 h de observación, aumentó la frecuencia moviéndose (1,32 % vs. 0,74 % y 0,60 %;  $P < 0,01$ ), corriendo (0,21 % vs. 0,08 % y 0,03 %,  $P < 0,001$ ) y dedicaron más tiempo al contacto social (1,44 % vs. 0,34 % y 0,19 %;  $P < 0,001$ ), sin registrarse estereotipias en este experimento. La prueba de inmovilidad tónica indica que los conejos alojados en jaulas en grupo se mostraron más audaces frente a los humanos que los cebados en jaula individual, precisando mayor número de intentos para conseguir la inmovilidad (1,99 vs. 1,38;  $P < 0,05$ ) y manteniendo dicha inmovilidad por menos tiempo (25,0 s vs. 47,8 s;  $P < 0,05$ ), sin diferencias en este caso entre los del grupo de 9 gazapos y los cebados en parejas.

Desde el punto de vista zootécnico, los conejos de jaulas convencionales en grupo ofrecen unos resultados productivos parecidos a

los que se obtienen en jaulas bicelulares, pero algo inferiores a los de las jaulas individuales. Así, tanto el peso al final del cebo, como la ganancia media diaria o el consumo diario, o los parámetros de calidad de la canal (peso de sacrificio, peso de canal, rendimiento a la canal, proporción de piezas, relación músculo:hueso de la pierna y porcentaje de grasa perirrenal) y de la carne (composición química, pH y color) fueron similares en engordes en grupo y bicelulares (Szendrő et al., 2009; Xiccato et al., 2013). Solo el índice de conversión fue estadísticamente diferente, con valor más bajo en la jaula convencional (3,32 vs. 3,52;  $P < 0,05$ ) en el trabajo de Szendrő et al. (2009) comparando grupos de 8 conejos/jaula (0,50 m<sup>2</sup>) con cebados en jaula bicelular (0,12 m<sup>2</sup>), ambos con la misma densidad (16 conejos/m<sup>2</sup>). También hubo diferencia estadística en el índice de amarillo del músculo *Biceps femoris* (b\*: 4,26 y 3,32 en colectivas con 9 gazapos (0,500 m<sup>2</sup>) y bicelulares (0,112 m<sup>2</sup>), respectivamente) en el trabajo de Xiccato et al. (2013).

No ocurre lo mismo cuando el cebo en grupo se compara con el cebo en jaula individual pues, aún con dimensiones próximas a las de la jaula bicelular mencionada (individual: 0,100 m<sup>2</sup>), Xiccato et al. (2013) encuentran menor crecimiento (41,5 g/d vs. 43,0 g/d) y consumo diario (126 vs. 133 g) en las jaulas en grupo respecto a las individuales, si bien el índice de conversión fue similar. El peso al sacrificio (2626 g vs. 2713 g;  $P < 0,05$ ) y la relación músculo:hueso de pierna (5,91 vs. 6,35;  $P < 0,05$ ) fueron menores en el cebo en grupo respecto al individual. Rendimiento de canal, porcentaje de grasa y tercio posterior no difirieron de los obtenidos en la jaula individual a pesar de las diferencias en el peso de sacrificio. Al respecto, los autores indican que los mejores resultados de los conejos cebados en jaula individual respecto a los de la jaula bicelular o a la colectiva podrían explicarse por el hecho de que los animales en las jau-

las individuales no pueden realizar otras actividades que comer y descansar.

Por otro lado, el tamaño y el diseño de la jaula de cebo en grupo utilizada en cada experimento pueden afectar a los resultados. Así, Combes et al. (2005), con grupos constituidos por 10 gazapos y jaulas de aproximadamente doble superficie que las convencionales (62 cm x 213 cm, anchura x longitud) pero 80 cm de altura, colocaron diferentes obstáculos entre comedero y bebedero para obligar a los conejos a saltar, y compararon los resultados con los de conejos cebados en jaula individual (0,105 m<sup>2</sup>), de los cuales se esperaba *a priori* predominio del comportamiento sedentario por no tener posibilidad de realizar saltos en su jaula. Los conejos que hicieron ejercicio no mostraron diferencias significativas en ganancia media diaria y peso de sacrificio con los de la jaula individual, pero tendieron a menor consumo (125 g vs. 140 g;  $P = 0,06$ ) y presentaron mejor índice de conversión (2,81 vs. 3,02;  $P < 0,05$ ). También su rendimiento de canal tendió a ser superior (+0,68), presentando una proporción de tercio posterior más importante (31,00 vs. 30,21;  $P < 0,05$ ), una menor relación músculo:hueso en la pierna (5,34 vs 5,69;  $P < 0,01$ ) y similar estado de engrasamiento que los sedentarios. Los autores añaden otras significativas diferencias entre ambos tipos de engorde: el tendón de Aquiles y el ligamento rotuliano eran más rígidos en los conejos que hicieron ejercicio (+25 % y +34 % respectivamente), y la capacidad de deformación elástica del tendón de Aquiles, así como la resistencia al estiramiento del ligamento rotuliano también fueron superiores (+30 % en ambos características), indicando un incremento de la resistencia de esos conjuntos tendinosos y óseos de las extremidades posteriores, consecuente a la práctica del salto durante el cebo. De hecho, durante 24 h de filmación, observaron la realización de más de 98 saltos por conejo del grupo.

El mismo efecto encontraron Dalle-Zotte et al. (2009) en conejos cebados en grupos de 13 animales en un recinto que llamaron "parque pequeño" (50 cm x 172 cm, con 100 cm altura y carentes de techo) frente a conejos cebados en jaula bicelular (0,122 m<sup>2</sup>) con igual densidad (16 conejos/m<sup>2</sup>). En los conejos en grupo el peso y la resistencia a la fractura de fémur y tibia, así como el diámetro de la tibia, fueron mayores, mientras la longitud de la tibia fue menor, posiblemente por su menor peso de sacrificio (2531 g vs. 2590 g;  $P < 0,01$ ), y también fue menor la relación músculo:hueso de la pierna (5,62 vs. 6,11;  $P < 0,001$ ).

Las diferencias anatómico-funcionales relativas a los huesos, tendones y ligamentos de la pierna, así como el cambio de proporciones de la canal hacia un incremento del tercio posterior, se atribuyen clásicamente a la mayor práctica del comportamiento de locomoción por disponer de mayor superficie global que en las pequeñas jaulas individuales o bicelulares. En efecto, Princz et al. (2008a) observaron que, durante el cebo, los gazapos del grupo dedicaron prácticamente el doble de su tiempo a locomoción, así como a actividades de investigación y sociales; además, comieron y bebieron más frecuentemente –es decir, realizaron más movimientos– y, por el contrario, descansaron menos que los de las jaulas bicelulares. No obstante, y de acuerdo con Xiccato et al. (2013), el mayor ejercicio físico también podría ser el resultado del incremento del número de conejos en el grupo de cebo, pues probablemente aumenta la competitividad en los grupos grandes de animales, no solo para establecer jerarquías sino también para acceder a los comederos y a los bebederos, lo cual, a su vez, podría reducir la ingesta y, por lo tanto, el crecimiento de los animales. Tal vez ésta sea también la razón de las importantes diferencias que se encuentran entre el engorde en jaulas individuales respecto a las bicelulares, siempre con resultados zootécnicos infe-

riores en estas últimas, como observan Xiccato et al. (2013). Y, finalmente, quizás esa mayor competitividad podría explicar el comportamiento agresivo que Princz et al. (2008a) destacan en el grupo de 13 conejos del que carecieron los cebados por parejas.

Así, las escasas diferencias en los resultados de engorde de conejos que se ceban en grupos de 8-9 gazapos respecto a los resultados en jaulas bicelulares podrían explicarse, por una parte, por la limitada posibilidad de movimientos en ambos tipos de jaulas, pero también podrían relacionarse con una ausente o baja competitividad entre gazapos en esas condiciones de engorde, de hecho los conejos no mostraron ningún signo de heridas al final del estudio a los 76 días de edad (Xiccato et al., 2013). Igualmente, en situación experimental de cebo con grupos de 6 a 9 gazapos en jaula convencional (51 cm x 77 cm) desde los 30 días a los 70 días de edad, Morisse y Maurice (1997) señalan que solo a los 70 días se observó algún encuentro agresivo, aunque los autores destacan que esos encuentros no se distinguen fácilmente del comportamiento de juego, y forman parte de la conducta normal, especialmente de los jóvenes machos que empiezan a hacerse mayores y disponen de lugar suficiente para exhibirlos. Estos encuentros fueron inusuales y no dependientes del tamaño del grupo ni de la densidad en la jaula, pues predominaron en las jaulas de inferior densidad y menor tamaño de grupo (2,4 %; 0,2 %; 1,4 % y 0,6 % en grupos de 6, 7, 8 y 9 conejos, respectivamente). En estas condiciones, los conejos desarrollan comportamientos sociales (contacto con otros, frotar, lamer, olfatear, marcar con el mentón) y de confort (actividades de autocuidado: rascarse, frotar, lamer, acicalarse, bostezar, estirarse) propios de esta fase de crecimiento, sin estereotipias ni comportamientos agonísticos. Aunque varía entre grupos, es hacia las 10 o 12 semanas de edad cuando los conejos

inician el establecimiento de jerarquías, incrementando repentinamente en ese momento los comportamientos agresivos (Vervaecke et al., 2010).

### **Enriquecimiento de la jaula de cebo**

En las jaulas convencionales, la presencia de una varilla (o un taco) de madera colocada en el lateral de la jaula de cebo fue uno de los primeros elementos evaluados como enriquecedores (Mirabito et al., 2000). En algunos estudios el taco favorece la ganancia media diaria (52,5 g/d vs. 49,1 g/d;  $P < 0,05$ ) y el consumo (197 g/d vs. 187 g/d;  $P < 0,05$ ) (Rizzi y Chericato, 2008) y puede modificar algunas características de calidad de la canal o la carne como muestran Jordan et al. (2006) en su revisión, aunque en la mayoría de los trabajos no se encuentra efecto sobre los parámetros productivos de crecimiento (Mirabito et al., 2000; Jordan et al., 2006; Princz et al., 2008b). Si se trata de bloque de pasta de madera con elementos traza, podrían mejorar el crecimiento y el peso de los gazapos según los resultados de Bignon et al. (2012), observando estos autores un consumo muy elevado del taco y escasa repercusión en la ganancia diaria en los conejos sometidos a restricción alimentaria. Aunque se enriquece el comportamiento porque los conejos roen, puede deteriorarse el bienestar pues el principal problema del empleo de varillas es que hay un alto riesgo de contaminación oral entre los animales, pudiendo presentar niveles de mortalidad más elevados que en las jaulas que carecen de este elemento (22,7 % vs. 14,4-15,9 %;  $P < 0,05$ ) (Mirabito et al., 2000). Si la varilla se coloca sujeta del techo de la jaula, su uso es menor que si está en el suelo, pero también lo es su nivel de contaminación bacteriana (Marín et al., 2018). Desde el punto de vista comportamental, Princz et al. (2008b) indican que las varillas de madera fijadas a la pared del parque dan lugar a interesantes

efectos de reducción de lesiones en grupos constituidos por 13 conejos cebados hasta las once semanas de edad.

Rommers y Meijerhof (1998) enriquecieron las jaulas convencionales ampliando la superficie de la jaula e incrementando el número de conejos desde los 6 criados en las jaulas estándar hasta 12, 18, 30, 42 y 54 conejos (densidad de 17 animales/m<sup>2</sup>). Observaron que el peso al final del cebo, la ganancia media diaria y el pienso consumido no diferían entre grupos. Solo el índice de conversión presentaba diferencias, aunque no en todos los casos, siendo mejor en las jaulas con 6 gazapos que en las de 12, 30 o 54 conejos, pero no había diferencias significativas con los grupos de 18 y 42 gazapos, sin hallar los autores explicación al respecto.

El enriquecimiento de la jaula de cebo mediante plataforma es un procedimiento que puede ampliar la expresión de comportamientos al permitir que los conejos salten para colocarse sobre la plataforma y supone un aumento de la superficie real disponible por conejo. Ha sido un recurso poco estudiado en el periodo de engorde, tal vez por ser más caro que el cebo en parque como ya indicaron Jehl et al. (2003). Estos autores encuentran que jaulas con plataforma con similar densidad que las jaulas convencionales (17 conejos/m<sup>2</sup>) no tuvieron efecto sobre la mayoría de parámetros productivos (velocidad de crecimiento, rendimiento de la canal, estado de engrasamiento, pH, color o capacidad de retención de agua de la carne). No obstante, estas jaulas proporcionaron gazapos con menor peso de sacrificio, pero mayor porcentaje de tercio posterior (Tabla 1), inferior relación músculo:hueso en la pierna y una tendencia a mayor peso de la tibia (+3 %;  $P = 0,112$ ), así como superior resistencia de este hueso a la presión ( $P = 0,02$ ). Los autores atribuyen las diferencias a una mayor actividad física en las jaulas con plataforma, pues si bien el tiempo dedicado a las actividades básicas (comer, beber, acicalamiento,

Tabla 1. Efecto del modo de alojamiento sobre los resultados productivos.  
 Table 1. Effect of housing system on growth traits.

|                                      | Szendrő et al. (2009) |        |         |  | Jehl et al. (2003) |                    |                   |         |
|--------------------------------------|-----------------------|--------|---------|--|--------------------|--------------------|-------------------|---------|
|                                      | Jaula                 | Parque | P valor |  | Jaula              | Jaula + plataforma | Parque            | P valor |
| Dimensión (cm)                       | (1)                   | (1)    |         |  | –                  | –                  | 155 x 170         |         |
| Densidad (gazapos/m <sup>2</sup> )   | 16                    | 16     |         |  | 17                 | 17                 | 17                |         |
| Gazapos/huevo                        | 8                     | 26     |         |  | 6                  | 10                 | 45                |         |
| Peso a:                              |                       |        |         |  |                    |                    |                   |         |
| 5 semanas                            | 861                   | 858    | ns      |  | 907                | 876                | 904               | ns      |
| 7 semanas                            | 1457                  | 1413   | *       |  | 1651 <sup>b</sup>  | 1544 <sup>a</sup>  | 1549 <sup>a</sup> | ***     |
| 9 semanas                            | 2045                  | 1975   | *       |  | 2252 <sup>b</sup>  | 2121 <sup>a</sup>  | 2111 <sup>a</sup> | ***     |
| 10 semanas                           | 2312                  | 2254   | ns      |  | 2446 <sup>b</sup>  | 2335 <sup>b</sup>  | 2251 <sup>a</sup> | ***     |
| 11 semanas                           | 2498                  | 2446   | ns      |  | –                  | –                  | –                 |         |
| Ganancia media diaria <sup>(2)</sup> | 39,0                  | 37,8   | ns      |  | –                  | –                  | –                 |         |
| Consumo (g/d)                        | 125                   | 134    | ns      |  | –                  | –                  | –                 |         |
| Índice de conversión                 | 3,32                  | 3,58   | *       |  | –                  | –                  | –                 |         |
| Mortalidad                           | –                     | –      |         |  | 4                  | –                  | 18                |         |
| Peso sacrificio                      | 2475                  | 2451   | ns      |  | 2550 <sup>b</sup>  | 2439 <sup>a</sup>  | 2434 <sup>a</sup> | **      |
| Rendimiento de la canal (%)          | 60,1                  | 60,4   | ns      |  | 56,2               | 55,6               | 55,4              | ns      |
| Despiece (%):                        |                       |        |         |  |                    |                    |                   |         |
| Parte anterior                       | 28,2                  | 29,0   | *       |  | –                  | –                  | –                 |         |
| Parte media                          | 32,1                  | 31,4   | ns      |  | –                  | –                  | –                 |         |
| Parte posterior                      | 38,3                  | 38,5   | ns      |  | 31,9 <sup>b</sup>  | 32,4 <sup>a</sup>  | 32,4 <sup>a</sup> | *       |
| Engrasamiento:                       |                       |        |         |  |                    |                    |                   |         |
| Puntuación                           | –                     | –      |         |  | 3,3 <sup>b</sup>   | 3,1 <sup>b</sup>   | 2,7 <sup>a</sup>  | ***     |
| Perirrenal (%)                       | 1,43                  | 1,11   | *       |  | –                  | –                  | –                 |         |
| Escapular (%)                        | –                     | –      |         |  | –                  | –                  | –                 |         |
| Relación músculo: hueso              | –                     | –      |         |  | 5,25 <sup>b</sup>  | 4,86 <sup>a</sup>  | 4,73 <sup>a</sup> | ***     |
| pH <i>Biceps femoris</i>             | 5,82                  | 5,76   | ns      |  | 5,90               | 5,89               | 5,92              | ns      |
| pH <i>Longissimus dorsi</i>          | –                     | –      |         |  | 5,90               | 5,87               | 5,90              | ns      |

(1) Jaula: 0,50 m<sup>2</sup>; (2) de la 5 a la 10 u 11 semanas; \* = P<0,05; \*\* = P<0,01; \*\*\* = P<0,001; ns = no significativo; a,b Medias para un mismo parámetro y trabajo no compartiendo letras fueron diferentes a P < 0,05.

Tabla 1. Efecto del modo de alojamiento sobre los resultados productivos (continuación).  
 Table 1. Effect of housing system on growth traits (continuation).

|                                      | Postollec et al. (2008) y Combes et al. (2010) |                                |                               |         | Matics et al. (2019)  |                        |         |
|--------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------|-----------------------|------------------------|---------|
|                                      | Jaula                                          | Parque pequeño<br>+ plataforma | Parque grande<br>+ plataforma | P valor | Jaula<br>+ plataforma | Parque<br>+ plataforma | P valor |
| Dimensión (cm)                       | 77 x 50                                        | 53 x 95                        | 193 x 190                     |         | 103 x 53              | 176 x 250              |         |
| Densidad (gazapos/m <sup>2</sup> )   | 15                                             | 15                             | 15                            |         | 15                    | 15                     |         |
| Gazapos/huevo                        | 6                                              | 10                             | 60                            |         | 8                     | 65                     |         |
| Peso a:                              |                                                |                                |                               |         |                       |                        |         |
| 5 semanas                            | 739                                            | 723                            | 716                           | ns      | 960                   | 960                    | ns      |
| 7 semanas                            | –                                              | –                              | –                             |         | 1590                  | 1575                   | ns      |
| 9 semanas                            | –                                              | –                              | –                             |         | 2181                  | 2088                   | ***     |
| 10 semanas                           | 2508                                           | 2397                           | 2340                          | ns      | –                     | –                      |         |
| 11 semanas                           | –                                              | –                              | –                             |         | 2540                  | 2443                   | **      |
| Ganancia media diaria <sup>(2)</sup> | 45,4 <sup>b</sup>                              | 42,9 <sup>a</sup>              | 41,7 <sup>a</sup>             | **      | 37,6                  | 35,3                   | ns      |
| Consumo (g/d)                        |                                                |                                |                               |         | 127                   | 127                    | ns      |
| Índice de conversión                 | 3,14                                           | 2,87                           | 2,85                          | ns      | 3,39                  | 3,61                   | *       |
| Mortalidad                           | –                                              | –                              | –                             |         | 5,3                   | 31,00                  | **      |
| Peso sacrificio                      | 2516 <sup>b</sup>                              | 2440 <sup>ab</sup>             | 2337 <sup>a</sup>             | **      | 2540                  | 2469                   | *       |
| Rendimiento de la canal (%)          | 56,9                                           | 56,3                           | 56,6                          | ns      | 58,00                 | 57,20                  | *       |
| Despiece (%):                        |                                                |                                |                               |         |                       |                        |         |
| Parte anterior                       | 35,68                                          | 35,35                          | 35,33                         | ns      | 28,6                  | 28,9                   | 0,051   |
| Parte media                          | 17,98                                          | 18,35                          | 17,93                         | ns      | 32,6                  | 32,20                  | *       |
| Parte posterior                      | 30,4 <sup>a</sup>                              | 30,7 <sup>ab</sup>             | 31,4 <sup>b</sup>             | **      | 36,7                  | 37,30                  | ***     |
| Engrasamiento:                       |                                                |                                |                               |         |                       |                        |         |
| Puntuación                           | –                                              | –                              | –                             |         | –                     | –                      |         |
| Perirrenal (%)                       | 1,85 <sup>b</sup>                              | 1,58 <sup>a</sup>              | 1,59 <sup>a</sup>             | *       | 1,65                  | 1,25                   | ***     |
| Escapular (%)                        | 0,71 <sup>b</sup>                              | 0,58 <sup>a</sup>              | 0,56 <sup>a</sup>             | ***     | –                     | –                      |         |
| Relación músculo: hueso              | 6,70                                           | 6,58                           | 6,72                          | ns      | 5,27                  | 4,70                   | ***     |
| pH <i>Biceps femoris</i>             | 6,25 <sup>ab</sup>                             | 6,29 <sup>b</sup>              | 6,22 <sup>a</sup>             | *       | 6,09                  | 6,15                   | ns      |
| pH <i>Longissimus dorsi</i>          | 5,97 <sup>a</sup>                              | 6,05 <sup>b</sup>              | 5,96 <sup>a</sup>             | ***     | 5,93                  | 5,98                   | ns      |

<sup>(1)</sup> Jaula: 0,50 m<sup>2</sup>, Parque: 1,72 m<sup>2</sup>; <sup>(2)</sup> de la 5 a la 10 u 11 semanas; \* = P<0,05; \*\* = P<0,01; \*\*\* = P<0,001; ns = no significativo; <sup>a,b</sup> Me-dias para un mismo parámetro y trabajo no compartiendo letras fueron diferentes a P < 0,05.

reposo) era el mismo independientemente del alojamiento, el dedicado a salto y posición corporal erguida (posición "vigilante") era mayor en los conejos cebados en estas jaulas que en las convencionales. De hecho, el propio diseño de la jaula exige estos comportamientos para subir y bajar de la plataforma. En relación con la composición de la canal, un mayor porcentaje de tercio posterior puede ser un buen indicador de calidad de la canal, especialmente por el valor de estas piezas cuando se comercializan en bandeja, pero la baja relación músculo:hueso no apoya dicha mejora de la calidad.

Postollec et al. (2008) estudiaron el cebo en recintos con una superficie próxima a una jaula estándar (53 cm × 95 cm, longitud × anchura) pero con 80 cm de altura, sin techo y enriquecidos con una plataforma de 53 cm × 30 cm. A estos recintos los denominaron "parque pequeño" y los compararon con jaulas convencionales de 77 cm × 50 cm × 30 cm (longitud × anchura × altura). En la jaulas se cebaron 6 gazapos y en los parques pequeños 10 gazapos (15 conejos/m<sup>2</sup> en ambos), disponiendo las jaulas de 0,385 m<sup>2</sup> de superficie mientras los parques pequeños alcanzan 0,662 m<sup>2</sup> por efecto de la suma de la superficie propia del recinto más la de la plataforma (0,503 m<sup>2</sup> del recinto más 0,159 m<sup>2</sup> de la plataforma). En estos pequeños parques la plataforma estuvo ocupada por alrededor del 15 % de los gazapos en cualquier momento del día y la noche a lo largo de todo el periodo de engorde (Figura 1: parque pequeño).

Otros trabajos han estudiado el uso de la plataforma por los gazapos, encontrando que, cuando todavía permanecen con su madre en jaulas de maternidad, utilizan la plataforma desde que son capaces de saltar y colocarse sobre la misma (3<sup>a</sup>-4<sup>a</sup> semana de vida), incrementando su uso hasta alcanzar el 94 % del día en la 7<sup>a</sup> semana (Sahuquillo et al., 2015). Durante el cebo, el número medio de conejos que permanecen sobre la plataforma

va decreciendo con la edad según Lang y Hoy (2011). Es importante considerar que la utilización de la plataforma varía con las condiciones de la jaula (o del parque, como se observa en la Figura 1). Como han mostrado Szendrő et al. (2012) el tipo de plataforma (material y diseño), el tipo de recinto (jaula, parque, suelo de rejilla, cama de paja), así como el tamaño del recinto y la ubicación de la plataforma (en el centro o colgada de la pared; Postollec et al., 2008) son factores que condicionan la mayor o menor utilización de este elemento. Lang y Hoy (2011) observaron que su uso sigue un ritmo circadiano, de modo que por encima del 70 % de los gazapos permanecía sobre la plataforma durante la noche, decrecía a menos del 20 % al conectarse la luz a las 6:00 am, y se incrementaba otra vez al anochecer.

En el experimento citado, Postollec et al. (2008) realizaron observaciones fijas de 10 minutos de duración, encontrando que el número de conejos que hicieron un salto o una carrera, incluidos los movimientos hacia arriba y abajo de la plataforma, no difirieron en las jaulas convencionales respecto a los parques pequeños (29,5 % y 30 % respectivamente). Tampoco hubo un efecto del alojamiento sobre las actividades principales (alimentación, descanso, movimientos y adopción de postura erguida, y otros comportamientos: roer, lamer varillas, olfatear, estirarse, bostezar, etc.) (Tabla 2). Entre los resultados de crecimiento, solo la ganancia media diaria difirió significativamente, siendo mayor en los gazapos de la jaula convencional respecto a los del parque pequeño (45,4 g/d vs. 42,9 g/d;  $P < 0,05$ ) (Tabla 1). Tras el sacrificio de una muestra de conejos, las diferencias fueron solo significativas para el engrasamiento, superior en los conejos de la jaula estándar; así como para el pH del músculo *Longissimus dorsi*, más elevado en los del parque pequeño (Combes et al., 2010) (Tabla 1).

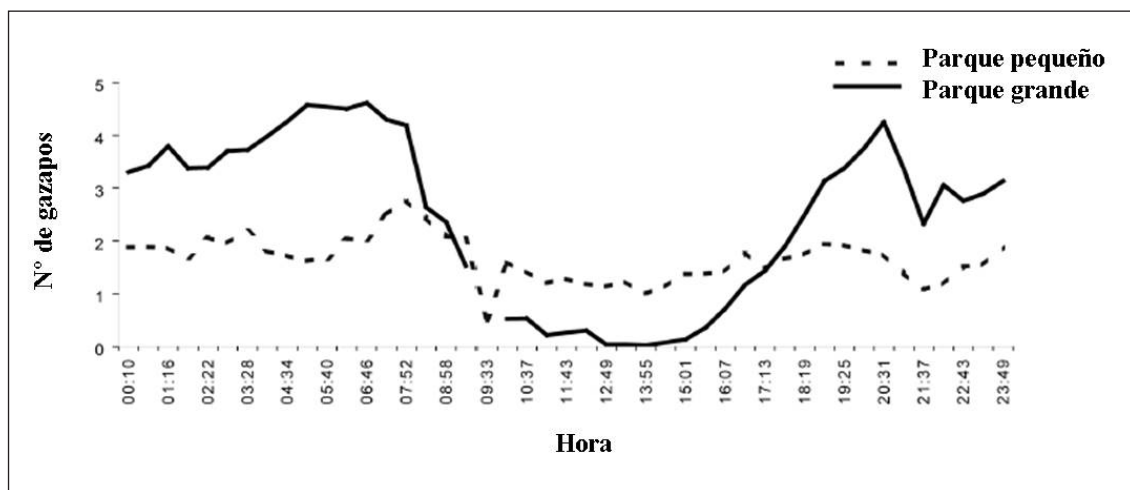


Figura 1. Número medio de conejos observado sobre la plataforma durante 24 h en parque pequeño (10 conejos/parque) y parque grande (60 conejos/parque). Media de todo el período de cebo. Figura obtenida de Postollec et al. (2008).

Figure 1. Average number of rabbits observed on the platform during 24 h in small pen (10 rabbits/pen) and large pen (60 rabbits/pen). Average of the entire growing period. Figure obtained from Postollec et al. (2008).

Tabla 2. Comparación de las principales actividades de conejos alojados en jaula (6 conejos/jaula) y en parque (10 conejos/parque pequeño; 60 conejos/parque grande) determinadas mediante video filmación de 1 min cada 15 min durante 24 h. Media del porcentaje de tiempo dedicado a cada actividad en el periodo de cebo. Tabla obtenida de Postollec et al. (2008).

Table 2. Comparison of the main activities of rabbits housed in a cage (6 rabbits/cage) and in a pen (10 rabbits/small pen; 60 rabbits/large pen) determined by video filming of 1 min every 15 min for 24 h. Average percentage of time dedicated to each activity in the growing period. Table obtained from Postollec et al. (2008).

| Actividad (%)                | Jaula       | Parque pequeño + plataforma | Parque grande + plataforma | P-valor |
|------------------------------|-------------|-----------------------------|----------------------------|---------|
| Nutrición                    | 12,1 ± 3,56 | 9,7 ± 1,75                  | 10,2 ± 0,58                | 0,168   |
| Descanso                     | 56,8 ± 5,50 | 60,7 ± 6,40                 | 61,3 ± 1,85                | 0,254   |
| Movimiento y postura erguida | 18,9 ± 5,32 | 15,6 ± 3,71                 | 14,6 ± 1,79                | 0,155   |
| Otros                        | 12,2 ± 2,01 | 14,0 ± 2,32                 | 13,9 ± 1,12                | 0,163   |

Sin embargo, en una experiencia previa con un diseño similar, Postollec et al. (2006) no encontraron efecto del alojamiento sobre la ganancia media diaria, a diferencia de lo que acabamos de mencionar, pero sí sobre el índice de conversión, que fue mejor en los gazapos cebados en jaula convencional que en los del pequeño parque con plataforma (2,65 vs. 2,86, respectivamente;  $P < 0,05$ ). Además, el alojamiento tuvo un efecto significativo sobre los comportamientos durante el engorde pero, al contrario de lo esperado, realizaron más actividades de locomoción (4,2 % vs. 2,6 %) y postura corporal erguida (14,8 % vs. 9,95 %) y menos de reposo (57,7 % vs. 64,8 %) los gazapos de la jaula convencional que los del parque pequeño. Los autores indican que el parque pequeño, incluso carente de techo, no proporcionaba suficiente espacio disponible para realizar actividades como correr o saltar.

En definitiva, la respuesta al enriquecimiento de la jaula de cebo mediante plataforma parece poco consistente pues, con la misma base genética y similar diseño, el efecto sobre los parámetros de crecimiento puede o no ser significativo, según los experimentos de Postollec et al. (2006 y 2008). En relación con favorecer el desarrollo de comportamientos específicos los resultados son contradictorios porque, como hemos visto, puede ocurrir que los conejos no respondan mejorando el comportamiento de locomoción ni adoptando posturas erguidas, que es lo que se pretende con la plataforma, sino aumentando el descanso, lo que en general no se acepta como signo de bienestar. En el experimento de Jehl et al. (2003), sin embargo, la adopción de posturas erguidas (en guardia, alerta, vigilancia) y la realización de saltos están constatados. Tampoco es generalizable el efecto sobre la composición de la canal según las diferencias encontradas en el experimento de Jehl et al. (2003) respecto al de Combes et al. (2010). No obstante, teniendo en cuenta que en estos estudios la base genética no es la misma, los resultados de calidad de ca-

nal sugieren que la jaula con plataforma proporciona no solo un menor peso de sacrificio sino también un retraso en el desarrollo de los componentes de la canal, de modo que, en función del grado de madurez al que se sacrifican los gazapos en cada experimento, la canal presentará una menor relación músculo:hueso (Jehl et al., 2003) o un menor estado de engrasamiento (Combes et al., 2010).

Un importante aspecto a considerar en las jaulas enriquecidas con plataforma es el grado de higiene que se puede mantener en las mismas, pues la posibilidad de que la orina y heces de los gazapos ubicados sobre la plataforma caigan sobre los que ocupan la parte inferior la mencionan Jehl et al. (2003), la constatan Postollec et al. (2008) en los pequeños parques, y también Matics et al. (2019) en su experimento de comparación de jaulas y parques con plataforma que estudiaremos en el apartado siguiente (Tabla 1). Este es el problema principal y la más importante limitación y objeción para su uso, especialmente constatado en maternidad, donde se ha estudiado más que en engorde (Cervera et al., 2018). Esto es debido a que la plataforma se elabora con una rejilla de material metálico o plástico, y los ajustes que se han hecho para mejorarla no han dado resultado. El problema de falta de higiene afecta a la propia plataforma, pero también al suelo de la jaula, sobre todo a los rincones de la misma, suponiendo un hándicap importante para el control de la sanidad. Lang y Hoy (2011) no encontraron efecto de la plataforma sobre la mortalidad, pero ésta fue muy elevada, alcanzando tasas de 21,7 % y 21,0 % en las jaulas con y sin plataforma respectivamente.

Otros aspectos importantes de las jaulas con plataforma que destacan algunos de los autores mencionados son la dificultad de manejo al manipular a los gazapos, la mayor complejidad para la observación de los animales y la prolongación del periodo de engorde para obtener pesos de sacrificio y calidad de canal similares a los de las jaulas estándar.

### **Cebo de gazapos en parque**

Un parque para engorde de conejos es un recinto con paredes de alambre galvanizado de 60-80-110 cm de altura, carente de techo y con suelo de malla similar a la de las paredes, o de rejilla plástica, o compacto. No hay definidas superficies máximas ni mínimas para estos recintos, ni número de conejos mínimo o máximo para ocuparlos, aunque se acepta que la densidad óptima es similar a la indicada para las jaulas convencionales (40 kg/m<sup>2</sup>).

Por la importancia de los cambios que acarrearía su implementación en las granjas estándar de producción en sustitución de las jaulas *flat-deck* convencionales, la mayor (y más popular) innovación en los estudios de mejora del bienestar durante el cebo es el engorde de grupos con alto número de conejos en grandes parques. Se considera con ello que los conejos domésticos se aproximan a las condiciones de vida en grupo de los silvestres, porque hay mayor posibilidad de contacto social y favorece la ejecución de comportamientos específicos de crecimiento que no pueden realizar en recintos más pequeños, particularmente los relacionados con la locomoción. Es interesante recordar que los hábitats de las poblaciones o de los individuos silvestres no son homogéneos, y que los conejos tienen una notable ecoplasticidad, con capacidad de modificar comportamientos y costumbres aparentemente inamovibles en la especie (área de distribución y tamaño del grupo animal y de la madriguera, actividades más o menos nocturnas) en función de las condiciones eco-geográficas (cobertura vegetal del área, calidad del suelo, posibilidad de refugio) y de la disponibilidad de recursos del ecosistema que ocupan, todo ello con objetivo de supervivencia frente a predadores (Lombardi et al., 2003), y que el hábitat de los conejos en la granja es muy diferente.

Los autores que han evaluado la preferencia de los conejos domésticos por el tipo de alo-

jamiento indican que ésta sería a favor de las jaulas respecto a los parques, pues gazapos en cebo con posibilidad de elegir entre tres jaulas de diferentes alturas y un parque sin techo, mostraron muy baja preferencia por este último, independientemente de cual fuera la densidad de población, edad o momento del día, quizás porque las jaulas con techo puedan equipararse a la madriguera, sintiéndose más protegido en su carácter de animal de presa (Princz et al., 2008c; Szendrő, 2009). Según estos autores, los 30-35 cm de altura de las jaulas convencionales podrían considerarse suficientes para el cebo de conejos.

Uno de los aspectos más importantes en el diseño del parque es el suelo, ya que los conejos están siempre en contacto con él y su calidad afecta al bienestar. Las condiciones higiénico-sanitarias en el cebo se deterioran particularmente cuando el suelo del parque está parcialmente no perforado –tal como exige la actual legislación alemana relativa a bienestar en conejos de granja– pudiendo encontrar ya lesiones en patas incluso en el 10 % de los gazapos al finalizar las ocho semanas del periodo de engorde (Masthoff et al., 2016), patología inhabitual en el cebo en jaula (EFSA, 2005). También la higiene y sanidad escasean cuando la rejilla del suelo del parque es inadecuada y proliferan los coccidios (Jacquet et al., 2013). A su vez, si la rejilla tiene huecos demasiado amplios, los conejos están menos activos, acurrucados y menos interesados en objetos desconocidos, dando además altos niveles de corticosterona en pelo (Trocino et al., 2018), lo que indica un deterioro del bienestar. Por último, es importante señalar que los experimentos publicados acerca del cebo en parque con cama de paja muestran resultados de crecimiento diario, así como de rendimiento de la canal y algunas variables de calidad de canal o carne, peores que cuando el engorde es sobre suelo de rejilla, especialmente cuando la rejilla es plástica (Lambertini et al., 2001; Trocino et

al., 2008). De hecho, la rejilla plástica es el suelo de elección de los conejos respecto a la rejilla metálica (Princz et al., 2008a) y sobre todo respecto a la cama de paja, la cual, cualquiera que sea la temperatura ambiente, la edad y la hora del día, es el material hacia el que los conejos muestran menos interés (Gerencsér et al., 2014), y que rechazan cuando tienen posibilidades de elegir (Morisse et al., 1999; Gerencsér et al., 2014), aumentando la frecuencia de uso de este suelo solo al final del engorde, seguramente porque la densidad es muy alta y no les queda otra opción (Gerencsér et al., 2014). Este comportamiento de rechazo de un material *a priori* considerado por la sociedad apropiado para esta especie, también ha sido observado en jaulas con suelo de madera que, humedecidas por la orina, son rehusadas por los gazapos incluso en las condiciones de alta densidad del final de cebo (Matics et al., 2003). Por otro lado, los ganaderos tienen mayores dificultades para la limpieza de los suelos de rejilla plástica respecto a la metálica, por lo que, aunque con los *slats* plásticos se reducen las pododermatitis, hay una repercusión negativa en la higiene y en la sanidad (Maertens, 2017).

Diversos estudios han comparado el cebo en parque y en jaula, midiendo distintos aspectos que agruparemos en cuatro bloques: resultados productivos, mortalidad, agresividad y bienestar. Las características y dimensiones de los parques, los tamaños de los grupos y la densidad de animales varían mucho entre experimentos, lo que dificulta la interpretación y la comparación de resultados.

#### *Jaula convencional vs. parque: resultados productivos*

Szendró et al. (2009) compararon los resultados del cebo en jaulas estándar con los de parque (Tabla 1), encontrando diferencias significativas en la ganancia media diaria en algunas semanas de engorde, pero en el periodo total la tasa media no difirió, ni tampoco

el peso al final del cebo. De los parámetros de crecimiento solo el índice de conversión fue significativamente más elevado en el parque, obteniéndose en este grupo canales con menor peso y proporción de grasa, mayor tercio anterior, y similar composición química de la pierna.

A su vez, Jehl et al. (2003), constataron menor velocidad de crecimiento durante el periodo de cebo (Tabla 1) en el parque que en la jaula estándar y menor peso final (-195 g). Sin diferencias en el rendimiento, las canales de los conejos del parque se caracterizaron por mayor porcentaje de tercio posterior (+0,5 %), menor puntuación en engrasamiento e inferior relación músculo:hueso en la pierna. Además, la resistencia del hueso tibia de los conejos alojados en parque fue significativamente superior a la de los animales alojados en jaula convencional ( $P = 0,02$ ). Todas las diferencias se atribuyen a la distinta actividad física de los conejos de jaula y parque.

Por su parte, Postollec et al. (2008), solo encontraron efecto en la ganancia media diaria, significativamente inferior en el parque (Tabla 1). Con diferencias de -179 g en el peso de sacrificio, las canales de los gazapos del parque presentaron mayor proporción de tercio posterior y menor porcentaje de grasa, con una relación músculo:hueso de la pierna que no difirió entre estos grupos.

Tanto Jehl et al. (2003) como Postollec et al. (2008) y Combes et al. (2010) comprobaron que los resultados del cebo en parques de grandes dimensiones son bastante cercanos a los obtenidos con el enriquecimiento de la jaula mediante plataforma. De hecho, solamente el peso al final del cebo y la nota de engrasamiento difieren en el trabajo de Jehl et al. (2003) entre jaula con plataforma y parque, ambos inferiores en el parque, así como el pH de ambos músculos en el trabajo de Combes et al. (2010). Mucho más alejados son los resultados de jaulas con plataforma

respecto a parques provistos con tres plataformas obtenidos por Matics et al. (2019). En este trabajo (Tabla 1) el efecto del alojamiento fue significativo en la mayoría de las variables de cebo y de canal, y las tendencias de los grupos fueron iguales a las indicadas cuando se aumenta la superficie disponible o el tamaño del grupo de conejos. Así, en el parque el peso final de cebo fue inferior al de la jaula, y hubo un índice de conversión más elevado. El rendimiento de la canal fue menor, mostrando diferencias también en la composición en piezas y en la composición tisular, con mayor porcentaje de tercio posterior y menos de tercio medio, menor engrasamiento e inferior relación músculo:hueso en los conejos del parque. Igual que en los trabajos anteriores, un mayor peso, porcentaje y diámetro de fémur y tibia confirman una actividad física más intensa en los conejos cebados en parque. Al respecto, Jehl et al. (2003) indican que en los parques los conejos realizaron más saltos y adquirieron más veces la postura erguida –especialmente en caso de ruidos en el exterior– que en la jaula estándar, pero menos que en la jaula con plataforma.

#### *Jaula convencional vs. parque: mortalidad*

Los resultados sobre mortalidad en los distintos experimentos son muy diversos. Postollec et al. (2006 y 2008) no registraron problemas sanitarios durante el cebo y la mortalidad fue muy baja tanto en parque como en jaula estándar (0,7-2 %), atribuyéndolo al cuidadoso manejo, limpieza y buenas condiciones ambientales en la granja. Por su parte, Szendrő et al. (2009) tampoco registraron mortalidad durante su ensayo en ninguno de los grupos, pero lo atribuyen a que los conejos consumían dieta medicada. Por el contrario, Jehl et al. (2003) señalan que la mortalidad al final del cebo fue cuatro veces superior en los parques, observando que los conejos cebados en parque eran afectados por los problemas sanitarios más precozmente que los de las jau-

las estándar. También Matics et al. (2019) encontraron diferencias significativas entre las jaulas y los parques (ambos provistos de plataforma) desde la segunda semana de cebo pero, especialmente, durante las dos últimas semanas (9-11 semanas de edad), con valores finales seis veces más altos en parque. Esta alta mortalidad se relaciona con que la mayoría de los conejos permanecían juntos debajo de las plataformas (al considerarlo un lugar seguro), aumentando en esa zona la densidad de población y el depósito de heces y orina que ensuciaba el piso de rejilla plástica del parque, más difícil de limpiar y aumentando por tanto el riesgo de contaminación en relación al suelo de rejilla metálica de las jaulas. Hay que considerar también que la observación de los animales en grupos de cebo tan numerosos puede ser compleja, aunque especialmente necesaria para separar o eliminar los conejos mórbidos que pudieran deteriorar la salud del grupo.

Szendrő y Dalle-Zotte (2011) opinan que en muchos trabajos la mortalidad parece independiente del tamaño del grupo debido a la práctica generalizada de proveer medicación en el pienso. Como comparativo con los conejos silvestres, Lombardi et al. (2003) encuentran que la mortalidad debida a enfermedades (es decir, la no relacionada con predación) solo se detecta en hábitats donde los conejos viven agrupados y no en los que viven dispersos, y parece estar ligada al nivel de agrupamiento, fomentándose la transmisión de enfermedades y la prevalencia de virus en los núcleos que soportan mayor número de individuos.

En un trabajo reciente realizado en condiciones de granja comercial (Roy et al., 2017), se han obtenido mortalidades similares en jaulas con 6 gazapos (0,341 m<sup>2</sup> y 17,6 gazapos/m<sup>2</sup>) respecto a parques con 35 gazapos a baja densidad (2,60 m<sup>2</sup> y 13,5 gazapos/m<sup>2</sup>) (mortalidad 4,79 y 4,32 %), todos ellos sometidos a un manejo alimenticio en racio-

namiento progresivo y considerados de bajo riesgo por haber sido elegidos para esta prueba de entre los más pesados al destete y con mejor estatus sanitario. El peso final de los cebados en parque fue más bajo ( $-42$  g,  $-1,75$  %;  $P = 0,013$ ) y el rendimiento de canal no difirió, pero el porcentaje de decomisos fue significativamente elevado en parque ( $1,23$  % vs.  $0,65$  %;  $P = 0,005$ ). La mortalidad fue moderada en estas condiciones de selección de animales, pero en una prueba posterior que incluyó a todos los gazapos destetados, lo que reflejaría la situación real de la granja en caso de sustituir las jaulas convencionales por los parques, la mortalidad aumentó difiriendo significativamente entre alojamientos ( $7,1$  % jaula frente  $12,6$  % parque;  $P = 0,012$ ). También Leblatier et al. (2017) en granja comercial con gazapos sometidos a racionamiento programado, comprobaron que no hubo diferencias significativas de mortalidad entre jaulas con 8 gazapos respecto a parques de 24 gazapos ( $2,3$  % y  $7,3$  %, respectivamente), pero sí respecto a los cebados en parques con 48 gazapos ( $17,7$  %). En un segundo ensayo se desestimó el parque de 48 gazapos, y se modificó el tiempo de racionamiento, encontrando una importante reducción de la mortalidad tanto en jaulas como en parques con 24 gazapos ( $2,1$  % y  $2,6$  %). En granja experimental y con conejos bajo programa de restricción y realimentación gradual, Birolo et al. (2020) encontraron que la mortalidad tendió a aumentar ( $P = 0,06$ ) desde los cebados en jaula convencional (6 gazapos/jaula) y en pequeño parque (8 gazapos/parque) con  $2,1$  % y  $4,7$  % respectivamente, hasta los de engorde en parques grandes (16 gazapos/parque y 32 gazapos/parque) que alcanzaron  $10,9$  % de mortalidad.

Estos resultados muestran que no es unívoca la relación entre mayor mortalidad y cebo de grupos grandes de conejos en parque, pero son muchos los trabajos que revelan una elevada mortalidad en estos grupos, mayor que en jaulas convencionales. Ignorarlo sería un

riesgo que entraría en contradicción con la idea de bienestar, que es el objetivo que justifica el engorde en parques en lugar de en las jaulas estándar.

#### *Jaula convencional vs. parque: agresividad*

Roy et al. (2017) relacionan la mayor cantidad de canales decomisadas con el aumento de agresividad en el parque. Sin embargo, los resultados experimentales disponibles no revelan unánimemente mayor agresividad en grupos grandes de conejos. Por ejemplo, Jehl et al. (2003) encuentran menos comportamientos agonísticos en los parques, mientras Postollec et al. (2006 y 2008) presentan resultados contradictorios. En 2008 estos autores no observaron encuentros agresivos durante los controles e indican que solo algunos conejos presentaban heridas superficiales o arañazos en cabeza y orejas al final del cebo, alcanzando el  $12,5$  % en las jaulas convencionales de 6 conejos y solo el  $3$  % en los parques grandes de 50 animales. Los mismos autores en 2006 hallaron una tendencia opuesta ( $2,08$  % en jaula y  $13,45$  % en parque). A su vez, Szendrő et al. (2009) muestran una clara relación entre el tamaño del grupo y el porcentaje de conejos con heridas en las orejas, tanto en jaula como en parque (Szendrőy Dally-Zotte, 2011). Matics et al. (2019) evalúan la agresividad midiendo el nivel de corticosterona en heces y observan que era un  $8,8$  %,  $9,0$  %, y  $13,4$  % más elevado en parques a las 6, 9 y 11 semanas de edad, confirmando su hipótesis inicial de que en grandes grupos se desencadena estrés crónico consecuente a las constantes agresiones y peleas. También el nivel de corticosterona en pelo fue mayor en conejos creciendo en grupos grandes en parque (20, 27, 40, 54 conejos/parque) que en jaulas bicelulares, según Trocino et al. (2014). Finalmente, el reciente informe de EFSA (2020) indica que en parques colectivos con grupos de gran tamaño ( $>10$  conejos/parque) aumenta el riesgo de agresiones, el

riesgo de distrés y las tasas de heridas, especialmente al avanzar la edad o cuando se aproxima la madurez sexual.

#### *Jaula convencional vs. parque: valoración del bienestar*

Si las preguntas al inicio de los estudios de mejora del bienestar en conejos eran ¿se modifica el repertorio de comportamientos cuando los gazapos engordan en parque en grupos de 20, 40 o 60 conejos? ¿mejora su bienestar?, la respuesta primera sería que el patrón de comportamiento de los conejos cebados en parque en grupos grandes se enriquece respecto al cebo individual, en parejas o en grupo de 6-8 gazapos. Dicho enriquecimiento afecta fundamentalmente al aumento del comportamiento locomotor debido a que, aún con la misma densidad, los grupos grandes disponen de más espacio porque, siguiendo su comportamiento específico de agrupamiento (Matics et al., 2004), muchos gazapos frecuentemente se encuentran en contacto, de modo que liberan espacio y los restantes conejos pueden correr más fácilmente. No obstante, no parece que los conejos de parque sean más atrevidos al enfrentarse a nuevas situaciones atendiendo a su respuesta a la prueba en campo abierto (Trocino et al., 2014), ni que su bienestar sea mayor, porque muestran más lesiones en orejas que los que se ceban en jaulas (Szendrő et al., 2014) y un nivel de glucocorticoides en pelo más elevado (Trocino et al., 2014). En definitiva, con el engorde en grupos grandes se consigue mejorar algún aspecto del cuarto indicador de bienestar (comportamiento), pero según los resultados publicados hasta el momento, parece que se deterioran todos los demás indicadores (mortalidad, morbilidad, fisiología y resultados productivos).

En relación con el ganadero, la opinión de algunos cunicultores belgas sobre cebo en parque es que requiere más trabajo, mayor inversión, dificulta la restricción terapéutica

de pienso durante esta fase y aumentan los comportamientos agresivos en cebos largos (gazapos de más de 11 semanas de edad). Como positivo, y a pesar de su propia opinión y de lo que señalan los indicadores de bienestar mencionados, para estos cunicultores es más satisfactorio el sistema de producción con engorde en parque y lo consideran más apropiado para los animales. Añaden que los aspectos negativos nombrados deberían compensarse con un sobreprecio sobre los cebados en jaula e incluso con un certificado de producción (Maertens, 2017).

Por último, es importante señalar que aunque el alojamiento es el principal aspecto identificado y el más estudiado en relación al bienestar de los conejos, hay otros componentes muy importantes tales como la formación de cuidadores y ganaderos, aspectos ambientales (iluminación, ventilación, alimentación, desratización, presencia de predadores, etc.) y de manejo de los animales (traslado de animales, transporte, vacío sanitario en sistemas “todo dentro/todo fuera”, manipulación rutinaria de animales, control de patologías, etc.) que pueden afectar de forma acusada al bienestar en la granja. Muchos de ellos están ya tan incorporados a la cría de conejos que ni siquiera se identifican como propiciadores del bienestar.

#### **Conclusiones**

La mejora del bienestar de los gazapos empieza en el nidal, y parece que podría repercutir incluso en su vida adulta si el cuidador procurase una activa familiarización con los individuos de la camada mediante manipulación regular en algunos momentos de especial sensibilidad. Previamente al nacimiento, la paja sería el material de mayor interés para la elaboración del nido de entre los escasos productos aquí presentados, porque es atractiva para las madres y la morta-

lidad de los gazapos es baja. El estudio de otros materiales y de mezclas de materiales y la pauta de colocación en el nidal tiene interés con fines de bienestar.

La jaula convencional de cebo no parece ocasionar problemas graves en grupos inferiores a 10 gazapos, si bien debería contrastarse con otros alojamientos mediante el correspondiente protocolo de evaluación de bienestar que en un futuro pueda aplicarse, el cual debería incluir componentes que contribuyan a una clara diferenciación respecto a edades y pesos finales de cebo a la hora de juzgar el bienestar en la jaula. El enriquecimiento de la jaula convencional con elementos de madera para roer requiere seguir investigando sobre materiales idóneos y sus resultados.

La sustitución de la jaula convencional por jaulas con plataforma exige un cálculo riguroso del balance entre soluciones que aporta y problemas que ocasiona, pues el enriquecimiento del comportamiento locomotor no compensa la reducción de la higiene y el aumento del riesgo sanitario. Serían necesarios, además, trabajos específicos sobre el suelo de la jaula y el material de la plataforma. Los trabajos revisados sugieren que el estudio de la combinación de rejilla metálica –que puede aportar solidez y es de limpieza sencilla– con material plástico fácilmente desmontable para lavado y desinfección –que aportará el confort que los gazapos prefieren– podría tener interés. Respecto a la plataforma propiamente dicha, parece difícil la eliminación del problema de caída de orina y heces sobre los animales situados abajo.

La jaula con plataforma, igual que la jaula convencional, presenta una ventaja frente al parque: permite trabajar con el procedimiento “todo dentro/todo fuera” con el correspondiente vacío sanitario que mejora la sanidad, manejo que no es posible aplicar utilizando parques de cebo. Si, a pesar de los malos resultados indicados en esta revisión, los cunicultores quieren utilizar este sistema

de alojamiento en la sala de engorde, y de acuerdo con la conclusión de EFSA (2020) *sobre la carencia de conocimiento de los requisitos de espacio necesarios para satisfacer de manera aceptable las necesidades conductuales y fisiológicas de todas las categorías de conejos*, al menos sería imprescindible el estudio del tamaño de grupo idóneo para evitar problemas de agresividad, así como la densidad óptima específica para el cebo en parques, tanto considerando pesos finales elevados, como bajos o intermedios.

### Agradecimientos

Esta revisión es un reflejo de la inquietud por la ciencia del Bienestar Animal manifestada por el sector cunícola (veterinarios, técnicos, empresas, científicos, cunicultores, administraciones, etc.) y canalizada a través de ASESCU durante los últimos 25 años. También este interés fue plasmado en el proyecto financiado por INIA-INTERCUN “Bienestar y salud en conejas reproductoras” (Proyecto INIA CUN2014-00001-00-00).

### Referencias bibliográficas

- Anderson CO, Denenberg VH, Zarrow MX (1972). Effects of handling and social isolation upon the rabbit's behaviour. *Behaviour* 43: 165-175.
- Arkas P, Szendrő Zs, Matics Zs, Mayer A., Radnai I, Odermatt M, Gerencsér Zs (2015). Effect of different nest materials on reproduction performance of rabbit does. 27th Hungarian Conference on Rabbit Production, 20 de mayo, Kaposvár, Hungary. Abstract: *World Rabbit Science* 2015, 23(4): 297. <https://doi.org/10.4995/wrs.2015.4143>
- Bignon L, Travel A, Galliot P, Souchet C, Davoust C, Weissman D (2012). Gnawing blocks in rabbit cages: impact on the behaviour and performance of does and fattening rabbits. *Proceedings of the 10th World Rabbit Congress*, 3-6 de septiembre, Sharm El-Sheikh, Egipto, pp. 1051-1055.

- Bilkó A, Altbäcker V (2000). Regular handling early in the nursing period eliminates fear responses toward human beings in wild and domestic rabbits. *Developmental Psychobiology* 36(1): 78-87. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2302\(200001\)36:1<78::AID-DEV8>3.0.CO;2-5](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2302(200001)36:1<78::AID-DEV8>3.0.CO;2-5)
- Birolo M, Trocino A, Zuffellato A, Xiccato G (2020). Effects of time-based feed restriction on morbidity, mortality, performance and meat quality of growing rabbits housed in collective systems. *Animal* 14(3): 626-635. <https://doi.org/10.1017/S1751731119002283>
- Blumetto O, Olivas I, Torres AG, Villagrà A (2010). Use of straw and wood shavings as nest material in primiparous does. *World Rabbit Science* 18(4): 237-242. <https://doi.org/10.4995/wrs.2010.776>
- Castelló JA, Pontes M, Costa P (1984). Estudio sobre el acceso libre o limitado al nidal. *Proceedings of the III World Rabbit Congress Vol. 2*, 4-8 de abril, Roma, Italia, pp. 149-155.
- Cervera C, Gómez EA, Pérez Fuentes S, Villagrà A (2018). Bienestar y salud en conejas reproductoras (Proyecto INIA CUN2014-00001-00-00). *Actas del XLIII Symposium de Cunicultura*, 30-31 de mayo, Calamocha, España, pp. 33-42.
- Combes S, Moussa M, Gondret F, Doutreloux JP, Remignon H (2005). Influence de l'exercice physique sur les performances de croissance, la qualité des carcasses et les caractéristiques mécaniques de l'attachement de la viande à l'os après cuisson chez le lapin. *11èmes Journées de la Recherche Cunicole*, 29-30 de novembre, Paris, France, pp. 155-158.
- Combes S, Postollec G, Cauquil L, Gidenne T (2010). Influence of cage or pen housing on carcass traits and meat quality of rabbit. *Animal* 4(2): 295-302. <https://doi.org/10.1017/S1751731109991030>
- Coureaud G, Schaal B, Coudert P, Hudson R, Rideaud P, Orgeur P (2000). Mimicking natural nursing conditions promotes early pup survival in domestic rabbits. *Ethology* 106: 207-225. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0310.2000.00521.x>
- Csatádi K, Kustos K, Eiben Cs, Bilkó A, Altbäcker V (2005). Even minimal human contact linked to nursing reduces fear responses toward humans in rabbits. *Applied Animal Behaviour Science* 95: 123-128. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2005.05.002>
- Dalle-Zotte A, Princz Z, Metzger Sz, Szabó A, Radnai I, Biró-Németh E, Orova Z, SzendrőZs (2009). Response of fattening rabbits reared under different housing conditions. 2. Carcass and meat quality. *Livestock Science* 122: 39-47. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.07.021>
- EFSA (European Food Safety Authority) (2005). The Impact of the current housing and husbandry systems on the health and welfare of farmed domestic rabbits. *EFSA Journal* 3(10): 1-31. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2005.267>
- EFSA (European Food Safety Authority) (2020). Health and welfare of rabbits farmed in different production systems. *EFSA Journal* 18(1): 5944. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.5944>
- Farkas TP, SzendrőZs, Matics Zs, Radnai I, Mayer A, Gerencsér Zs (2016). Effect of different nest materials on performance of rabbits does. *Proceedings of the 11th World Rabbit Congress*, 15-18 de junio, Qingdao, China, pp. 197-200.
- Filiou E, Trocino A, Tazzoli M, Xiccato G (2012). Fear level and behaviour of growing rabbits housed in individual, bicellular and collective cages. *Proceedings of the 10th World Rabbit Congress*, 3-6 de septiembre, Sharm El-Sheikh, Egipto, pp. 1107-1111.
- Gerencsér Zs, SzendrőK, SzendrőZs, Odermatt M, Radnai I, Nagy I, Dal Bosco A, Matics Zs (2014). Effect of floor type on behavior and productive performance of growing rabbits. *Livestock Science* 165: 114-119. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.04.022>
- González-Mariscal G (2004). Maternal behaviour in rabbits: regulation by hormonal and sensory factors. *Proceedings of the 8th World Rabbit Congress*, 7-10 de septiembre, Puebla, México, pp. 1218-1228.
- Hoy St, Verga M (2006). Welfare indicators. En: *Recent advances in rabbit sciences* (Ed. L. Maertens y P. Coudert), pp 71-74. ILVO, Melle, Belgium.
- Jacquet M, Bauwens V, Teller C, Dewasmes V, Maertens L, Marlier D (2013). Contribution à la recherche des conditions optimales pour élever

- des lapins en parcs hors sol: Résultats d'un centre de référence et d'expérimentation en Belgique en conditions de production. 15èmes Journées de la Recherche Cunicole, 19-20 de novembre, Le Mans, France, pp. 39-42.
- Jehl N, Meplain E, Mirabito L, Combes S (2003). Incidence de trois modes de logement sur les performances zootechniques et la qualité de la viande de lapin. 10èmes Journées de la Recherche Cunicole, 19-20 de novembre, Paris, France, pp. 181-184.
- Jeziński TA, Konecka AM (1996). Handling and rearing results in young rabbits. *Applied Animal Behaviour Science* 46: 243-250. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(95\)00653-2](https://doi.org/10.1016/0168-1591(95)00653-2)
- Jordan D, Luzi F, Verga M, Stuhel I (2006). Environmental enrichment in growing rabbits. In: *Recent advances in rabbit sciences* (Ed. L. Maertens y P. Coudert), pp. 113-119. ILVO, Melle, Belgium.
- Lambertini L, Vignola G, Zaghini G (2001). Alternative pen housing system for fattening rabbits: effect of group density and litter. *World Rabbit Science* 9(4): 141-146. <https://doi.org/10.4995/wrs.2001.457>
- Lang C, Hoy S (2011). Investigations on the use of an elevated platform in group cages by growing rabbits. *World Rabbit Science* 19(2): 95-101. <https://doi.org/10.4995/wrs.2011.800>
- Leblatier L, Menini FX, Bourdillon A, Salaün JM, Le Floch A, Perdriau A (2017). Effet d'un logement collectif en parc sur les performances zootechniques du lapin en engraissement en conditions d'élevage commercial. 17èmes Journées de la Recherche Cunicole, 21-22 de novembre 2017, Le Mans, France, pp. 51-54.
- Lincoln DW (1974). Suckling: a time-constant in the nursing behaviour of the rabbit. *Physiology & Behavior* 13(5): 711-714. [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(74\)90247-9](https://doi.org/10.1016/0031-9384(74)90247-9)
- Lombardi L, Fernández N, Moreno S, Villafuerte R (2003). Habitat-related differences in rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) abundance, distribution, and activity. *Journal of Mammalogy* 84(1): 26-36. [https://doi.org/10.1644/1545-1542\(2003\)084<0026:HRDIRO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1644/1545-1542(2003)084<0026:HRDIRO>2.0.CO;2)
- Maertens L (2017). Farmers experiences with park housing of rabbits. 20th International Symposium on housing and diseases of rabbits, fur-providing animals and pet animals, 17-18 de mayo, Celle, Alemania, pp. 37-41.
- Marín C, Simarro-Catalá L, Villagrà A (2018). Technical note: Assessment of best location of gnawing sticks in growing rabbit cages. *World Rabbit Science* 26(3): 249-254. <https://doi.org/10.4995/wrs.2018.7547>
- Masthoff T, Lang C, Hoy S (2016). Effect of group size on fattening performance and of various types of slatted floor on dirtiness and occurrence of pododermatitis in growing rabbits. *Proceedings of the 11th World Rabbit Congress*, 15-18 de junio, Qingdao, China, pp. 715-718.
- Matics Zs, Szendrő Zs, Radnai I, Biró-Németh E, Gyovai M (2003). Examination of free choice of rabbits among different cage-floors. *Agriculturae Conspectus Scientificus* 68(4): 265-269. <https://hrcak.srce.hr/12356>
- Matics Zs, Szendrő Zs, Bessei W, Radnai I, Biró-Németh E, Orova Z, Gyovai M (2004). The free choice of rabbits among identically and differently sized cages. *Proceedings of the 8th World Rabbit Congress*, 7-10 de septiembre, Puebla, México, pp. 1251-1256.
- Matics Zs, Cullere M, Dalle Zotte A, Szendrő K, Szendrő Zs, Odermatt M, Atkari T, Radnai I, Nagy I, Gerencsér Zs (2019). Effect of cage and pen housing on the live performance, carcass, and meat quality traits of growing rabbits. *Italian Journal of Animal Science* 18(1): 441-449. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1532329>
- Mirabito L, Galliot P, Souchet C (2000). Effect of different ways of cage enrichment on the productive traits and mortality of fattening rabbits. *Proceedings of the 7th World Rabbit Congress*, 4-7 de julio, Valencia, España, pp. 447-452.
- Morisse JP, Maurice R (1997). Influence of stocking density or group size on behaviour of fattening rabbits kept under intensive conditions. *Applied Animal Behaviour Science* 54: 351-357. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(96\)01188-4](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(96)01188-4)
- Morisse JP, Boilletot E, Martrenchar A (1999). Preference testing in intensively kept meat pro-

- duction rabbits for straw on wire grid floor. *Applied Animal Behaviour Science* 64: 71-80. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(99\)00023-4](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(99)00023-4)
- Postollec G, Boilletot E, Maurice R, Michel V (2006). The effect of housing system on the behaviour and growth parameters of fattening rabbits. *Animal Welfare* 15: 105-111.
- Postollec G, Boilletot E, Maurice R, Michel V (2008). The effect of pen size and an enrichment structure (elevated platform) on the performances and the behaviour of fattening rabbits. *Animal Welfare* 17: 53-59.
- Princz Z, Dalle Zotte A, Radnai I, Biró-Németh E, Matics Zs, Gerencsér Z, Nagy I, Szendrő Zs (2008a). Behaviour of growing rabbits under various housing conditions. *Applied Animal Behaviour Science* 111: 342-356. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.06.013>
- Princz Z, Nagy I, Biró-Németh E, Matics Zs, Szendrő Zs (2008b). Effect of gnawing sticks on the welfare of growing rabbits. *Proceedings of the 9th World Rabbit Congress*, 10-13 de junio, Verona, Italia, pp. 1221-1224.
- Princz Z, Radnai I, Biró-Németh E, Matics Z, Gerencsér Z, Nagy I, Szendrő Z (2008c). Effect of cage height on the welfare of growing rabbits. *Applied Animal Behaviour Science* 114(1-2): 284-295. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2008.01.006>
- Rizzi C, Chericato GM (2008). Effect of environmental conditions on productive and physiological responses in growing rabbits. *Proceedings of the 9th World Rabbit Congress*, 10-13 de junio, Verona, Italia, pp. 1233-1237.
- Rommers J, Meijerhof R (1998). Effect of group size on performance, bone strength and skin lesions of meat rabbits housed under commercial conditions. *World Rabbit Science* 6(3-4): 299-302. <https://doi.org/10.4995/wrs.1998.360>
- Roy P, Fontenau J, Charrier JF, Lebas F (2017). Performances de croissance et d'abattage de lapins engraisés en cages ou en parcs avec une alimentation rationnée. *Effet de la distribution de foin. 17èmes Journées de la Recherche Cunicole*, 21 y 22 de noviembre, Le Mans, France, pp. 47-50.
- Sahuquillo J, Martínez-Paredes E, Villagrà A, Cervera C (2015). Valoración del uso de la plataforma de la jaula por conejas y gazapos durante la lactación. *Actas del XL Symposium de Cunicultura de ASESCU*, 28-29 de mayo, Santiago de Compostela, pp. 156-159.
- Silva S, Mourão JL, Ribeiro L, Gonçalves C, Pinheiro V (2014). Utilización de imágenes termográficas para evaluar la temperatura de gazapos en nidas con diferente material. *Actas del XXXIX Symposium de Cunicultura de ASESCU*, 29-30 de marzo, Tudela, España, pp. 67-70.
- Szendrő Zs (2009). The relationship between housing systems and animal welfare. *Actas Giornate di Coniglicoltura ASIC*, 2-3 de abril, Forlì, Italia, pp. 25-39.
- Szendrő Zs, Princz Z, Romvári R, Locsmándi L, Szabó A, Bázár Gy, Radnai I, Biró-Németh E, Matics Zs, Nagy I (2009). Effect of group size and stocking density on productive, carcass, meat quality and aggression traits of growing rabbits. *World Rabbit Science* 17: 153-162. <https://doi.org/10.4995/wrs.2009.655>
- Szendrő Zs, Dalle-Zotte A (2011). Effect of housing conditions on production and behaviour of growing meat rabbits: A review. *Livestock Science* 137: 296-303. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.11.012>
- Szendrő Zs, Matics Zs, Odermatt M, Gerencsér Zs, Nagy I, Szendrő K, Dalle Zotte A (2012). Use of different areas of pen by growing rabbits depending on the elevated platforms' floor-type. *Animal* 6(4): 650-655. <https://doi.org/10.1017/S1751731111001819>
- Szendrő K, Szendrő Zs, Matics Zs, Dalle Zotte A, Odermatt M, Radnai I, Gerencsér Zs (2014). Effect of housing of growing rabbits in cage or in pen on productive and carcass traits. *26th Hungarian Conference on Rabbit Production*, 31 de mayo, Kaposvár, Hungary. *Abstract: World Rabbit Science* 2015 23(1): 51. <https://doi.org/10.4995/wrs.2015.3455>
- Trocino A, Xiccato G, Majolini D, Fragkiadakis M (2008). Effect of cage floor and stocking density on growth performance and welfare of group-housed rabbits. *Proceeding of the 9th World Rabbit Congress*, 10-13 de junio, Verona, Italia, pp. 1251-1255.

- Trocino A, Filiou E, Tazzoli M, Bertotto D, Negrato E, Xiccato G (2014). Behaviour and welfare of growing rabbits housed in cages and pens. *Livestock Science* 167: 305-314. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.05.035>
- Trocino A, Filiou E, Zomeño C, Birolo M, Bertotto D, Xiccato G (2018). Behaviour and reactivity of female and male rabbits housed in collective pens: Effects of floor type and stocking density at different ages. *World Rabbit Science* 26: 135-147. <https://doi.org/10.4995/wrs.2018.7747>
- Verga M, Luzi F (2006). Behaviour of kits. In: Recent advances in rabbit science. (Ed. L. Maertens y P. Coudert), pp. 83-86. ILVO, Melle. Belgium.
- Vervaecke H, De Bonte L, Maertens L, Tuytens F, Stevens JMG, Lips D (2010). Development of hierarchy and rank effects in weaned growing rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *World Rabbit Science* 18(3): 139-149. <https://doi.org/10.4995/wrs.2010.8229>
- Xiccato G, Trocino A, Majolini D, Tazzoli M, Zufellato A (2013). Housing of growing rabbits in individual, bicellular and collective cages: growth performance, carcass traits and meat quality. *Animal* 7(4): 627-632. <https://doi.org/10.1017/S175173111200198X>
- Zucca D, Redaelli V, Marelli SP, Bonazza V, Heinzl E, Verga M, Luzi F (2012). Effect of handling in pre-weaning rabbits. *World Rabbit Science* 20(2): 97-101. <https://doi.org/10.4995/wrs.2012.1083>
- (Aceptado para publicación el 26 de mayo de 2020)

## Parámetros hematológicos y bioquímicos de vaquillas engordadas en corral bajo estrés calórico: Efecto de área de sombra y genotipo

José Antonio Aguilar-Quiñonez<sup>1</sup>, Juan Eulogio Guerra-Liera<sup>2,\*</sup>, Leonel Avendaño-Reyes<sup>3</sup>, Ulises Macías-Cruz<sup>3</sup>, Abelardo Correa-Calderón<sup>3</sup>, Rubén Barajas-Cruz<sup>1</sup>, Miguel Ángel Gastelum-Delgado<sup>2</sup>, Miguel Mellado<sup>4</sup> y Arnulfo Vicente-Pérez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Sinaloa. Blvd. San Ángel 3886, Mercado de Abastos, Fracc. San Benito, 80260, Culiacán, Sinaloa, México

<sup>2</sup> Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa. Km. 17.5 Carretera Culiacán-El Dorado, 80000, Culiacán, Sinaloa, México

<sup>3</sup> Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California. Blvd. Delta S/N, Ejido Nuevo León, 21705, Mexicali, Baja California, México

<sup>4</sup> Departamento de Nutrición Animal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 25315, Saltillo, Coahuila, México

### Resumen

El objetivo fue evaluar el efecto de dos áreas de sombra por animal en parámetros bioquímicos, hematológicos y hormonales de vaquillas cebú y europeas bajo estrés calórico. Quinientas diez vaquillas cebú, europeas y sus cruza se dividieron en seis corrales y se asignaron aleatoriamente a dos tratamientos: T1) tres corrales con 100 vaquillas por corral (2,7 m<sup>2</sup>/animal de sombra), y T2) tres corrales con 70 vaquillas por corral (3,7 m<sup>2</sup>/animal de sombra). Se obtuvieron tres muestras de sangre en 15 vaquillas cebú y 15 vaquillas europeas por corral tres veces (días 1, 28 y 66) durante el estudio. Para estimar metabolitos, electrolitos y hormonas tiroideas se utilizó suero sanguíneo, y para componentes hematológicos, sangre fresca. Los datos se analizaron mediante arreglo factorial 2x2 en un diseño completamente al azar con mediciones repetidas. El índice temperatura-humedad promedió 81,7 unidades. En T1, los dos genotipos tuvieron similar ( $P < 0,05$ ) concentración de glucosa, pero en T2 glucosa fue más alto ( $P < 0,05$ ) en cebú. La concentración de urea fue menor ( $P < 0,05$ ) en T2 que T1. La concentración de Na<sup>+</sup> en T1 fue mayor ( $P < 0,05$ ) que en T2, pero Cl<sup>-</sup> fue menor en T1 ( $P < 0,05$ ) que en T2. La hormona triiodotironina fue menor en T1 ( $P < 0,05$ ) que en T2. Hematocrito y hemoglobina fueron similares entre genotipos dentro de T1 ( $P < 0,05$ ), pero en T2 fueron mayores ( $P < 0,05$ ) en cebú. Utilizar una mayor área de sombra en la engorda de vaquillas no presentó diferencias importantes en la fisiología de vaquillas de engorda cebú y europeas en corral durante verano.

**Palabras clave:** Vaquillas, electrolitos, hematología, sombra.

---

\* Autor para correspondencia: lar62@hotmail.com

Cita del artículo: Aguilar-Quiñonez JA, Guerra-Liera JE, Avendaño-Reyes L, Macías-Cruz U, Correa-Calderón A, Barajas-Cruz R, Gastelum-Delgado MA, Mellado M, Vicente-Pérez A (2021). Parámetros hematológicos y bioquímicos de vaquillas engordadas en corral bajo estrés calórico: Efecto de área de sombra y genotipo. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 117(2): 130-144. <https://doi.org/10.12706/itea.2020.017>

## Hematological and biochemical parameters in feedlot heifers under heat stress: Effect of shade area and genotype

### Abstract

The aim of the study was to determine the effect of two shade areas per animal on hematological and biochemical concentrations in Zebu and European heifers fattened under heat stress conditions. Five-hundred ten heifers (Zebu, European and its crosses) were randomly assigned to six pens divided in two shade areas: T1) three pens with 100 heifers per pen (shade area: 2.7 m<sup>2</sup>/animal), and T2) three pens with 70 heifers per pen (shade area: 3.7 m<sup>2</sup>/animal). Fifteen blood samples of each genotype per pen were collected three times (days 1, 28 and 66) during the study. To analyze metabolites, electrolytes and thyroid hormones, serum samples were used, while for hematological components fresh blood. Data was analyzed under a 2x2 factorial arrangement in a completely randomized design with repeated measurements. The temperature-humidity index averaged 81.7 units. In T1, both genotypes showed similar glucose concentration ( $P < 0.05$ ), but in T2 glucose concentrations was higher in Zebu ( $P < 0.05$ ). The urea level were lower ( $P < 0.05$ ) in T2 than in T1. The Na<sup>+</sup> level in T1 was higher ( $P < 0.05$ ) than in T2. The Cl<sup>-</sup> in T1 was lower ( $P < 0.05$ ) than in T2. The hormone T<sub>3</sub> showed lower concentration ( $P < 0.05$ ) in T1 compared to T2. No differences were detected for Htc and Hb between genotypes within T1 ( $P < 0.05$ ), but they were higher in T2 for Zebu heifers ( $P < 0.05$ ) than Europeans. Overall, the use of greater shade area did not show substantial differences in the physiology of fattening Zebu or European heifers during summer.

**Keywords:** Heifers, electrolytes, hematology, shade.

### Introducción

A nivel mundial se ha aceptado una tendencia de aumento en la temperatura ambiente como consecuencia del calentamiento global (IPCC, 2007). Este aumento de la temperatura puede acompañarse de efectos negativos importantes en el sector agropecuario, lo cual a su vez puede alterar la seguridad alimentaria en el planeta. En México, las principales operaciones de ganado bovino de engorda se localizan en estados ubicados en zonas áridas y semiáridas del norte del país, donde la producción de insumos hace más fácil y rentable esta actividad. Sin embargo, estas regiones también se distinguen por presentar altas temperaturas por largos periodos de tiempo durante el verano (Avendaño et al., 2011). Las altas temperaturas provocan en el animal alteraciones fisiológicas que conducen a una condición fisiopatológica conocida como estrés calórico (EC) (Avendaño, 2013). Esta condición ocurre cuando existen cargas excesivas de calor junto con baja velocidad

del viento y elevada radiación solar, lo que afecta directamente al rendimiento y al bienestar animal; este escenario se intensifica bajo sistemas de producción en confinamiento (Mitloehner et al., 2002; Vásquez-Requena et al., 2017). La respuesta al estrés calórico es muy compleja debido a que intervienen factores como genotipo, edad, condición corporal, color de pelaje y estatus sanitario. No obstante, el bovino responde mediante la modificación de sus procesos fisiológicos y de conducta para reducir la carga calórica. Se dan cambios en parámetros hematológicos y bioquímicos, en síntesis y secreción de hormonas, así como en actividades de postura y caminado, entre otros (Silanikove, 2000; Sullivan et al., 2011). El conocimiento de alternativas que ayuden a mitigar el EC en verano es de suma importancia para el sector ganadero. Dentro de estas alternativas se pueden enlistar la manipulación nutricional de la dieta (Duff y Galyean, 2007), cambios en la frecuencia y hora de alimentación (Avendaño et al., 2011), así como la manipulación am-

biental del entorno de los animales (Mader et al., 2006). Dentro de las opciones de manipulación ambiental se considera al uso de sombras como manejo básico para proteger a los animales y evitar el aumento en su temperatura corporal (Correa-Calderón et al., 2004). Sin embargo, la determinación del espacio o área de sombra por animal en sistemas de producción intensivo se ha propuesto como un problema que influye en el estrés para el ganado de engorda, sobre todo cuando éste se encuentra en zonas cálidas. Aengwanich et al. (2011) evaluaron el efecto de proporcionar sombra artificial y natural mediante la comparación de parámetros fisiológicos usando ganado Brahman. Los animales sin sombra tuvieron frecuencia respiratoria, tasa de sudoración y relación neutrófilos/linfocitos más elevada que animales con sombra. Por su parte, Sullivan et al. (2011) evaluaron diferentes áreas de sombra (0; 2,0; 3,3 y 4,7 m<sup>2</sup>/animal) en ganado Angus, encontrando que proveer sombra mejoró el bienestar y productividad de los animales; además, señalan que proveer más de 2 m<sup>2</sup>/animal de sombra no mejoró los resultados. Sin embargo, en presencia de ondas de calor, proveer más de 2 m<sup>2</sup>/animal mejoró el bienestar del ganado. Estos resultados demuestran que el uso de sombra es esencial en explotaciones de bovinos ubicadas en zonas cálidas, sin embargo, el área de sombra por animal que mejore su bienestar es un aspecto que aún no está determinado. Por otro lado, el ganado *Bos indicus*, originario de la zona sur del continente asiático, ha mostrado mayor capacidad termorreguladora que el ganado *Bos taurus* (Pererira et al., 2014), lo que ha vuelto popular su presencia en engordas de bovinos que se ubican en zonas con problemas de alta temperatura y humedad relativa.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue comparar el efecto de proporcionar dos áreas de sombra por corral (2,7 y 3,7 m<sup>2</sup>/animal) en parámetros hematológicos, metabólicos y

hormonales de vaquillas cebú y europeas engordadas bajo condiciones de estrés por calor en una zona árida.

## Material y métodos

### Lugar del estudio y duración

El estudio se realizó en las instalaciones de una engorda comercial de bovinos productores de carne que maneja alrededor de 15.000 cabezas y está ubicada en el Ejido Saitillo, Valle de Mexicali, Baja California, en el noroeste de México. Su ubicación geográfica es 32°25'27" latitud norte y 115°07'30" de longitud oeste. El clima de la zona es árido, seco y extremoso, muy frío en invierno (<0 °C) y muy caliente en verano (>45 °C). La precipitación pluvial es escasa, con promedio anual de 86 mm y que se concentran en diciembre y enero (García, 1987). El estudio abarcó el periodo más cálido del año en la zona, durante los meses de julio a septiembre, con una duración promedio de 66 d.

### Animales, corrales experimentales y tratamientos

Se consideraron 510 vaquillas en fase de finalización con peso inicial en el estudio promedio de 432 ± 28 kg. Las vaquillas fueron de genotipo europeo, cebú y sus cruza, que se asignaron aleatoriamente a seis corrales y se dividieron en dos tratamientos con base a la concentración de animales por corral: T1) tres corrales con 100 vaquillas cada uno (densidad de sombra 2,7 m<sup>2</sup>/animal); y T2) tres corrales con 70 vaquillas por corral (densidad de sombra 3,7 m<sup>2</sup>/animal). La dimensión de los corrales fue 30 × 30 m, mientras que la de las sombras fue 30 × 6,35 m en T1 y 30 × 12,3 m en T2, con orientación N-S. El material de las sombras fue natural, usando una planta nativa de la región llamada Cachanilla (*Pluchea*

sericea). En T1 se tuvo un área por corral de 9 m<sup>2</sup>/animal, mientras que T2 tuvo área de 12,9 m<sup>2</sup>/animal. Cada corral contó con comedero tipo canoa linealmente dispuesto del lado este del pasillo y bebedero automático. La raza de la vaquilla se consideró el segundo factor que tuvo dos niveles, genotipo europeo y genotipo cebú.

### **Composición racial de las vaquillas y tratamientos**

En cada corral se identificaron fenotípicamente animales de 3 genotipos: tipo europeo, tipo cebú y cruza europeo x cebú. Dado que de estos últimos su número era limitado en cada corral, se seleccionaron vaquillas bien definidas de genotipo cebú y europeo solamente. En el caso de vaquillas cebú, se identificaron animales con jiba, orejas largas y pendulosas, papada y animales altos. En el caso de vaquillas tipo europeo, se tomó en cuenta que fueran de raza Charolaise y Simmental.

### **Alimentación de los animales e ingredientes de la dieta**

El alimento se ofreció dos veces por día (07:00 h y 14:30 h) y la ración consistió en: maíz roado (71,5 %), granos secos de destilería (12 %), ensilado de sorgo dulce (10 %), heno de alfalfa (4 %) y mezcla comercial de minerales (2,5 %). La composición química de la dieta fue 94,6 % de materia seca (MS), 2,3 % de proteína cruda, 5,6 % de cenizas, extracto etéreo 6,03 % y fibra detergente neutro 51,6 %.

### **Procedimiento experimental**

El estudio inició el 25 de julio, sin embargo, los animales se vendieron de acuerdo a las necesidades del mercado en fechas distintas que en promedio tuvieron una duración de 66 d. Los muestreos sanguíneos coincidieron

con los días de pesaje, ya que los sangrados se realizaron en la báscula-trampa. Estos días fueron el 1, 28 y 66, tratando de que coincidieran con el inicio, mitad y final de su engorda. Se registraron variables fisiológicas en 30 vaquillas seleccionadas aleatoriamente de cada tratamiento (10 por corral); de ellas, 15 vaquillas fueron tipo *Bos indicus* y 15 tipo *Bos taurus*. Se colectaron dos tubos, uno para estimar las variables hematológicas con sangre entera que se condujo al Laboratorio de Fisiología Animal del ICA-UABC para su análisis inmediato, mientras que el otro se centrifugó, se guardó en viales y posteriormente se le determinaron metabolitos, electrolitos y hormonas en el mismo laboratorio.

### **Variables de respuesta en laboratorio**

Se colectaron dos muestras de sangre, la primera en tubos vacutainer de 10 ml mediante venopunción en la vena yugular antes de la alimentación matutina. Las muestras se centrifugaron a 350g durante 15 min a 10 °C; el suero se separó por duplicado en viales de 2 ml y se almacenó a -20 °C para su posterior análisis en el Laboratorio de Fisiología Animal del ICA-UABC. Los metabolitos (glucosa, colesterol, urea, triglicéridos y proteína total) se analizaron con un equipo de química sanguínea (Model DT-60, Johnson Co.; High Wycombe, UK), mientras que los electrolitos (Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> y K<sup>+</sup>) se analizaron con un equipo automatizado (Electrolyte Analyzer LW E60A; Landwind Medical; Shenzhen, China). También se determinaron las hormonas triiodotironina (T<sub>3</sub>) y tiroxina (T<sub>4</sub>) mediante un analizador automático para pruebas de Elisa y pruebas de Quimioluminiscencia (CLIA) con un equipo Thunderbolt® Analyzer (Davis, CA, USA). Para estimar los componentes hematológicos, el segundo muestreo de sangre se colectó en tubos vacutainer de 4 ml que contenían EDTA-K2, para posteriormente en sangre fresca determinar concentraciones de

los siguientes componentes hematológicos usando un equipo automatizado (Auto Hematology Analyzer, Mindray, BC-2800 Vet; Shenzhen, China): glóbulos blancos (Gb), linfocitos (Lin), monocitos (Mon), granulocitos (Gran), glóbulos rojos (Gr), hemoglobina (Hb), hematocrito (Htc), volumen corpuscular medio (VCM), hemoglobina corpuscular media (HCM), concentración corpuscular media de hemoglobina (CCMH), ancho de distribución de eritrocitos (ADE), ancho de distribución del tamaño plaquetario (ADTP), plaquetas (Plt) y volumen medio de plaquetas (VMP).

### **Variables climáticas**

Las variables climáticas temperatura y humedad relativa se colectaron de higrotermógrafos colocados en el sitio experimental, y con ellos se estimó el índice temperatura-humedad (ITH) utilizando la fórmula propuesta por (Hahn, 1999):

$$ITH = 0.81 \times Temp + \frac{HR}{100} \times (Temp - 14.4) + 6.4$$

Donde,

Temp = Temperatura ambiente

HR = Humedad relativa

### **Análisis estadístico**

Se obtuvieron estadísticos descriptivos de las variables climáticas usando el PROC MEANS del programa de cómputo SAS (2004), presentando valores mínimos, máximos y promedio de temperatura ambiente, humedad relativa e ITH. Esta información se clasificó por el periodo completo del estudio y además en dos periodos del día (10:00 h – 19:00 h y 23:00 h – 08:00 h). Las variables de estudio se analizaron mediante un arreglo factorial 2x2 en un diseño completamente al azar con mediciones repetidas, considerando la ani-

dación de corral en tratamiento. Los factores fueron: área de sombra por animal (T1 y T2) y genotipo (europeo y cebú). La medida del tiempo fue el momento del muestreo (días 1, 28, 66). Las diferencias entre medias ajustadas se detectaron con una prueba de t student para parejas de medias a través de la opción PDIFF/STDERR y el nivel de error utilizado fue 5 %. Los análisis se realizaron con el PROC GLM (General Linear Models) del programa estadístico (SAS, 2004).

## **Resultados y discusión**

### **Variables climáticas**

De acuerdo a la clasificación del estrés calórico para ganado de engorda en corral señalada por Brown-Brandl et al. (2006), el valor donde inicia el estrés calórico para este tipo de animales es 75 unidades de ITH, el cual se considera estado de alerta y en la que es necesario tomar medidas para evitar la carga calórica. Esta clasificación del ITH considera que de 79 unidades a 84 unidades el animal está en peligro y 84 unidades o más en emergencia, la cual es la clasificación más alta de estrés calórico. De acuerdo a esta información, los resultados de las condiciones ambientales durante el periodo experimental del presente estudio para ambos tratamientos demuestran que los animales se encontraban bajo condiciones de estrés calórico peligroso durante la mayor parte del periodo experimental, dado que el ITH fue mayor a 75 unidades desde las 10:00 h a las 23:00 h diariamente (Tabla 1). Las temperaturas promedio registradas por encima de 30 °C, aunadas a HR oscilando entre 34,4 % y 68,8 %, provocaron condiciones donde la zona de confort de las vaquillas fue excedida durante el periodo experimental (Brown-Brandl et al., 2005). El promedio de ITH durante el periodo completo fue de 81,7 unidades. Por otro

Tabla 1. Promedios de variables climáticas registradas en la mañana, en la noche y en el periodo completo durante el estudio (\*Agosto a septiembre).  
*Table 1. Averages of climatic variables recorded in the morning, at night and in the entire period during the study (\* August to September).*

|                   | Mínima diaria |      |      | Máxima diaria |      |      | Promedio diario |      |      |
|-------------------|---------------|------|------|---------------|------|------|-----------------|------|------|
|                   | HR            | Temp | ITH  | HR            | Temp | ITH  | HR              | Temp | ITH  |
| 10:00 a 19:00 h   | 34,4          | 32,7 | 81,8 | 49            | 38   | 85,6 | 39,5            | 36,5 | 84,6 |
| 23:00 a 08:00 h   | 51,4          | 26,7 | 76,4 | 68,8          | 34,3 | 84,4 | 63              | 29   | 79   |
| Periodo completo* | 34,4          | 26,7 | 76,4 | 68,8          | 38   | 85,6 | 51,9            | 32,6 | 81,7 |

ITH = Índice temperatura-humedad; HR = Humedad relativa; Temp = Temperatura.

lado, Silanikove (2000) menciona que un ITH mayor a 78 unidades puede causar en el animal complicaciones para regular la temperatura de su organismo.

**Electrolitos**

La respuesta en los niveles de electrolitos entre vaquillas de tipo cebú y europeo ante los efectos del estrés calórico se comportó de manera similar, sin embargo, se encontraron diferencias entre las dos densidades de sombra, presentándose mayores concentraciones de Na<sup>+</sup> en T1 (*P* < 0,05) que T2. No obstante, T2 presentó mayor (*P* < 0,05) concentración de Cl<sup>-</sup> que T1 (Tabla 2). A pesar de estos resultados, los valores observados estuvieron dentro de los rangos establecidos en la literatura (Wood y Quiroz-Rocha, 2010). Es importante mencionar que los resultados reportados en la literatura en relación a los niveles de electrolitos bajo condiciones de estrés calórico no son consistentes. Beatty et al. (2006) reportan que ganado cebú y europeo bajo condiciones de estrés calórico tuvieron menores niveles de Na<sup>+</sup> en plasma, mientras que los niveles de K<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup> no fueron afectados por genotipo ni por época del año, lo cual no coincide con los resultados del presente estudio. Por su parte, Scharf et al.

(2010) realizaron un estudio durante 14 d para evaluar la capacidad termorreguladora en dos razas de ganado *Bos Taurus* sometidos a estrés por calor (temperaturas: noche = 26 °C y día = 36 °C). Estos autores encontraron que los niveles sanguíneos de K<sup>+</sup> y Na<sup>+</sup> no fueron afectados por la incidencia de altas temperaturas, lo que coincide con los resultados de este estudio. Se espera que en condiciones de estrés calórico exista una reducción en los niveles de Na<sup>+</sup> y K<sup>+</sup>, así como un aumento en los niveles de Cl<sup>-</sup> (Beatty et al., 2006). También se menciona que las concentraciones de Na<sup>+</sup> en sangre pueden reducirse en épocas de verano por un incremento en la excreción urinaria por aumento en la ingestión de agua, la cual a su vez es provocada por la baja producción de la hormona aldosterona. Sin embargo, cationes y aniones como Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> y K<sup>+</sup> intervienen en el mantenimiento del equilibrio ácido-base, de manera que en el animal existen mecanismos hipotalámicos que evitan la excreción de agua y pérdida de electrolitos mediante la estimulación y secreción de la hormona vasopresina (Silanikove, 2000). Los mayores valores de Cl<sup>-</sup> observados en el grupo con mayor área de sombra coinciden con lo señalado por Beatty et al. (2006) en novillos Angus y por Sánchez et al. (2004) en vacas Holstein en

Tabla 2. Concentraciones séricas de electrolitos y metabolitos en vaquillas *Bos indicus* y *Bos taurus* sujetas a dos diferentes áreas de sombra.

Table 2. Serum concentrations of electrolytes and metabolites in *Bos indicus* and *Bos taurus* heifers subject to two different shaded areas.

| Variables                | Área de sombra     |                    |      | Genotipo |       |      |
|--------------------------|--------------------|--------------------|------|----------|-------|------|
|                          | T1                 | T2                 | EE   | Europeo  | Cebú  | EE   |
| K <sup>+</sup> , mmol/L  | 5,05               | 4,88               | 0,08 | 4,88     | 5,00  | 0,88 |
| Na <sup>+</sup> , mmol/L | 134,9 <sup>a</sup> | 132,3 <sup>b</sup> | 0,63 | 133,2    | 134,0 | 0,64 |
| Cl <sup>-</sup> , mmol/L | 108,8 <sup>a</sup> | 110,0 <sup>b</sup> | 0,23 | 109,7    | 109,1 | 0,24 |
| Colesterol, mg/dL        | 240,0              | 225,5              | 6,53 | 228,9    | 236,6 | 6,69 |
| Proteína total, mg/dL    | 7,91               | 7,98               | 0,04 | 7,89     | 7,99  | 0,04 |
| Triglicéridos, mg/dL     | 36,19              | 33,27              | 1,50 | 34,52    | 34,94 | 1,54 |
| Urea, mg/dL              | 21,45 <sup>a</sup> | 19,68 <sup>b</sup> | 0,50 | 20,22    | 20,91 | 0,50 |

<sup>ab</sup> Medias con distinta literal en hilera difieren ( $P < 0,05$ ). Relación Na/K = 27,0, en promedio. Relación Na/Cl = 1,2 en promedio.

producción, ya que reportan valores altos de este mineral en suero cuando estos animales estuvieron sujetos a mayor carga calórica. Por otro lado, Jenkinson y Mabon (1973) mencionan que conforme aumenta la temperatura ambiente, la pérdida de electrolitos también aumenta en relación al consumo de alimento, reportando en bovinos de engorda pérdidas en K<sup>+</sup> de 11,5 %, en Na<sup>+</sup> de 5,8 % y de 0,84 % en Cl<sup>-</sup> en relación al consumo en bovinos. Los mismos autores señalan que los niveles de estos tres iones estuvieron altamente correlacionados con la tasa de sudoración. Además, indican que, bajo estrés calórico, la relación Na/K presenta un valor mucho mayor a 1,0, así como la relación Na/Cl es alrededor a 1,0 bajo condiciones de estrés calórico. En el presente estudio, la relación Na/K fue de 27 unidades y la de Na/Cl de 1,2 unidades, lo cual coincide con lo indicado por estos autores (Tabla 2). Es posible que los resultados obtenidos en nuestro estudio sean debidos, en parte, a que las condiciones climáticas no fueron tan determi-

nantes como para causar en los animales algún grado de deshidratación; también es importante reconocer que los animales disminuyen la carga calórica durante las horas de la noche y madrugada debido a las corrientes de aire al encontrarse en ausencia de radiación solar de manera directa o indirecta. Así, es posible que las vaquillas disiparan calor a través de radiación por las noches.

### Metabolitos

Los resultados de metabolitos en efectos principales se muestran en el Tabla 2, mientras que la interacción tratamiento × genotipo para glucosa se muestra en la Figura 1. En T1, el ganado cebú y europeo tuvieron similar ( $P < 0,05$ ) concentración de glucosa, pero en T2 estos niveles fueron mayores ( $P < 0,05$ ) en cebú que en ganado europeo Figura 1. No obstante los niveles de urea fueron menores ( $P < 0,05$ ) en T2 que T1, sin observar diferencias por genotipo ( $P > 0,05$ ). En

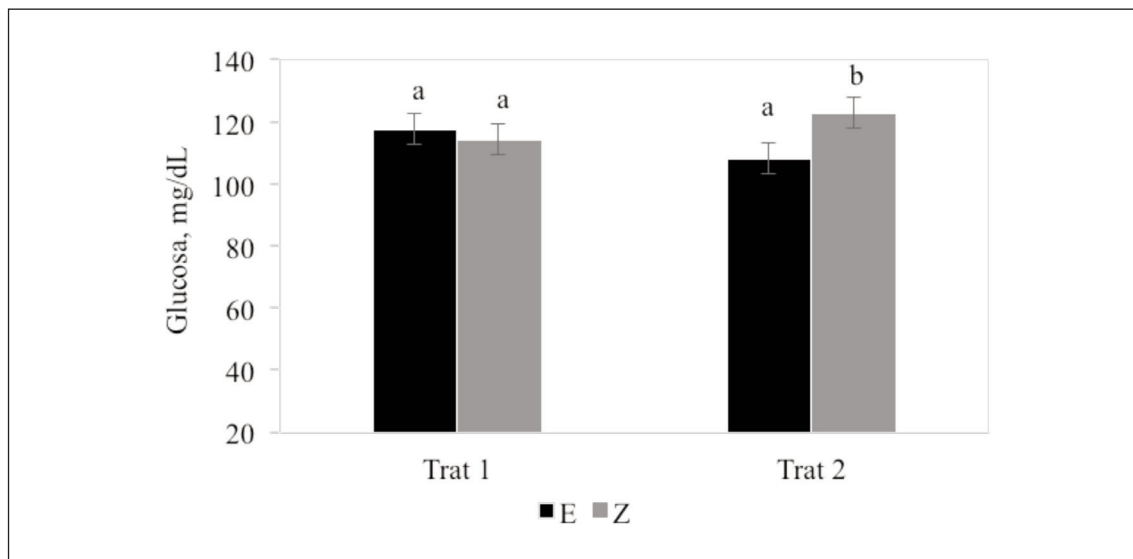


Figura 1. Concentraciones de glucosa en vaquillas *Bos indicus* y *Bos taurus* sujetas a dos diferentes áreas de sombra.

<sup>a, b</sup> Medias con distintas literales difieren ( $P < 0,05$ ; E = europeo, Z = cebú).

Figure 1. Glucose concentrations in *Bos indicus* and *Bos taurus* heifers subject to two different shaded areas.

<sup>a, b</sup> Averages with different literals differ ( $P < 0.05$ ; E = European, Z = Zebu).

colesterol, proteína total y triglicéridos no se encontró efecto ( $P > 0,05$ ) de área de sombra ni genotipo. Una posible reducción en los niveles de glucosa se atribuye a la producción de energía requerida para sustentar el incremento en los requerimientos de energía necesarios para la actividad muscular del sistema respiratorio (Rasouli et al., 2004). Mientras tanto, la reducción en los niveles de colesterol se atribuye a la disminución en el consumo de alimento (Sejian et al., 2010). Vaquillas cebú tuvieron mayor nivel de glucosa respecto a vaquillas europeas (Figura 1), lo que sugiere que vaquillas europeas son afectadas en mayor grado que genotipos cebuinos. Lees (2015) encontró resultados similares en novillos Brahman en relación a los de raza Charolais y Angus. Al respecto, Hammond et al. (1996) mencionan ventajas genéticas del ganado *Bos indicus* sobre el *Bos taurus* asociadas a la tolerancia al calor, lo cual le per-

mite exhibir un mejor desempeño en corral que animales de raza europea. Al respecto, Ocak et al. (2009) encontraron que la reducción en glucosa y colesterol puede ser un indicativo de fallas en la homeostasis. Sin embargo, los niveles obtenidos se encontraron por encima de los valores normales en glucosa (54-79 mg/dl) y colesterol (80-120 mg/dl), señalados para bovinos adultos (RAR, 2000). Este incremento en colesterol coincide con la afirmación de Rasouli et al. (2004), quienes señalan que el incremento de colesterol en sangre se debe a que existe un aumento en la utilización de ácidos grasos para producir energía, como consecuencia de la disminución en la concentración de glucosa en animales estresados por calor. Por otro lado, el cortisol limita a la glucosa como principal fuente de energía, y a su vez incrementa los niveles de triglicéridos y proteínas como reservas de energía (Bernabucci et al., 2010).

Sin embargo, de acuerdo con RAR (2000), los niveles obtenidos en el presente estudio estuvieron dentro del rango normal, probablemente porque las necesidades de energía en el animal se cubrían adecuadamente. Las concentraciones de urea sanguínea también se encontraron dentro de los rangos normales, lo que coincide con Merk (2018), quien reporta valores de 10 mg/dl a 25 mg/dl de urea como rango normal.

### Hormonas Tiroideas

El grupo T1 tuvo menor ( $P < 0,05$ ) concentración de  $T_3$  en comparación a T2. Las vaquillas tipo europeo tuvieron menor ( $P < 0,05$ ) concentración de  $T_3$  a diferencia de las cebú. Finalmente, las concentraciones de  $T_4$  no fueron afectadas por ningún factor (Tabla 3). Los resultados obtenidos en el presente estudio indican una disminución en la concentración

Tabla 3. Variables hematológicas en vaquillas *Bos indicus* y *Bos taurus* sujetas a dos diferentes áreas de sombra.

Table 3. Hematological variables in *Bos indicus* and *Bos taurus* heifers subject to two different shaded areas.

| Variables                                | Área de sombra     |                    |      | Genotipo          |                   |      |
|------------------------------------------|--------------------|--------------------|------|-------------------|-------------------|------|
|                                          | T1                 | T2                 | EE   | Europeo           | Cebú              | EE   |
| Glóbulos blancos, $\times 10^9/L$        | 9,13               | 9,03               | 0,32 | 8,43 <sup>a</sup> | 9,72 <sup>b</sup> | 0,32 |
| Linfocitos, $\times 10^9/L$              | 3,98               | 4,36               | 0,17 | 3,78 <sup>a</sup> | 4,56 <sup>b</sup> | 0,17 |
| Monocitos, $\times 10^9/L$               | 0,83               | 0,82               | 0,03 | 0,79              | 0,85              | 0,03 |
| Granulocitos, $\times 10^9/L$            | 4,31 <sup>a</sup>  | 3,84 <sup>b</sup>  | 0,16 | 3,85 <sup>a</sup> | 4,30 <sup>b</sup> | 0,16 |
| Linfocitos, %                            | 43,62 <sup>a</sup> | 47,89 <sup>b</sup> | 0,92 | 45,11             | 46,38             | 0,93 |
| Monocitos, %                             | 9,48               | 9,20               | 0,18 | 9,74 <sup>a</sup> | 8,94 <sup>b</sup> | 0,18 |
| Granulocitos, %                          | 46,51 <sup>a</sup> | 43,11 <sup>b</sup> | 0,90 | 44,92             | 44,69             | 0,89 |
| Glóbulos rojos, $\times 10^{12}/L$       | 9,18               | 9,41               | 0,15 | 9,12              | 9,47              | 0,15 |
| VCM, $\times 10^{15}/L$                  | 48,61              | 47,44              | 0,51 | 48,21             | 47,84             | 0,51 |
| HCM, Pg                                  | 14,12              | 13,94              | 0,15 | 14,12             | 13,94             | 0,15 |
| CCMH, g/dL                               | 29,18              | 29,51              | 0,14 | 29,43             | 29,26             | 0,14 |
| Volumen de plaquetas, $\times 10^{15}/L$ | 4,94               | 4,94               | 0,04 | 4,85 <sup>a</sup> | 5,02 <sup>b</sup> | 0,04 |
| ADTP, %                                  | 16,13              | 16,19              | 0,05 | 16,16             | 16,15             | 0,05 |
| Plaquetas, $\times 10^9/L$               | 380,2              | 396,0              | 29,3 | 387,2             | 389,0             | 29,6 |
| Plaquetocrito, %                         | 0,18               | 0,20               | 0,01 | 0,19              | 0,19              | 0,01 |
| Triiodotironina, g/dL                    | 1,14 <sup>a</sup>  | 1,29 <sup>b</sup>  | 0,03 | 1,18              | 1,26              | 0,03 |
| Tiroxina, g/dL                           | 5,62               | 5,79               | 0,1  | 5,59              | 5,83              | 0,1  |

<sup>a, b</sup> Medias con distinta literal en hilera difieren ( $P < 0,05$ ).

de la hormona  $T_3$  a medida que aumentan los días en verano. Lo anterior es importante debido a que pudieran existir repercusiones negativas en el bienestar y la productividad de las vaquillas, dado que la baja secreción de las hormonas tiroideas  $T_3$  y  $T_4$  provocan hipertiroidismo (Martínez et al., 2001). Esto coincide con Marai y Haebe (2010), quienes realizaron un estudio en búfalos durante condiciones de estrés calórico y observaron disminución en las concentraciones de  $T_3$  y  $T_4$ . Bajo este planteamiento, se cree que existe fuerte asociación entre las concentraciones de hormonas tiroideas y el consumo de alimento. En el presente estudio, la concentración de  $T_3$  fue mayor en el grupo con mayor sombra por animal, es decir, que tuvieron más espacio y sombra que el grupo con menos sombra y espacio. Esto coincide con los resultados de Correa-Calderón et al. (2007) en un estudio realizado bajo condiciones ambientales similares donde encontró mayor concentración de  $T_3$  en animales bajo condiciones de sombra y enfriamiento con respecto a los de sólo sombra. Estos resultados se atribuyen a que proporcionar un mejor ambiente mejora la reducción de la carga calórica y mejora el metabolismo basal. Sin embargo, la respuesta hormonal ante condiciones adversas afecta de manera diferente a los animales, ya que razas cebú, a diferencia de las europeas, presentan mejor adaptación a altas temperaturas (Hansen, 2004). Adicionalmente, se ha señalado que esta reducción en  $T_3$  es una respuesta adaptativa de los animales para regular la producción de calor metabólico interno sin comprometer sus funciones corporales básicas (Afsal et al., 2018). Esto se relaciona directamente con un menor consumo de alimento en condiciones cálidas, lo cual coincidió con un bajo nivel de glucosa. Esto coincidió con los resultados del presente estudio, ya que las vaquillas cebú tuvieron mayor concentración de hormonas tiroideas que vaquillas tipo europeo.

### Hematología

Los resultados obtenidos en el presente estudio indican que el conteo total de glóbulos blancos y de linfocitos en torrente sanguíneo fue mayor ( $P < 0,05$ ) en ganado *Bos indicus* comparado con los mismos conteos en *Bos taurus* (Tabla 3). Por otro lado, el porcentaje de linfocitos fue mayor ( $P < 0,05$ ) en animales bajo mayor área de sombra en comparación con animales con menor área de sombra (Tabla 3). Sin embargo, los valores de estos parámetros hematológicos se encuentran dentro de los valores de referencia (Merck, 2018). Los linfocitos, considerados células agranulares que forman parte de los glóbulos blancos, tienen la función de regular la respuesta inmunitaria específica reaccionando contra agentes extraños al organismo (Wood y Quiroz-Rocha, 2010). El estrés calórico activa el eje Hipotálamo-Pituitaria-Adrenal provocando la liberación de glucocorticoides, al igual que un aumento en los niveles de la hormona cortisol, y en conjunto inducen a que los linfocitos circulantes se fijen a células endoteliales de los vasos sanguíneos, después pasan a otros tejidos como bazo, médula ósea, ganglios linfáticos y piel, donde son almacenados, produciéndose una disminución en la proliferación de linfocitos (Romero-Peñuela et al., 2011; Bagath et al., 2019). Por su parte, Kamwanja et al. (1994) sometieron linfocitos de vaquillas Angus, Senepol y Brahman a temperatura de 45 °C por 3 h *in vitro*, resultando en mayor pérdida de viabilidad en los linfocitos de animales raza Angus; los autores confirmaron que existen diferencias de tipo celular entre ganado *Bos taurus* y *Bos indicus* en cuanto a la tolerancia al calor. Tolini et al. (2017) también reportaron un efecto negativo del estrés calórico en vacas Holando sobre los glóbulos blancos y linfocitos, indicando que la relación neutrófilos/linfocitos aumentó. En el presente estudio no se midieron los neutrófilos, pero tomando en cuenta que los neutrófilos forman

en gran medida a los granulocitos (hasta 75 %), es muy probable que la relación neutrófilos/linfocitos fuese mayor en vaquillas *Bos taurus* (Gennaro et al., 1978; Tolini et al., 2017). También se observó que el conteo y el porcentaje de granulocitos fue mayor en animales con menor área de sombra, resultado que se asocia a un aumento en glucocorticoides por efecto del estrés calórico. Esta granulocitosis se atribuye a un aumento en la circulación de leucocitos polimorfonucleares (LPMN) desde la médula ósea, promovida por una mayor demarginación de LPMN por efecto del cortisol; este mecanismo está fuertemente relacionado con la respuesta inflamatoria como consecuencia de las altas temperaturas (Nakagawa et al., 1998). Sin embargo, Brown-Brandl et al. (2017) sometió vaquillas Angus a condiciones de estrés calórico prolongado bajo distintos materiales de sombra que promediaron un área de 7,5 m<sup>2</sup>/vaquilla; los autores no encontraron efecto en la concentración de granulocitos, inclusive en el grupo de animales sin sombra. Por otro lado, en la variable monocitos se encontraron niveles elevados en ambos genotipos en relación con los presentados por Merck (2018). Esto concuerda con los resultados presentados por Stanger et al. (2005), quienes mencionan que animales bajo condiciones de estrés calórico tienden a aumentar los niveles de monocitos por efecto de las condiciones ambientales. Lo que contrasta con Gutiérrez-de la Rosa et al. (1971), quienes no observaron diferencias sobre la cantidad de glóbulos blancos entre ganado *Bos taurus* y *Bos indicus* bajo condiciones de altas temperaturas. No obstante, otros componentes hematológicos son: GR, Hb, Htc, VCM, HCM, CCMH, ADE, ADTP, Plt y VMP. Habitualmente, el conteo de estos componentes en sangre es desde un punto de vista clínico importante, niveles normales eritrocitos en sangre indican una síntesis normal de hemoglobina en glóbulos

rojos, y de esta manera existe una mejor capacidad de transportar oxígeno desde los pulmones por medio del torrente sanguíneo hacia los tejidos del cuerpo (Cunningham, 2014). En el presente estudio, las concentraciones de hemoglobina fueron mayores ( $P < 0,05$ ) para ganado *Bos indicus* que *Bos taurus* (Figura 2). Sin embargo, estos valores se encontraron dentro de los rangos descritos por RAR (2000) y Merck (2018) para ambos genotipos. Esto puede sugerir que los animales bajo estudio estuvieron ausentes de enfermedades en función de que la producción y liberación de glóbulos rojos logran una mayor capacidad hacia el sistema respiratorio como mecanismo termorregulador (Reece, 2006). Mientras que los niveles de la variable hematocrito se encontraron dentro de los niveles de referencia descritos por Merck (2018). Sin embargo, el nivel de hematocrito en *Bos indicus* fue mayor ( $P < 0,05$ ) a diferencia de ganado *Bos taurus*. De manera general, la mayor concentración de algunos componentes de glóbulos rojos se encontró en ganado *Bos indicus*, componentes que son responsables de ligar el transporte de oxígeno desde los pulmones a los tejidos del organismo, por lo tanto, bajo condiciones de estrés calórico el ganado cebú promueve de manera más eficiente la producción y liberación de estos componentes como una medida de adaptación (Reece, 2006).

En general, el área de sombra mostró pocas ventajas en relación a la fisiología de las vaquillas en su etapa final de la engorda. Sin embargo, las vaquillas *Bos indicus* mostraron algunos signos hematológicos y bioquímicos de su ventaja en relación a la tolerancia al calor. Es posible que el hecho de que las vaquillas hayan ingresado a la engorda desde la época de primavera les permitió adaptarse a las condiciones climáticas cálidas conforme el verano se hizo presente.

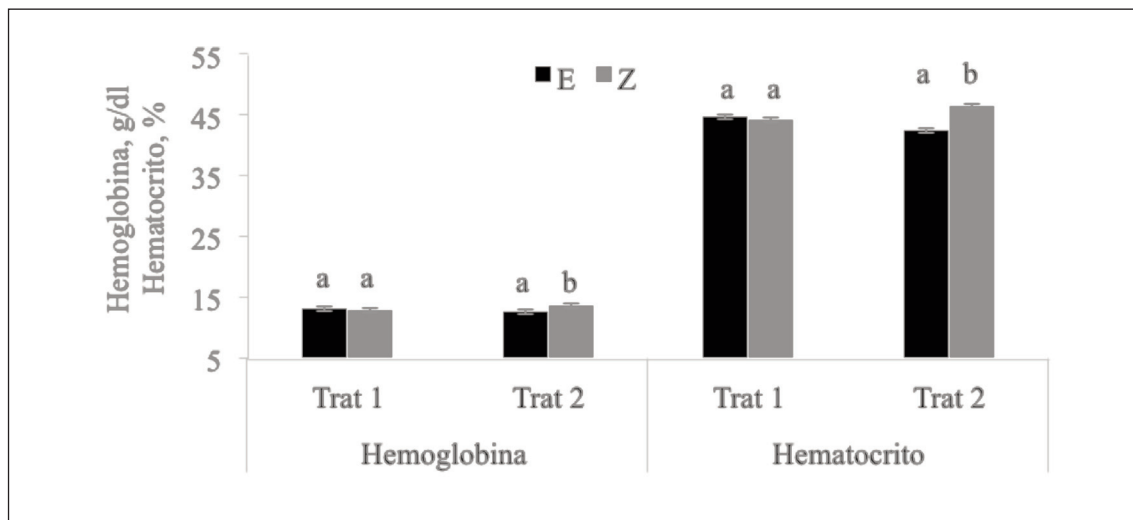


Figura 2. Concentraciones de hemoglobina y hematocrito en vaquillas *Bos indicus* y *Bos taurus* sujetas a dos diferentes áreas de sombra.

<sup>a b</sup> Medias con distintas literales difieren. E = europeo; Z = cebú.  $P < 0,05$ .

Figure 2. Hemoglobin and hematocrit concentrations in *Bos indicus* and *Bos taurus* heifers subject to two different shaded areas.

<sup>a b</sup> Means with different literals differ. E = European; Z = zebu.  $P < 0.05$ .

## Conclusiones

Las variables hematológicas, electrolitos, metabolitos y hormonas tiroideas en vaquillas de engorda en finalización estuvieron en general dentro de los rangos de referencia establecidos por la literatura. Sin embargo, se notaron ligeras diferencias fisiológicas por efecto del área de sombra por animal y por genotipo, siendo éstos en favor de las vaquillas *Bos indicus* y de la mayor área de sombra. Proporcionar 3,7 m<sup>2</sup> de área de sombra a ganado de engorda en corral mejora su fisiología y, por ende, el bienestar de los animales.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Coordinación de Posgrado e Investigación de la UABC por el fi-

nanciamiento brindado a través del proyecto de investigación de Cuerpos Académicos con número de programa 2229. Asimismo, al Sr. Antonio Valdivia Jáuregui, propietario de Corrales Valdivia, en el valle de Mexicali, B.C., por el apoyo recibido durante el presente estudio.

## Referencias bibliográficas

- Aengwanich W, Kongbuntad W, Boonsorn T (2011). Effects of shade on physiological changes, oxidative stress, and total antioxidant power in Thai Brahman cattle. *International Journal of Biometeorology* 55(5): 741-748. <https://doi.org/10.1007/s00484-010-0389-y>
- Afsal A, Sejian V, Bagath M, Krishnan G, Devaraj C, Bhatta R (2018). Heat stress and livestock adaptation: neuro-endocrine regulation. *International Journal of Veterinary and Animal Medicine* 1.2: 1-8.

- Avendaño RL, Álvarez FD, Correa CA, Torrentera NG, Torres V, Ray DE (2011). Frecuencia de alimentación e iluminación nocturna y productividad de vaquillas para engorda en verano. Archivos de Zootecnia 60(232):1247-1254. <https://doi.org/10.4321/S0004-05922011000400039>
- Avendaño RL (2013). La Ganadería en Baja California ante el Cambio Climático. Capítulo 4. En: Baja California ante el embate del cambio climático (Ed. M. Quintero), pp. 209-232. Editorial UABC. Mexicali, B.C., México.
- Bagath M, Krishnan G, Devaraj C, Rashamol VP, Pragna P, Lees AM, Sejian V (2019). The impact of heat stress on the immune system in dairy cattle: A review. Research in Veterinary Science 126: 94-102. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2019.08.011>
- Beatty DT, Barnes A, Taylor E, Pethick D, McCarthy M, Maloney SK (2006). Physiological responses of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle to prolonged, continuous heat and humidity. Journal of Animal Science 84: 972-985. <https://doi.org/10.2527/2006.844972x>
- Bernabucci U, Lacetera NL, Baumgard H, Rhoads RP, Ronchi B, Nardone A (2010). Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. Animal 4(7): 1167-1183. <https://doi.org/10.1017/S175173111000090X>
- Brown-Brandl T, Eigenberg R, Nienaber J, Hahn GL (2005). Dynamic response indicators of heat stress in shaded and non-shaded feedlot cattle, Part 1: analyses of indicators. Biosystems Engineering 90(4): 451-462. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2004.12.006>
- Brown-Brandl TM, Nienaber JA, Eigenberg RA, Mader TL, Morrow JL, Dailey JW (2006). Comparison of heat tolerance of feedlot heifers of different breeds. Livestock Science 105: 19-26. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.04.012>
- Brown-Brandl TM, Chitko-McKown CG, Eigenberg RA, Mayer JJ, Welsh TH, Davis JD, Purswell JL (2017). Physiological responses of feedlot heifers provided access to different levels of shade. Animal 11(8): 1344-1353. <https://doi.org/10.1017/S1751731116002664>
- Correa-Calderón A, Yáñez V, Verdugo F, Pérez A, Avendaño L, González VM, Ponce F, Tarazón M (2004). Efecto de un sistema de enfriamiento a espacio abierto en la eficiencia productiva de novillos Holstein durante el verano. Interciencia 29: 86-88.
- Correa-Calderón A, Yáñez Cantabrana VM, Verdugo Zárate FJ, Avendaño Reyes L, Álvarez Almora E, Árechiga Flores CF, Rivera Acuña AF (2007). Respuesta fisiológica y productiva de novillos engordados con un sistema de enfriamiento a espacio abierto en un clima árido y seco. Técnica Pecuaria en México 45(3): 345-354.
- Cunningham JG (2014). Fisiología Veterinaria. 5ª ed. Ed. Elsevier. México D.F.
- Duff GC, Galyean ML (2007). Recent advances in management of highly stressed, newly received feedlot cattle. Journal of Animal Science 85(3): 823-840. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-501>
- García E (1987). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 3ra. Ed. México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gennaro R, Schneider C, De Nicola G, Cian F, Romeo D (1978). Biochemical properties of bovine granulocytes. Experimental Biology and Medicine 157(3): 342-347. <https://doi.org/10.3181/00379727-157-40050>
- Gutiérrez-de la Rosa JH, Warnick AC, Cowley JJ, Hentges JF (1971). Environmental physiology in the sub-tropics. I. Effect of continuous environmental stress on some hematological values of beef cattle. Journal of Animal Science 32(5): 968-973. <https://doi.org/10.2527/jas1971.325968x>
- Hahn GL (1999). Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. Journal of Animal Science 77: 10-20. [https://doi.org/10.2527/1997.77suppl\\_210x](https://doi.org/10.2527/1997.77suppl_210x)
- Hammond AC, Olson TA, Chase CC, Bowers EJ, Randel RD, Murphy CN, Vogt DW, Tewolde A (1996). Heat tolerance in two tropically adapted *Bos taurus* breeds, Senepol and Romosinuano, compared with Brahman, Angus and Hereford cattle in Florida. Journal of Animal Science 74: 295-303. <https://doi.org/10.2527/1996.742295x>
- Hansen PJ (2004). Physiological and cellular adaptation of zebu cattle to thermal stress. Animal

- Reproduction Science 82-83: 349-360. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.04.011>
- IPCC (2007). Chapter 8, Agriculture. En: Climate Change: Mitigation. Contribution of working group III to the fourth Assessment report of the intergovernmental panel on climate change. (Eds. B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer), pp 498-540. Cambridge University Press.
- Jenkinson DM, Mabon M (1973). The effect of temperature and humidity on skin surface pH and the ionic composition on skin secretions in Ayrshire cattle. *British Veterinary Journal* 129(3): 282-295. [https://doi.org/10.1016/s0007-1935\(17\)36482-5](https://doi.org/10.1016/s0007-1935(17)36482-5)
- Kamwanja LE, Chase CC, Gutierrez JA, Guerriero V, Olson TA, Hammond AC, Hansen PJ (1994) Responses of bovine lymphocytes to heat shock as modified by breed and antioxidant status. *Journal of Animal Science* 72: 438-444. <https://doi.org/10.2527/1994.722438x>
- Lees AM (2005) Biological responses of feedlot cattle to heat load. Doctor of Philosophy Thesis. University of Queensland, Brisbane, Australia.
- Mader TL, Davis MS, Brown-Brandl T (2006). Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 84: 712-719. <https://doi.org/10.2527/2006.843712x>
- Marai IFM, Haezeb AAM (2010). Buffalo's biological functions as affected by heat stress: A review. *Livestock Science* 127: 89-109. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.08.001>
- Martínez Y, Chongo B, Pizarro L, Castillo E (2001). Una nota acerca de las concentraciones de hormonas tiroideas de toros de ceba que consumieron *Leucaena leucocephala*. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 35(4): 379-381.
- Merck (2018). Veterinary Manual. Hematologic Reference Ranges. Fielder S.E. Disponible en: <https://www.merckvetmanual.com/appendixes/referenceguides/hematologic-reference-ranges> (Consultado: 10 marzo 2019).
- Mitloehner FM, Galyean ML, McGlone JJ (2002). Shade effects on performance, carcass traits, physiology, and behavior of heat-stressed feedlot heifers. *Journal of Animal Science* 80(8): 2043-2050. <https://doi.org/10.1093/ansci/80.8.2043>
- Nakagawa M, Terashima T, D'yachkova Y, Bondy GP, Hogg JC, van Eeden SF (1998). Glucocorticoid-induced granulocytosis: contribution of marrow release and demargination of intravascular granulocytes. *Circulation* 98(21): 2307-2313. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.98.21.2307>
- Ocak S, Darcan N, Çankaya S, Inal TC (2009). Physiological and biochemical responses in German Fawn kids subjected to cooling treatments under Mediterranean climate conditions. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science* 33(6): 455-461. <https://doi.org/10.3906/vet-0708-3>
- Pereira AMF, Titto EL, Infante P, Titto CG, Geraldo AM, Alves A, Leme TM, Baccari Jr F, Almeida JA (2014) Evaporative heat loss in *Bos taurus*: Do different cattle breeds cope with heat stress in the same way? *Journal of Thermal Biology* 45: 87-95. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2014.08.004>
- RAR (2000). Research Animal Resources. Reference values for laboratory animals. University of Minnesota. Disponible en: [www.Ahc.umn.edu/rar/refvalues.html](http://www.Ahc.umn.edu/rar/refvalues.html) (Consultado: 15 Noviembre 2017).
- Rasouli A, Nouri M, Khajeh Gh, Rasekh A (2004) The influences of seasonal variations on thyroid activity and some biochemical parameters of cattle. *Iran Journal of Veterinary Research* 5: 1383-1391.
- Reece WO (2006). Dukes: Fisiologia dos Animais Domésticos. 12 edição. Guanabara Koogan. Rio de Janeiro, Brasil.
- Romero-Peñuela MH, Uribe-Velásquez LF, Sánchez-Valencia JA (2011). Biomarcadores de estrés como indicadores de bienestar en ganado de carne. *Biosalud* 10(1): 71-87.
- SAS (2004). SAS/STAT® User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Scharf B, Carroll JA, Riley DG, Chase CC, Coleman SW, Keisler DH, Weaber RL, Spiers DE (2010). Evaluation of physiological and blood serum differences in heat-tolerant (Romosinuano) and heat-susceptible (Angus) *Bos taurus* cattle du-

- ring controlled heat challenge. *Journal of Animal Science* 88(7): 2321-2336. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2551>
- Sejian V, Maurya VP, Naqvi SMK (2010). Adaptive capability as indicated by endocrine and biochemical responses of Malpura ewes subjected to combined stresses (thermal and nutritional) in a semi-arid tropical environment. *International Journal Biometeorology* 54: 653-661. <https://doi.org/10.1007/s00484-010-0341-1>
- Silanikove N (2000). Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science* 67: 1-18. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00162-7](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00162-7)
- Stanger KJ, Ketheesan N, Parker AJ, Coleman CJ, Lazzaroni SM, Fitzpatrick LA (2005). The effect of transportation on the immune status of *Bos indicus* steers. *Journal of Animal Science* 83(11): 2632-2636. <https://doi.org/10.2527/2005.83112632x>
- Sullivan ML, Cawdell-Smith AJ, Mader TL, Gaughan JB (2011). Effect of shade area on performance and welfare of short-fed feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 89(9): 2911-2925. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3152>
- Tolini F, Fernández G, Mayer N, Maiztegui L, Muñoz G, Pagni C, Rodríguez N (2017). Influencia del estrés calórico sobre los glóbulos blancos en vacas Holando Argentino. *Revista Agronomía del Noroeste Argentino* 37(1): 67-75.
- Vásquez-Requena ÁG, Sessarego-Dávila EA, Lavalle-Peña GF, Tello-Alarcón VI (2017). Influencia del sistema de enfriamiento sobre la productividad del ganado bovino lecheros en el valle de Huaura, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 28 (1): 195-200. <https://doi.org/10.15381/rivep.v28i1.12928>
- Wood D, Quiroz-Rocha GF (2010). Normal hematology of cattle. En: Schalm's Veterinary Hematology. 6th ed (Eds. Douglas JW, Wardrop KJ), pp. 829-835. Wiley-Blackwell. Ames Iowa, USA.

(Aceptado para publicación el 9 de junio de 2020)

## Calidad instrumental de la carne de cabrito lechal. Revisión bibliográfica

Guillermo Ripoll<sup>1,2,\*</sup>, María Jesús Alcalde<sup>3</sup> y Begoña Panea<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Agroalimentario de Aragón – IAZ – (CITA-Universidad de Zaragoza). Calle Miguel Servet, 177. 50013 Zaragoza, España

<sup>2</sup> Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón. Avda. Montañana, 930. 50059 Zaragoza, España

<sup>3</sup> Universidad de Sevilla. Ctra. Utrera, 41013 Sevilla, España

### Resumen

El ganado caprino es de gran importancia en España, tanto por censo como por su repercusión en la Producción Final Ganadera. Esta revisión bibliográfica se ha realizado de manera sistemática con los estudios encontrados en revistas científicas sobre cabrito lechal con un peso vivo de menos de 13 kg y alimentado exclusivamente con leche. El peso de la canal de estos cabritos se distribuye en dos grandes grupos, con pesos por encima y por debajo de 5 kg. A ambos pesos de canal, la carne de cabrito lechal se confirma como una fuente de proteína baja en grasa. No se puede concluir que exista una relación lineal del sistema de lactancia o del peso canal con el pH. La carne de cabritos alimentados con leche natural tiene un índice de amarillo más alto que los de la carne de cabritos alimentados con lactoreemplazantes. No se apreció una influencia marcada del peso de la canal ni del sistema de lactación en la dureza, que tuvo un valor medio de 35 N. En líneas generales, la carne de canales de más de 5 kg tuvo menor porcentaje de ácidos grasos saturados y mayor de insaturados, y una ratio n-6/n-3 mayor que la de carne de canales de menos de 5 kg. Hay muy poca información científica sobre la calidad de carne instrumental de los cabritos, por lo que existe un amplio campo de investigación para cubrir la laguna de conocimiento encontrada.

**Palabras clave:** pH, cabra, revisión, caprino, canal, calidad de carne.

### Instrumental quality of suckling kid meat. A review

#### Abstract

Goat production is quite important in Spain having high census and economic impact. This review has been performed systematically with studies about suckling kids with slaughter weight lower than 13 kg and fed exclusively milk. The carcass weight of kids were distributed into two groups, above and below of 5 kg. Kid meat appears as a useful protein source with low fat content. It was found any linear relationship between rearing system or carcass weight with pH. Meat of kids fed maternal milk had greater yellowness index than those fed milk replacers. Toughness was not affected by carcass weight or rearing system and the average value was 35 N. In general, meat of carcasses heavier than 5 kg had less

---

\* Autor para correspondencia: gripoll@aragon.es

Cita del artículo: Ripoll G, Alcalde MJ, Panea B (2021). Calidad instrumental de la carne de cabrito lechal. Revisión bibliográfica. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 117(2): 145-161. <https://doi.org/10.12706/itea.2020.016>

saturated and more unsaturated fatty acids, as well a higher n-6/n-3 ratio than meat of carcasses with less than 5 kg. There is few scientific information on the instrumental quality of suckling kid meat. Therefore, there is a wide field of research to cover the absence of knowledge in this topic.

**Keywords:** pH, goat, review, caprine, carcass, meat quality.

## Introducción

España es el segundo país productor de ganado caprino de la Unión Europea con 2.764.000 cabezas, solo superada por Grecia con 3.625.000 cabezas (Eurostat, 2019). El censo de ganado descendió paulatinamente entre los años 2008 y 2012 debido a la desaparición de casi 3.500 explotaciones, para luego remontar y alcanzar el máximo de 3.088.582 cabezas en 2017. Este cierre de explotaciones se debió en parte a la subida de precios de los insumos que obligó en 2011 al sacrificio de rebaños lecheros por la falta de rentabilidad de los mismos (SEOC, 2013). La desaparición de parte de los rebaños lecheros influyó también en el tamaño de las explotaciones, que pasó de 41 cabezas por explotación de media en 2017, a un mínimo de 35 en 2014 para volver a recuperarse en 2018 (Eurostat, 2019; MAPA, 2019a). La producción cárnica de ovino y caprino representó en 2017 el 2,5 % de la Producción Final Agraria nacional y el 6,6 % de la Producción Final Ganadera, mientras que la producción de leche de cabra supuso un 1,6 % de la Producción Final Ganadera (MAPA, 2019a). En 2018, España tuvo una producción de 461.400 toneladas de leche de cabra (MAPA, 2019a), aproximadamente una quinta parte de la producción de leche de cabra de la UE. De la producción que se transforma en España, el 89 % pasó a la industria para la elaboración de quesos y productos lácteos y el resto se destinó a la elaboración de quesos artesanales en la propia explotación (MAPA, 2019a). Además de la gran importancia de la producción de leche de cabra, el cabrito también supone una producción importante del sec-

tor caprino, suponiendo un ingreso del 20 % de los ingresos totales por cabra de la explotación lechera (Castel *et al.*, 2012).

En el año 2017, España produjo el 13 % del total de la carne de caprino de la Unión Europea (FAO, 2019). En el año 2018 se sacrificaron en España 1.371.026 animales de la especie caprina (MAPA, 2019a), de los cuales el 80 % fueron de la categoría cabrito lechal. Esta preferencia a sacrificar el cabrito lechal de bajo peso en oposición al chivo está relacionada con el paso de las explotaciones mixtas a lecheras. Se pasó de sacrificar un 65 % de cabrito y un 20 % de chivo en 1992 a sacrificar el 80 % de los animales como cabrito lechal y el 5 % como chivos en el año 2011. Según datos del MAPA (2019a), en España existe un gradiente descendiente del número de cabezas de ganado caprino que va de Sur a Norte. En Andalucía se mantiene más de un tercio del censo español (37,8 %), seguido de Extremadura, Castilla La Mancha y Murcia que aúnan un 34,8 % del censo. Finalmente, el resto de España acumula el tercio restante del censo caprino. Las Comunidades Autónomas con mayor número de cabritos lechales sacrificados fueron Andalucía (33,8 %), las Islas Canarias (13,5 %), Cataluña (11,9 %) y Murcia (10,8 %). Las Comunidades Autónomas del norte de España, como Galicia, Principado de Asturias, Cantabria, País Vasco y Navarra tuvieron una producción de cabrito lechal casi testimonial de alrededor del 1 % del total de España (MAPA, 2019a). Comparados con los datos de sacrificio de lechales en 2015, estos valores son muy constantes para cada Comunidad Autónoma, pero hay un cambio notable en Extremadura, que en 2015 sacrificó el 6 % de cabritos lechales mien-

tras que en 2018 sacrificó solo el 1,5 %. Comparando la distribución de los censos ganado caprino en vivo y la distribución de las cabezas de cabrito lechal sacrificadas se puede observar que existen ciertos desequilibrios. Por ejemplo, Extremadura y Castilla La Mancha tienen porcentajes de censo de animales vivos mucho mayores que los de sacrificios, mientras que, por el contrario, en Castilla y León, Canarias y Cataluña, el porcentaje de sacrificio de cabrito lechal es superior al que le correspondería. Finalmente, los sacrificios de cabrito lechal en Andalucía y Murcia sí son coherentes con el censo de animales vivos. Estos desequilibrios entre las zonas de cría de los animales y las zonas de sacrificio, comercialización y consumo denotan graves problemas estructurales en la estacionalidad de la producción y el modelo de comercialización (Panea et al., 2010) que no acaban de resolverse. De igual manera sucede con la leche; Andalucía, produce más del 40 % de la leche de cabra española y, sin embargo, más del 80 % de esta leche es transformada fuera de la región, ya sea en el resto de España o incluso en otros países europeos (Castel et al., 2012). Este traslado de animales y de leche hace que el valor añadido y el beneficio económico se quede en la zona de destino y no en la de origen, por lo que no repercute directamente en el productor, que puede optar por abandonar la actividad (Panea et al., 2008). A pesar de la importancia del ganado caprino en la Producción Final Agraria y Ganadera, estos y otros problemas estructurales como pueden ser la despoblación en el medio rural y la falta de rentabilidad, sitúan a 19 de las 22 razas autóctonas españolas al borde de la extinción (MAPA, 2019a).

En España podemos encontrar tres tipos comerciales de animales caprinos destinados a la producción cárnica (Alcalde et al., 2010): 1) el cabrito lechal, alimentado principalmente con leche y sacrificado al mes o mes y medio de vida, con un peso vivo que puede oscilar entre 7 kg y 11 kg. De estos animales se con-

siguen canales que van desde los 4 kg hasta los 7 kg, aproximadamente. 2) el chivo, animal alimentado con leche materna y los recursos obtenidos del pastoreo con su madre. Estos animales se sacrifican con 4 o 5 meses de edad y con 20 kg a 30 kg de peso vivo y es un tipo comercial menos demandado. 3) el caprino mayor, procedente del desvieje de cabras de leche y otros animales adultos y que es de poca importancia en el mercado. Según la guía de etiquetado facultativo (BOE, 2011), para animales de edad menor a los 5 meses, las canales de cabrito se clasificarían en lechal ligero, para canales menores o iguales a 5 kg; lechal, para canales entre 5 kg y 7 kg; y recental para canales de peso superior a 7 kg e inferior o igual a 10 kg. El peso medio de la canal de cabrito lechal en España fue de 5,1 kg, aunque hay variaciones por Comunidades Autónomas. Por una parte, las Comunidades Autónomas del norte de España, como Galicia, Principado de Asturias, Cantabria, País Vasco y Navarra producen canales con un peso mayor de 6 kg, mientras que Andalucía, las Islas Canarias, Cataluña y La Rioja produjeron canales con un peso medio por debajo de 5 kg (MAPA, 2019b). Hay un gradiente creciente del peso de la canal desde el sureste de la península hacia el noroeste. Se puede observar cómo las zonas con poca producción de cabrito lechal sacrifican a los animales con pesos de canal mayores y viceversa.

A pesar de la importancia en la producción, se observa un constante descenso del consumo, observado desde el final de los años 80 (Chamorro et al., 2012), que se va confirmando en la última década (MAPA, 2019a). En las estadísticas oficiales aparecen los datos de ovino y caprino agrupados hasta el año 2015 y es difícil valorar el consumo de carne caprina, pero algunas estimaciones dan una cifra menor a los 300 g de carne por habitante y año (Alcalde et al., 2010). A partir del año 2016 el consumo per cápita de carne de caprino fue de 160 g y en 2018 de 130 g, pro-

bablemente por la sustitución de la carne de caprino por otras de menor precio (Martín-Cerdeño, 2018). Además de la producción para el consumo interno, España es un gran exportador a países de la Unión Europea como Francia, Reino Unido o Portugal, y a terceros países (MAPA, 2019a).

Existe mucha bibliografía sobre la calidad de la carne en general. Sin embargo, la mayoría de los libros académicos que versan sobre ciencia de la carne (Forrest *et al.*, 1979; Price y Schweighet, 1994; Lawrie, 1998; Warris, 2000) adolecen de información sobre la especie caprina, y es inexistente en el caso de cabrito lechal ligero o muy ligero. Tampoco se han encontrado revisiones bibliográficas sobre este tipo de carne. Encontramos pues, una laguna de conocimiento, que esta revisión persigue ayudar a cubrir. Por este motivo, y con el objetivo de conocer y valorizar la calidad instrumental de la carne de cabrito lechal, se realizó una revisión sistemática de los artículos publicados en revistas científicas internacionales.

## Metodología

Tras una búsqueda bibliográfica en la base de datos Scopus (<https://www.scopus.com/>) con la cadena "kid AND suckling AND meat" donde se encontraron 126 documentos, se procedió a descartar aquellos artículos científicos en los que se estudiaron cabritos con peso vivo superior a 13 kg y donde el cabrito explícitamente ingiriera otro alimento distinto de leche, o que al mencionar el uso de sistemas extensivos o expresiones como "los cabritos permanecieron con las madres" hacen pensar que no cumple con los requisitos establecidos de alimentación de los cabritos exclusivamente con leche. También se utilizaron los datos del *longissimus thoracis et lumborum* descartando los de otros músculos. Así pues, la base final de artículos para la revisión consta de 24 artículos (Complemento 1),

de los cuales 17 son de autores españoles, 5 de autores italianos, uno de Grecia y otro de Turquía.

Por otra parte, en función del objetivo de cada uno de los estudios, también se encontraron lotes de animales que cumplieron los requisitos mencionados y otros que no. En algunos artículos se compararon cabritos con corderos, y en otros se compararon sistemas de manejo en los que solo algún lote se alimentó de leche exclusivamente, y otros lotes fueron suplementados. Después de eliminar estos grupos de animales, se utilizaron datos de 82 lotes distintos de animales. Sin embargo, no todos los artículos aportaron información completa sobre el peso vivo al sacrificio, peso de la canal caliente o edad. Con los estudios que aportaron datos de rendimiento canal y las pérdidas de oreo, se calcularon las medias del rendimiento canal (53,60 %) y las pérdidas de oreo (3,04 %). Se asumieron estos valores y con ellos se calcularon los pesos vivos y de la canal caliente en los artículos incompletos. Igualmente, se usó el valor medio de las pérdidas de oreo para homogeneizar los pesos de la canal que en unos estudios se dan como canal caliente y en otros como canal fría. En el caso del artículo de Caputi-Jambrenghi *et al.* (2010), que no aporta datos ni de peso vivo ni de canal fría o caliente, sino solo la edad de sacrificio, se tomó como válido el dato de peso vivo de machos de la misma raza y edad (Marsico *et al.*, 1993). De forma similar, el peso vivo de los cabritos del artículo de Sanz-Sampelayo *et al.* (2006) se calculó a partir de la edad y los datos aportados por Peña *et al.* (1985) para la misma raza.

## Discusión

### *Peso vivo y peso canal caliente*

En la Figura 1 se muestran los valores individuales de peso vivo al sacrificio y peso de la canal caliente de cada lote de cabritos estu-

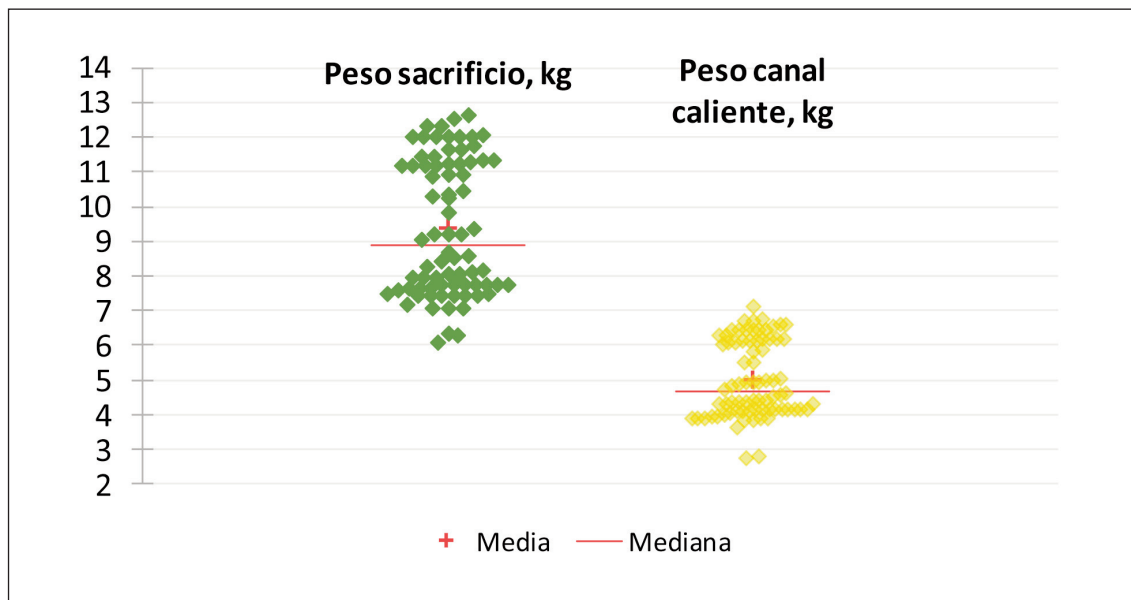


Figura 1. Peso vivo al sacrificio y peso canal caliente de la bibliografía.  
 Figure 1. Slaughter and hot carcass weights.

diados en la bibliografía. El intervalo de peso vivo va desde 6 kg hasta 13 kg, y se puede observar en la distribución cómo hay dos grupos de peso divididos aproximadamente por la media, alrededor de los 9 kg de peso vivo. Respecto del peso de la canal caliente, el intervalo va desde los 3,5 kg hasta los 7 kg, aunque hay dos lotes con pesos inferiores a 3 kg (Castro *et al.*, 2008). Al igual que se observa en el peso vivo, hay dos grupos de canales diferenciadas: las canales con pesos superiores a 5 kg y las ligeras, con pesos inferiores a 5 kg. Estos dos tipos de canal se corresponden con la legislación española que regula el etiquetado facultativo de la canal caprina y que establece el límite entre las categorías de "Lechal" y "Lechal ligero" en 5 kg (BOE, 2011). Respecto al peso canal de los artículos de esta revisión, el estudio griego utilizó cabritos con un peso canal mayor de 5 kg, mientras que las canales del estudio turco pesaron menos de 5 kg. En los estudios españoles, el

55 % de los lotes incluyó cabritos de menos de 5 kg, mientras que los lotes de estudios italianos tuvieron animales con pesos menores de 5 kg en un 40 %.

### Composición proximal

En la Tabla 1 se muestra la composición proximal de la carne de cabrito de la bibliografía consultada. Se observa cómo no hay grandes diferencias ni en humedad ni en proteína ni en cenizas. Sin embargo, el porcentaje de grasa varía mucho en función del peso canal caliente, aunque el porcentaje es bajo comparado con otras especies; al ser la especie caprina una especie poco precoz (Norman y Lawrie, 1991) deposita en mayor medida la grasa entorno a las vísceras (Chilliard *et al.*, 1981; Dhanda *et al.*, 2003), antes que en los depósitos subcutáneo o intramuscular. Respecto al sistema de lactancia utilizado en la bibliografía, no se observó ninguna varia-

Tabla 1. Composición proximal de la carne de cabrito lechal en función del peso de la canal caliente.  
*Table 1. Proximal composition of suckling kid meat at two hot carcass weights.*

|             | Peso de la canal caliente |                     |
|-------------|---------------------------|---------------------|
|             | <5 kg                     | ≥5 kg               |
| Humedad, %  | 76,66 [76,12-77,20]       | 75,70 [74,79-76,61] |
| Proteína, % | 20,79 [19,89-21,69]       | 19,72 [18,86-20,58] |
| Grasa, %    | 1,60 [1,16-2,05]          | 2,64 [1,59-3,69]    |
| Cenizas, %  | 1,04 [0,95-1,13]          | 1,14 [1,05-1,22]    |

Media e intervalo de confianza al 95 % [entre corchetes]. Porcentajes expresados sobre materia fresca.

ción entre los valores de composición proximal de la carne de cabritos alimentados con lactoreemplazantes (17 % de los lotes estudiados) o leche natural (83 % de los lotes estudiados).

**pH y glucolisis**

El pH último en la mayoría de las especies de abasto está en el rango de 5,5 a 5,7 (Hopkins y Fogarty, 1998; Webb *et al.*, 2005; Scheffler *et al.*, 2011). Como se muestra en la Figura 2 tres de los lotes de cabrito lechal encontrados en la bibliografía tienen un valor de pH de 5,5 o menor, mientras que el 65 % de los lotes tuvieron valores iguales o superiores a 5,7. En esta misma figura se observa cómo los valores de pH son similares independientemente de la alimentación del cabrito, ya que los cabritos alimentados con lactoreemplazantes presentaron una mediana de 5,6 y los alimentados con leche materna presentaron una mediana de 5,8. De acuerdo con los estándares de algunos países, un pH > 5,7 se puede tener repercusiones en la calidad de la carne bovina (Thompson, 2002), y un pH > 6 produce carne oscura en rumiantes (Van Laack *et al.*, 2001). Sin embargo, otros autores como

Ponnampalam *et al.* (2017) consideran normales los pH menores de 5,8 y elevados cuando son mayores de 6,2. Una hipótesis para explicar la alta frecuencia de aparición de pH mayor de 5,7 en el cabrito lechal podría ser la velocidad de la glucólisis. Como las canales de cabrito son muy pequeñas, en las condiciones de refrigeración habituales en los mataderos de ganado de abasto, estas se enfriarían muy rápidamente y por ello, sufrirían de una glucólisis *post-mortem* muy lenta (Pophiwa *et al.*, 2020). Sin embargo, no se apreció una relación del pH último con el peso de la canal, por lo menos en este rango de pesos (Figura 2, derecha). La explicación más probable sea que los cabritos llegan al sacrificio con poco glucógeno muscular ya que la especie caprina es muy excitable (Casey y Webb, 2010) y sensible al estrés del manejo antes del sacrificio (Ripoll *et al.*, 2011).

**Color y capacidad de retención de agua**

En la superficie de la carne fresca en contacto con el aire, la forma química predominante de la mioglobina es la oximioglobina. La oximioglobina tiene el color rojo brillante que aprecia el consumidor porque lo relaciona con frescura (Mancini y Hunt, 2005).

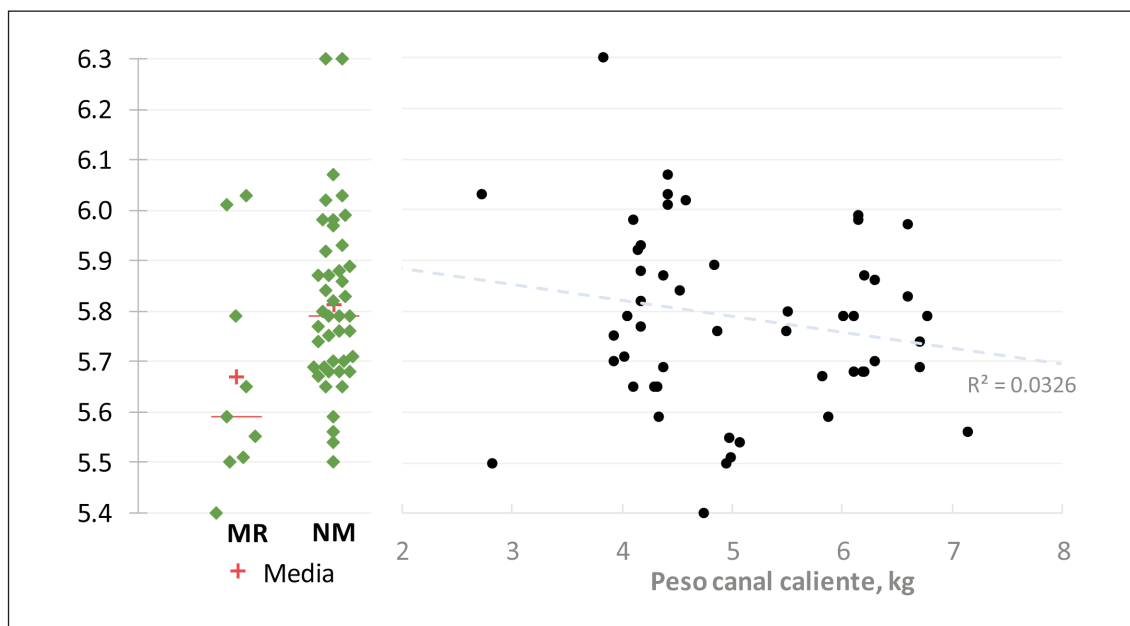


Figura 2. Valores de pH en función del sistema de lactancia (izquierda) y del peso de la canal (derecha) de la bibliografía consultada.

MR, lactoreemplazantes; NM, leche de la madre.

La línea azul discontinua es la recta de regresión entre el peso canal caliente y el pH.

Figure 2. pH values by rearing system (left) and carcass weight (right).

MR, milk replacers; NM, natural milk.

Dashed blue line is the regression line relating carcass weight and pH.

La carne de cabrito lechal se caracteriza por tener una baja cantidad de pigmentos hemínicos en comparación con la de otras especies. Así, la carne de cabrito lechal puede tener valores de menores de 1,3 mg/g (Bañón *et al.*, 2006), mientras que el ganado caprino mayor tienen valores superiores a 2,3 mg/g (Kesava Rao *et al.*, 2003). La cantidad de pigmentos en la carne también es importante porque modifica la relación entre las variables instrumentales de color. Existe una relación positiva y significativa pero no lineal entre la cantidad de pigmentos hemínicos (más allá de su estado oxidativo) con la luminosidad y el tono, de forma que el mismo incremento en el tono produce un incremento pequeño o grande en

la luminosidad si la carne es rica o pobre en pigmentos hemínicos, respectivamente (MacDougall, 1982). Este fenómeno se da también en el tono puesto que existe una relación positiva en la carne de cabrito lechal entre la luminosidad y el tono (Ripoll *et al.*, 2012). En la Figura 3 podemos comprobar esa relación positiva entre la luminosidad y el tono, ya que cuando aumenta el tono también lo hace la luminosidad. Sin embargo, también se puede observar cómo se definen dos tipos de carne de cabrito, en función de esa relación positiva. En un grupo de carnes de cabrito, la luminosidad aumentó muy rápidamente con el incremento de tono mientras que en el otro grupo la luminosidad aumentó en menor

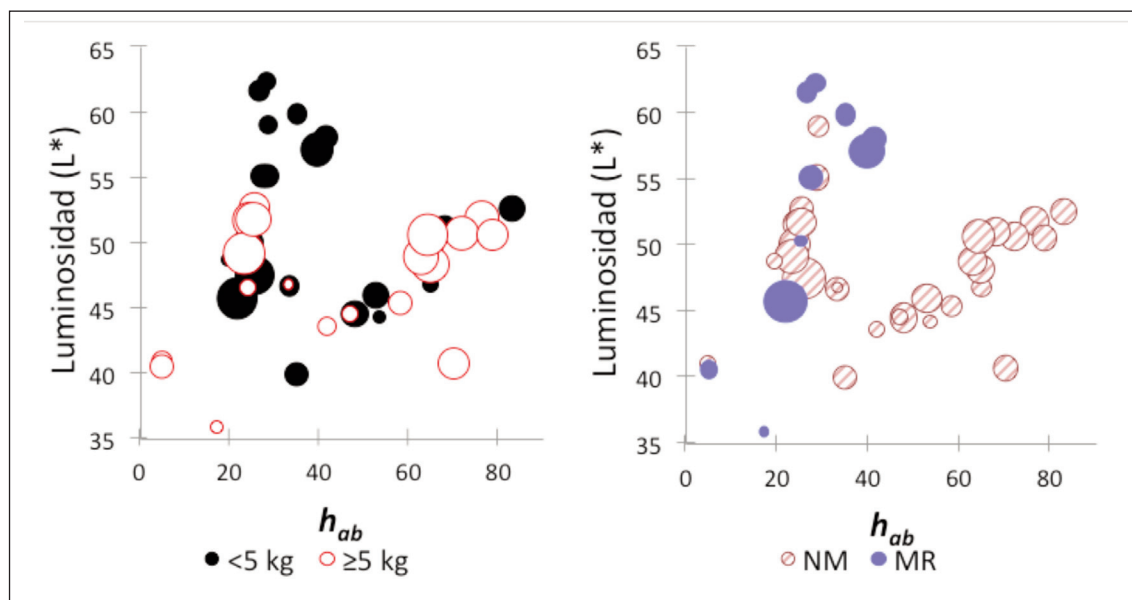


Figura 3. Luminosidad ( $L^*$ ), tono ( $h_{ab}$ ) y saturación ( $C_{ab}^*$ ) de la carne de cabrito lechal según su peso de canal caliente y el sistema de lactancia.

MR, lactoreemplazantes; NM, leche de la madre. La saturación está representada por el tamaño de los puntos.

Figure 3. Lightness ( $L^*$ ), hue angle ( $h_{ab}$ ) and chroma ( $C_{ab}^*$ ) of suckling kid meat by carcass weight and rearing system.

MR, milk replacers; NM, natural milk. The size of dots shows the value of chroma.

medida con el incremento del tono. En la Figura 3 izquierda se observa como estos dos grupos de carne no están definidos por el peso de la canal caliente, ya que en los dos grupos encontramos canales más ligeras y más pesadas de 5 kg. Sin embargo, en la Figura 3 derecha sí se observa cómo el grupo con menor pendiente, en el que la luminosidad aumenta menos con el aumento del tono, está formado exclusivamente por animales alimentados con leche natural. Sin embargo, en el grupo de pendiente mayor, donde la luminosidad aumenta más con el aumento del tono, se observan animales de lactancia artificial y natural mezclados. Parece pues que los lactoreemplazantes dan lugar a una carne que se comporta de manera particular, con

grandes cambios de luminosidad cuando cambia el tono, aunque esto no está claro y habría que indagar más en futuras investigaciones.

Por otra parte, se podría pensar que estos dos grupos podrían deberse a diferencias metodológicas en la medida del color. Sin embargo, todos los estudios utilizan aparatos comparables del mismo fabricante, excepto Caputi-Jambrenghi *et al.* (2010). La mayoría de los artículos utilizan el espacio de color CIELab, mientras que dos de ellos utilizaron el espacio HunterLab. Yalcintan *et al.* (2018a) encontraron que la carne de cabritos alimentados con leche natural tuvo mayor luminosidad y tono que los de lactancia artificial. En el estudio de Bañón *et al.* (2006), la carne de lactancia artificial tuvo menos saturación y ma-

yor tono que la de lactancia natural. Sin embargo, Moreno-Indias *et al.* (2012) encontraron que el color no se modificaba por el lactoreemplazante. Por otra parte, De Palo *et al.* (2015) encontraron que las diferencias en color dependían del tipo de lactoreemplazante. A nivel de estudios individuales parece que no hay una conclusión clara al respecto de la influencia del tipo de lactancia ya que puede estar condicionada por las razas usadas y el tipo de lactoreemplazante. Sin embargo, al agrupar los datos de todos los estudios, se aprecia una influencia del sistema de lactancia, que actúa de distinta forma en función de los valores de luminosidad y tono de la carne.

En la Figura 4 se representan los valores encontrados en la bibliografía para las coordenadas  $a^*$ ,  $b^*$  y  $L^*$ , representada esta última por el tamaño del punto. El peso de la canal caliente (Figura 4, izquierda) no influyó la

distribución de estos parámetros de color, estando la carne de los dos pesos de canal repartidos homogéneamente en función de  $a^*$  y  $b^*$ . Sin embargo, en los datos segregados por sistemas de lactancia (Figura 4, derecha) se observa una clara tendencia a que la carne con valores más altos de  $b^*$  (por encima de 8) provenga de animales alimentados con lactancia natural, mientras que por debajo de este valor encontramos carnes de cabritos alimentados en los dos sistemas de lactancia. De forma similar, pero menos clara, vemos que la carne con valores de  $a^*$  menores de 6 es de animales de lactancia natural mientras que por encima de ese valor corresponde a animales criados en cualquiera de los dos sistemas. De acuerdo con esto, algunos autores encontraron que la carne de cabritos y corderos lechales alimentados con leche materna tuvo mayor tono, es decir, mayor índice

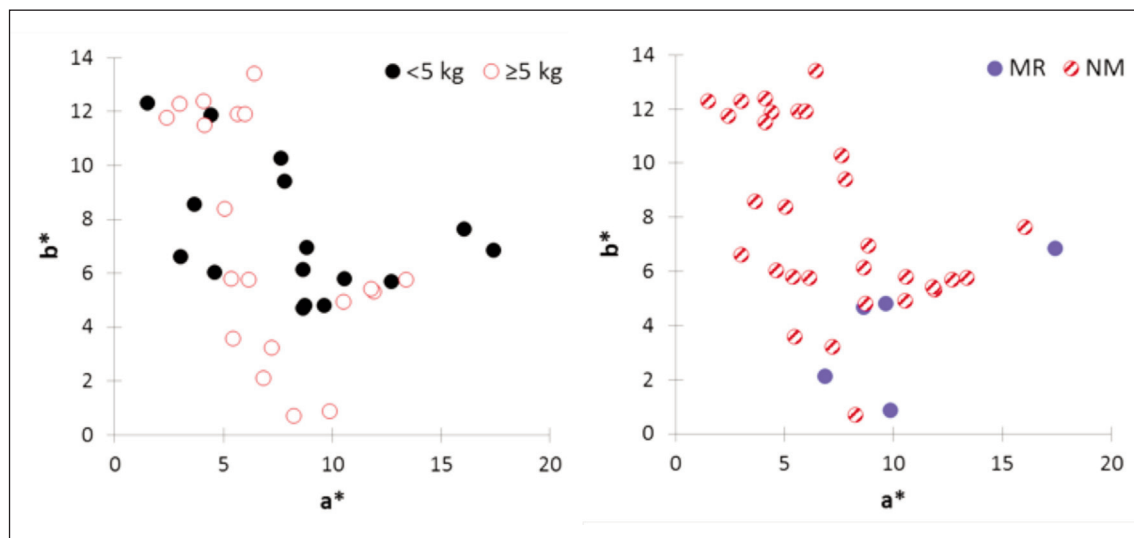


Figura 4. Índices de rojo ( $a^*$ ) y amarillo ( $b^*$ ) de la carne de cabrito lechal según su peso de canal caliente (izquierda) y el sistema de lactancia (derecha).

MR, lactoreemplazantes; NM, leche de la madre.

Figure 4. Red ( $a^*$ ) and yellow ( $b^*$ ) indexes of suckling kid meat by carcass weight (left) and rearing system (right).

MR, milk replacers; NM, natural milk.

de  $b^*$  menor de  $a^*$ , que la carne de animales alimentados con lactoreemplazantes (Osorio et al., 2008; De Palo et al., 2015; Yalcintan et al., 2018b). Estos autores justifican estas diferencias a diferencias en la cantidad de grasa intramuscular. Otros autores señalan que la leche materna puede tener deficiencias de hierro (Sañudo et al., 2012).

### Textura instrumental

Existe poca bibliografía que recoja datos de textura de carne de cabrito lechal en general, y aún menos de animales alimentados con lactoreemplazantes. En la Figura 5 se muestran los resultados de la fuerza de cizalla Warner-Bratzler y del método de compresión encontrados en la bibliografía. Mientras que múltiples estudios usaron el método de Warner-Bratzler, solo 2 estudios usaron el test de

compresión (Ripoll et al., 2012; Guerrero et al., 2016). En la Figura 5 vemos cómo los valores de fuerza Warner-Bratzler oscilan entre los 9 N y los 70 N aproximadamente, aunque la mayoría de los datos se encuentran en la horquilla de 25 N a 55 N, con una media de 37,5 N. Los valores mayores de 55 N corresponden a los estudios de un mismo equipo (Guzmán et al., 2019a y 2019b). Sin embargo, estos valores más altos no se pueden achacar a diferencias en la metodología. Este equipo usó una metodología estándar con un tiempo de cocinado de 30 min a 75 °C. Las temperaturas de cocinado de otros estudios oscilan entre 70 °C y 85 °C durante un tiempo de 30 min a 45 min. Dos artículos cocinan la carne hasta una temperatura en el centro de la muestra de 75 °C y uno hasta 70 °C. Respecto a la forma de hacer las submuestras, se utilizan los dos sistemas más extendidos, con

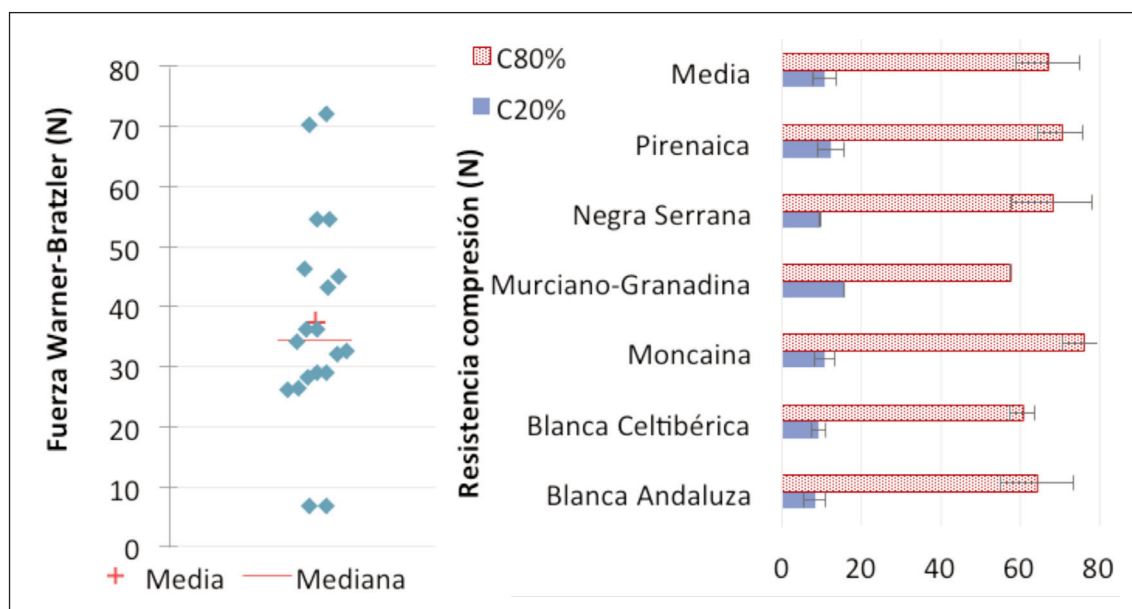


Figura 5. Fuerza máxima de cizalla Warner-Bratzler en Newtons (izquierda) y resistencia a la compresión en Newtons (derecha) de carne de cabrito lechal.

Figure 5. Warner-Bratzler shear force in Newtons (left) and compression force in Newtons (right) of suckling kid meat.

submuestras de sección circular o cuadrada, pero esto no influyó en la distribución de los valores de la dureza. Miller et al. (2001) trabajando con vacuno, encontraron que para los consumidores, la transición entre carne dura y tierna ocurre entre los 42 N y 48 N. Otros autores (Webb et al., 2005) encontraron valores similares a los de Miller et al. (2001). Así pues, vemos cómo la mayor parte de la carne de cabrito lechal se puede considerar tierna. La principal causa de la dureza es la cantidad de enlaces cruzados resistentes al calor del epi-, peri- y endomisio. El colágeno de los animales viejos es menos soluble que el de los jóvenes así que cuando la carne se cocina se solubiliza menos, aunque se debiliten los enlaces cruzados, resultando en una carne más dura (Warris, 2000).

Respecto del método de compresión, se observa cómo hay diferencias entre razas tanto en la compresión al 20 % como al 80 %. Sin embargo, esta comparación se limita a los datos de dos estudios. Este método proporciona una información muy útil sobre la textura de la carne, pero su uso no está tan extendido como el de Warner-Bratzler. Está ampliamente aceptado que la compresión a ratios bajas, como el 20 %, mide la resistencia mecánica debida a la miofibra muscular ya que con esta ratio de compresión el tejido conectivo no se comprime, sino que solo se pliega, mientras que la compresión a ratios altas (80 %) sí que mide la aportación a la dureza del tejido conectivo (Lepetit, 1989). El pH también influye sobre la dureza y lo hace tanto por el valor del pH último como por la velocidad a la que se desarrolla la glucólisis *post-mortem*. Así, la dureza es mínima cuando el valor de pH último se alcanza a una velocidad moderada, mientras que si es muy rápida o muy lenta la dureza es mayor (Smulders et al., 1990). Entre los factores estudiados en los artículos de la revisión se encuentran el peso del animal, que no modificó la dureza medida con la célula Warner-Bratzler según

Juárez et al. (2009) y Yalcintan et al. (2018a), aunque Ripoll et al. (2012) sí que encontraron que la carne de canales más pesadas fue menos dura. El uso de lactoreemplazantes tampoco afectó a la dureza (Moreno-Indias et al., 2012; De Palo et al., 2015; Yalcintan et al., 2018a), al igual que la cría en granjas ecológicas o el sexo (Guzmán et al., 2019a y 2019b). Sin embargo, Caputi-Jambrenghi et al. (2010) encontraron que la intensificación del sistema de manejo de las madres sí modificó la textura de la carne del cabrito. Otros efectos importantes fueron el manejo estresante de los animales y la duración del transporte al matadero (Alcalde et al., 2017).

### **Ácidos grasos y compuestos aromáticos**

En las Figuras 6 y 7 se muestran los porcentajes del total de ácidos grasos saturados e insaturados y de la ratio n-6/n-3. En la Figura 6 se observa cómo el porcentaje de ácidos grasos saturados va desde 38,1 % hasta un 54,8 %, mientras que los insaturados estuvieron entre el 45,2 % y el 60,6 %. Por estar muy desequilibrado el número de estudios no se pueden comparar sistemas de lactancia, pero se observa en la Figura 6 cómo, en general, el porcentaje de ácidos grasos saturados de la carne de canales muy ligeras (<5 kg) se mueve en el intervalo 41,2 % a 54,8 % mientras que la carne de canales ligeras (≥5 kg) presentaron valores inferiores, en el intervalo de 38,1 % a 46,2 %. Evidentemente, la lectura de los ácidos grasos insaturados fue la inversa ya que los datos son complementarios. Los estudios que compararon el uso de lactoreemplazantes con leche materna concluyeron que los lactoreemplazantes aumentaron el porcentaje de ácidos grasos insaturados disminuyendo el de saturados (De Palo et al., 2015; Tsiplakou et al., 2016). La correlación entre el porcentaje de grasa intramuscular y el porcentaje de ácidos grasos saturados no fue significativa ( $p > 0,05$ ). Esta ausencia de correlación pudo ser debida

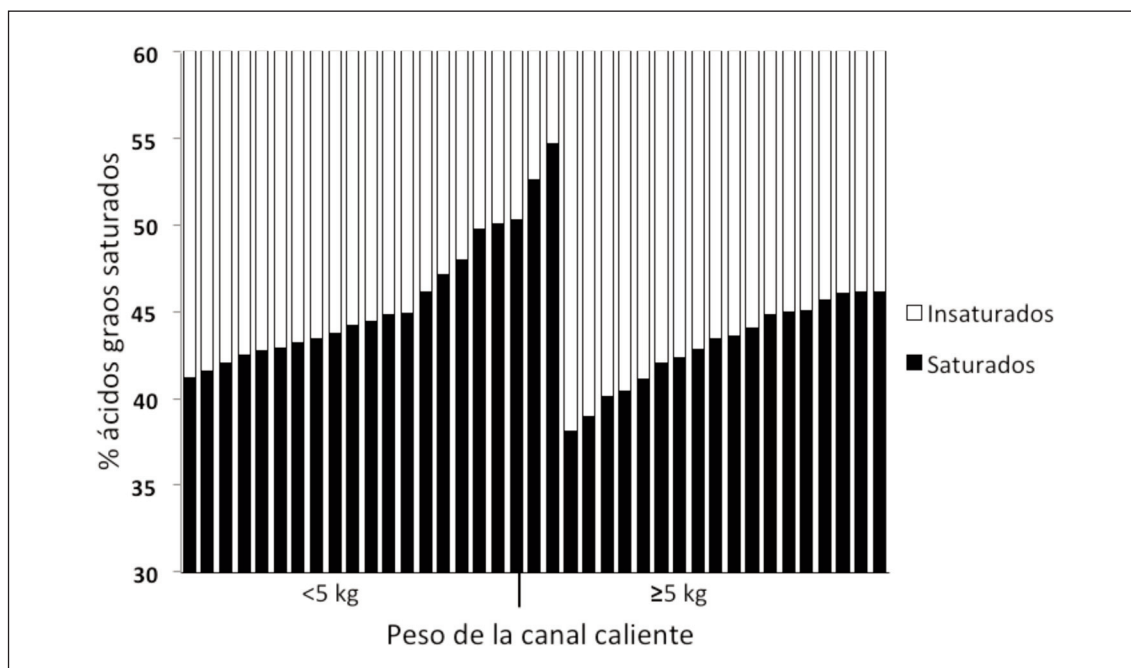


Figura 6. Porcentaje de ácidos grasos saturados e insaturados de la grasa intramuscular en función del peso de canal caliente.

Figure 6. Percentage of saturated and unsaturated fatty acids of intramuscular fat by hot carcass weight.

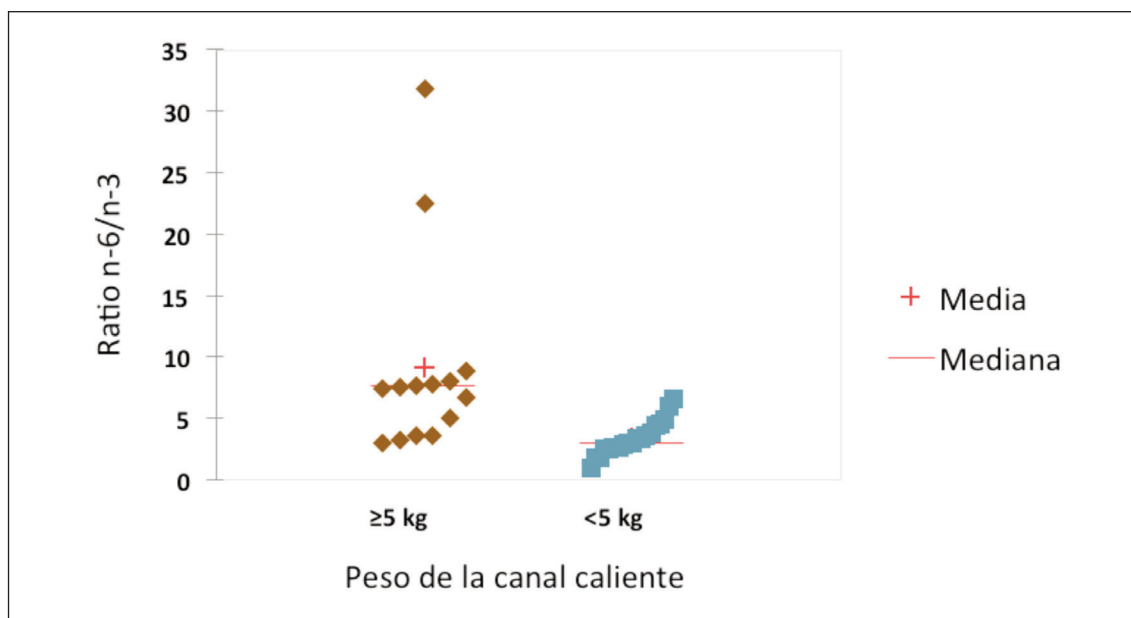


Figura 7. Ratio n-6/n-3 de los ácidos grasos de la grasa intramuscular.

Figure 7. n-6/n-3 ratio of fatty acids of intramuscular fat.

principalmente a la escasa cantidad de grasa intramuscular y el pequeño rango de valores, aunque otros factores como cuestiones metodológicas y el sistema de manejo y alimentación de los animales también pudieron afectar.

Respecto de la relación de los ácidos grasos insaturados n-6/n-3, se observa en la bibliografía que la ratio n-6/n-3 de la grasa intramuscular de canales de cabrito lechal con peso menor a 5 kg fue menor (3,4) que la de la grasa de canales con peso mayor a 5 kg (9,0). Sin embargo, como se observa en la Figura 7, esta media está influida por los valores de los dos lotes de cabritos presentados por Tsiplakou et al. (2016), que fueron mucho mayores que el resto. Sin tener en cuenta este estudio, el rango de valores para la ratio n-6/n-3 de las canales de menos de 5 kg fue de 1,0 a 6,6 mientras que para las canales de más de 5 kg fue de 3,1 a 8,9; así que las canales más ligeras siguen teniendo una ratio más favorable desde el punto de vista saludable, aunque en general tenían mayor porcentaje de ácidos grasos saturados. Los estudios que compararon el uso de lactoreemplazantes con leche materna concluyeron que los lactoreemplazantes aumentaron relación n-6/n-3 (De Palo et al., 2015; Tsiplakou et al., 2016). Las recomendaciones nutricionales comúnmente aceptadas para los humanos son la disminución del contenido graso en la dieta, una mayor ingesta de ácidos grasos insaturados, evitar la configuración *trans*, y que esta grasa tenga una relación de ácidos grasos poliinsaturados n-6/n-3 inferior a 4 (Wood et al., 2004).

En la bibliografía estudiada no se han encontrado resultados de ácidos grasos de cadena ramificada. A la vista de los resultados de los estudios de la bibliografía recopilada, no queda claro si este tipo de ácidos grasos ramificados no se han encontrado porque no se hallan presentes en la carne de cabrito o por la metodología empleada, p.ej. la longitud de la columna cromatográfica emple-

ada. Otro problema metodológico a la hora de comparar estudios es que, al estar los resultados de los ácidos grasos individuales en porcentaje respecto del total de ácidos grasos detectados, estos resultados son dependientes de la precisión y el número de ácidos grasos detectados.

## Conclusiones

Esta revisión resume los principales resultados encontrados en la bibliografía sobre la calidad instrumental del músculo *longissimus thoracis et lumborum* de cabritos de menos de 13 kg de peso vivo, alimentados exclusivamente con leche, ya sea natural o artificial. Sin embargo, debido a la escasa información encontrada las conclusiones obtenidas deben servir para orientar futuros estudios.

Las canales se distribuyeron en dos grandes grupos por peso separadas por el umbral de 5 kg. Estos dos grupos concuerdan con los pesos de canal que con más frecuencia se comercializan en España, canales más pesadas en el Norte y más ligeras en el Sur. La carne de canales más pesadas tuvo mayor contenido en grasa intramuscular con mayor porcentaje de ácidos grasos insaturados. Sin embargo, no se apreció una influencia del peso de la canal sobre el pH, el porcentaje de proteína, la dureza ni el color instrumental.

El pH de la carne de cabrito lechal tiende a ser alto, con gran parte de los datos mayores de 5,7, pero no se ha encontrado efecto del pH sobre los parámetros de calidad.

El sistema de lactancia no modificó la composición proximal de la carne, ni su pH o textura pero sí influyó en el color de la carne. La carne de cabritos alimentados con leche natural presentó un índice de amarillo más alto que la carne de cabritos alimentados con lactoreemplazantes. También se observó que el

uso de lactoreemplazantes aumentó el porcentaje de ácidos grasos insaturados y la relación n-6/n-3.

Existe muy poca información científica sobre la calidad instrumental de la carne de cabritos ligeros y la mayoría de la bibliografía es española. Teniendo en cuenta que los problemas estructurales del sector sitúan a 19 de las 22 razas autóctonas españolas al borde de la extinción, serían necesarios más estudios para cubrir esta laguna de conocimiento.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a los ganaderos, las asociaciones de ganaderos y al personal del CITA de Aragón por su colaboración. Este estudio ha sido financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España y FEDER (RTA2012-23-C3), y los fondos para los grupos de investigación del Gobierno de Aragón (A14-17R SAGAS).

### Material complementario

El material complementario de este artículo se puede consultar en la URL <https://doi.org/10.12706/itea.2020.016>

### Referencias bibliográficas

- Alcalde MJ, Ripoll G, Panea B (2010). La producción de carne caprina en Andalucía. En: La producción de carne en Andalucía. (Eds. Horcada AL), pp. 317-340. Junta de Andalucía. Sevilla, España.
- Alcalde MJ, Suárez MD, Rodero E, Álvarez R, Sáez MI, Martínez TF (2017). Effects of farm management practices and transport duration on stress response and meat quality traits of suckling goat kids. *Animal* 11: 1626-1635. <https://doi.org/10.1017/S1751731116002858>
- Bañón S, Vila R, Price A, Ferrandini E, Garrido MD (2006). Effects of goat milk or milk replacer diet on meat quality and fat composition of suckling goat kids. *Meat Science* 72: 216-221. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.07.004>
- BOE (2011). Resolución de 19 de diciembre de 2011, de la Dirección General de Recursos Agrícolas y Ganaderos, por la que se aprueba la guía del etiquetado facultativo de carne de cordero y cabrito. *Boletín Oficial del Estado* núm. 314, de 30 de diciembre de 2011, pp. 146362-146367.
- Caputi-Jambrenghi A, Colonna M, Giannico F, Coluccia A (2010). Meat quality in suckling kids reared by different production systems. *Progress in Nutrition* 11: 36-46.
- Casey NH, Webb EC (2010). Managing goat production for meat quality. *Small Ruminant Research* 89: 218-224. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.12.047>
- Castel JM, Mena Y, Ruiz FA, Gutiérrez R (2012). Situación y evolución de los sistemas de producción caprina en España. *Tierras Caprino* 1: 24-37.
- Castro N, Sanchez-Macias D, Moreno-Indias I, Morales-DelaNuez A, Arguello A, Capote J (2008). Effects of milk replacer supplementation with conjugated linoleic acid and live weight at slaughter on growth and carcass and meat quality of kids. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 7: 196-202.
- Chamorro A, Miranda FJ, Rubio S, Valero V (2012). Innovations and trends in meat consumption: An application of the delphi method in Spain. *Meat Science* 92: 816-822. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.07.007>
- Chilliard Y, Sauvant D, Bas P, Pascal G, Morand-Fehr P (1981). Importance relative et activités métaboliques des différents tissus adipeux de la chèvre laitière. En: *Nutrition and systems of goat feeding* (Eds. Morand-Fehr P, Bourbouze A y Simiane M), pp. 90-100. ITOVIC-INRA, Paris, Francia.
- De Palo P, Maggolino A, Centoducati N, Tateo A (2015). Effects of different milk replacers on carcass traits, meat quality, meat color and fatty acids profile of dairy goat kids. *Small Ruminant Research* 131: 6-11. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2015.09.001>

- Dhanda J, Taylor D, Murray P, Pegg R, Shand P (2003). Goat meat production: Present status and future possibilities. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 16: 1842-1852. <https://doi.org/10.5713/ajas.2003.1842>
- Eurostat. (2019). Eurostat. Agricultural statistics. Statistical Office of the European Communities. Disponible en: [appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/setupDownloads.do](https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/setupDownloads.do) (Consultado: 10 octubre 2019).
- FAO (2019). Faostat, food and agriculture data. Disponible en: [www.fao.org/faostat/en/](http://www.fao.org/faostat/en/) (Consultado: 10 octubre 2019).
- Forrest J, Aberle D, Hedrick B, Judge D, Merkel A (1979). *Fundamentos de ciencia de la carne*. Editorial acribia. Zaragoza, España, 21 pp.
- Guerrero A, Lemes JS, Campo MM, Olleta JL, Muela E, Resconi VC, Guerra VM, Assis-Macedo F, Sañudo C (2016). Características de la canal y de la carne en la raza caprina Bermeya. Comparación con el Ternasco de Aragón y lechales de la raza Murciano-Granadina. *ITEA-Informacion Tecnica Economica Agraria* 112: 271-285. <https://doi.org/10.12706/itea.2016.017>
- Guzmán JL, De-La-Vega F, Angel Zarazaga L, Argüello A, Delgado-Pertíñez M (2019a). Carcase and meat quality of Blanca Andaluza kids fed exclusively with milk from their dams under organic and conventional grazing-based management systems. *Italian Journal of Animal Science* 18: 1186-1191. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2019.1638317>
- Guzmán JL, de la Vega F, Zarazaga LÁ, Argüello A, Delgado-Pertíñez M (2019b). Carcass characteristics and meat quality of conventionally and organically reared suckling dairy goat kids of the Payoya breed. *Annals of Animal Science* 19: 1143-1159. <https://doi.org/10.2478/aoas-2019-0047>
- Hopkins DL, Fogarty NM (1998). Diverse lamb genotypes-2. Meat pH, colour and tenderness. *Meat Science* 49: 477-488. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)00051-5](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00051-5)
- Juárez M, Micheo JM, García E, Peña F, Polvillo O (2009). Efecto del peso de la canal sobre la calidad de la carne de "Chivo Lechal Malagueño". *ITEA-Informacion Tecnica Economica Agraria* 105: 28-35.
- Kesava Rao V, Kowale BN, Verma AK (2003). Effect of feeding water washed neem (*Azadirachta indica*) seed kernel cake on the quality, lipid profile and fatty acid composition of goat meat. *Small Ruminant Research* 47: 213-219. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(02\)00256-0](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(02)00256-0)
- Lawrie RA (1998). *Meat science* 3<sup>th</sup> ed. Acribia, S.A, Zaragoza, España, 367 pp.
- Lepetit J (1989). Deformation of collagenous, elastin and muscle fibres in raw meat in relation to anisotropy and length ratio. *Meat Science* 26: 47-66. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(89\)90056-9](https://doi.org/10.1016/0309-1740(89)90056-9)
- MacDougall DB (1982). Changes in the colour and opacity of meat. *Food Chemistry* 9: 75-88. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(82\)90070-X](https://doi.org/10.1016/0308-8146(82)90070-X)
- Mancini RA, Hunt MC (2005). Current research in meat color. *Meat Science* 71: 100-121. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.03.003>
- MAPA (2019a). Datos estadísticos del ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Disponible en: [www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/](http://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/) (Consultado: 14 octubre 2019).
- MAPA (2019b). Encuesta de sacrificio de ganado del ministerio de agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente. Resultados definitivos por provincias y comunidades autónomas de años anteriores (censo exhaustivo). Disponible en: [www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/ganaderia/encuestas-sacrificio-ganado/](http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/ganaderia/encuestas-sacrificio-ganado/) (Consultado: 14 octubre 2019).
- Marsico G, Vicenti A, Centoducati P, Braghieri A (1993). Influence of weaning age on productive performance of kids slaughtered at 107 days of age. *Small Ruminant Research* 12: 321-328. [https://doi.org/10.1016/0921-4488\(93\)90067-R](https://doi.org/10.1016/0921-4488(93)90067-R)
- Martín-Cerdeño VJ (2018). Consumo y gasto en carne y productos cárnicos. *Distribución y Consumo* 2: 5-14.
- Miller MF, Carr MA, Ramsey CB, Crockett KL, Hoover LC (2001). Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness. *Journal of Animal Science* 79: 3062-3068. <https://doi.org/10.2527/2001.79123062x>

- Moreno-Indias I, Morales-de la Nuez A, Hernandez-Castellano L, Sanchez-Macias D, Capote J, Castro N, Argüello A (2012). Docosaheptaenoic acid in the goat kid diet: Effects on immune system and meat quality. *Journal of Animal Science* 90: 3729-3738. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4351>
- Norman G, Lawrie R (1991). The potential of meat from the goat. En: *Developments in meat science* (Eds. Lawrie RA), pp. 57-87. Elsevier Applied Science, Londres, Reino Unido.
- Osorio MT, Zumalacárregui JM, Cabeza EA, Figueira A, Mateo J (2008). Effect of rearing system on some meat quality traits and volatile compounds of suckling lamb meat. *Small Ruminant Research* 78: 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2008.03.015>
- Panea B, Ripoll G, Sañudo C, Alcalde MJ, Horcada A, Teixeira A (2008). Estudio integral del cabrito lechal español. Una propuesta de indicación geográfica protegida y de clasificación. *Feagas* 34: 61-66.
- Panea B, Ripoll G, Sañudo C, Teixeira A, Horcada A, Alcalde MJ (2010). Estudio mediante encuesta del primer eslabón del canal de distribución de la carne de cabrito. XXXV Congreso de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, 22-24 de septiembre de 2010. Valladolid, España, pp. 466-469.
- Peña F, Herrera M, Subires J, Aparicio J (1985). Consumo de leche y crecimiento en peso vivo en chivos de raza Malagueña durante la fase de lactación. *Archivos de Zootecnia* 34: 301-314.
- Ponnampalam EN, Hopkins DL, Bruce H, Li D, Baldi G, Bekhit AE-d (2017). Causes and contributing factors to "dark cutting" meat: Current trends and future directions: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 16: 400-430. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12258>
- Pophiwa P, Webb EC, Frylinck L (2020). A review of factors affecting goat meat quality and mitigating strategies. *Small Ruminant Research* 183: 106035. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.106035>
- Price JF, Schweighet BS (1994). *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos*. Editorial Acribia S.A, Zaragoza, España, 581 pp.
- Ripoll G, Alcalde MJ, Horcada A, Panea B (2011). Suckling kid breed and slaughter weight discrimination using muscle colour and visible reflectance. *Meat Science* 87: 151-156. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.10.006>
- Ripoll G, Alcalde MJ, Horcada A, Campo MM, Sañudo C, Teixeira A, Panea B (2012). Effect of slaughter weight and breed on instrumental and sensory meat quality of suckling kids. *Meat Science* 92: 62-70. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.04.011>
- Sanz-Sampelayo M, Fernández J, Ramos E, Hermoso R, Extremera F, Boza J (2006). Effect of providing a polyunsaturated fatty acid-rich protected fat to lactating goats on growth and body composition of suckling goat kids. *Animal Science* 82: 337-344. <https://doi.org/10.1079/ASC200646>
- Sañudo C, Campo MM, Muela E, Olleta JL, Delfa R, Jiménez-Badillo R, Alcalde MJ, Horcada A, Oliveira I, Cilla I (2012). Carcass characteristics and instrumental meat quality of suckling kids and lambs. *Spanish Journal of Agricultural Research* 10: 690-700. <https://doi.org/10.5424/sjar/2012103-670-11>
- Scheffler TL, Park S, Gerrard DE (2011). Lessons to learn about postmortem metabolism using the AMPK 3<sup>R200Q</sup> mutation in the pig. *Meat Science* 89: 244-250. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.04.030>
- SEOC (2013). Informe de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia (SEOC) del sector ovino y caprino en España: Año 2012. Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, Madrid, España. 249 pp.
- Smulders F, Marsh B, Swartz D, Russell R, Hoencke M (1990). Beef tenderness and sarcomere length. *Meat Science* 28: 349-363. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(90\)90048-B](https://doi.org/10.1016/0309-1740(90)90048-B)
- Thompson J (2002). Managing meat tenderness. *Meat Science* 62: 295-308. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00126-2](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00126-2)
- Tsiplakou E, Papadomichelakis G, Sparaggis D, Sotirakoglou K, Georgiadou M, Zervas G (2016). The effect of maternal or artificial milk, age and sex on three muscles fatty acid profile of Damascus breed goat kids. *Livestock Science* 188: 142-152. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.04.014>

- Van Laack R, Kauffman R, Greaser M (2001). Determinants of ultimate pH of meat. 47 International Congress of Meat Science and Technology, 26-31 agosto, Kraków, Poland, pp. 22-27.
- Warriss P (2000). Meat science. An introductory text. CABI Publishing, Nueva York, EEUU. 310 pp.
- Webb EC, Casey NH, Simela L (2005). Goat meat quality. *Small Ruminant Research* 60: 153-166. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.06.009>
- Wood JD, Richardson RI, Nute GR, Fisher AV, Campo MM, Kasapidou E, Sheard PR, Enser M (2004). Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science* 66: 21-32. [https://doi.org/10.1016/s0309-1740\(03\)00022-6](https://doi.org/10.1016/s0309-1740(03)00022-6)
- Yalcintan H, Akin PD, Ozturk N, Ekiz B, Kocak O, Yilmaz A (2018a). Carcass and meat quality traits of Saanen goat kids reared under natural and artificial systems and slaughtered at different ages. *Acta Veterinaria Brno* 87: 293-300. <https://doi.org/10.2754/avb201887030293>
- Yalcintan H, Ekiz B, Ozcan M (2018b). Comparison of meat quality characteristics and fatty acid composition of finished goat kids from indigenous and dairy breeds. *Tropical Animal Health and Production* 50: 1261-1269. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1553-3>

(Aceptado para publicación el 11 de junio de 2020)

## Comparación del sistema de ordeño convencional y robotizado para los parámetros de composición y calidad de leche, en sistema a pastoreo

Juan Pablo Avilez\*, Pía Meyer y Jorge Luis Meyer

Departamento de Medicina Veterinaria, Universidad Católica de Temuco, Temuco, Chile

### Resumen

El objetivo de este estudio fue comparar el impacto productivo (kg día<sup>-1</sup> de leche por vaca), calidad nutricional (cantidad de grasa y proteína) y microbiológica (RCS) de la leche, en un rebaño lechero que pasó de una ordeña convencional a una robotizada, con sistemas de alimentación en base a pradera. Se utilizaron datos de 12 meses para cada sistema, 2017 para la ordeña convencional y 2018 para la ordeña robotizada. Se obtuvieron datos del control lechero para el ordeño convencional y del equipo de ordeña marca Lely Astronaut A4 para el ordeño robotizado. Los datos fueron sometidos a un análisis comparativo a través prueba de t de *student*. El sistema robotizado presentó significativamente ( $p > 0,05$ ) una mayor producción de leche ( $24,18 \pm 2,76$  L) y de grasa ( $4,12 \pm 0,34$  %) en relación a la ordeña convencional ( $22,62 \pm 4,16$  L y  $4,03 \pm 0,39$  % de grasa). Por otro lado el RCS fue significativamente mayor ( $p > 0,05$ ) en la ordeña robotizada ( $221,56 \pm 62,96 \times 10^3$  células ml<sup>-1</sup>) en relación a la convencional ( $213,56 \pm 94,88 \times 10^3$  células ml<sup>-1</sup>).

**Palabras clave:** Ordeña a robot, calidad nutricional, sanitaria de la leche.

### Comparison of the conventional and robotic milking system for the parameters of composition and quality of milk, in grazing system

#### Abstract

The objective of this study was to compare the productive impact (kg day<sup>-1</sup> of milk per cow), nutritional and microbiological quality of milk, in a dairy herd when moving from a conventional milking to a robotized one with feeding systems based on grassland. 12-month data were used for each system, which were obtained from the dairy control for conventional milking and from Lely Astronaut A4 milking equipment for robotic milking. The data were subjected to a comparative analysis through the student's t-test. The robotic system showed significantly ( $p > 0.05$ ) a higher milk ( $24.18 \pm 2.76$  L) and fat ( $4.12 \pm 0.34$  %) production in relation to conventional milking ( $22.62 \pm 4.16$  L and  $4.03 \pm 0.39$  % fat). On the other hand, the RCS was significantly higher ( $p > 0.05$ ) in the robotic milking ( $221.56 \pm 62.96 \times 10^3$  cells ml<sup>-1</sup>) in relation to the conventional one ( $213.56 \pm 94.88 \times 10^3$  cells ml<sup>-1</sup>).

**Keywords:** Milk a robot, nutritional, sanitary quality of milk.

---

\* Autor para correspondencia: jpavilez@uct.cl

Cita del artículo: Avilez JP, Meyer P, y Meyer JL (2021). Comparación del sistema de ordeño convencional y robotizado para los parámetros de composición y calidad de leche, en sistema a pastoreo. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 117(2): 162-172. <https://doi.org/10.12706/itea.2020.018>

## Introducción

En Chile, la Región de Los Ríos y Los Lagos produce el 80 % de la leche del país, alcanzado un total de 1.686.103.439 L anuales (ODEPA, 2017). Esto es debido a que las características climáticas de la zona sur permiten el desarrollo de la producción lechera en sistemas basados a pastoreo (Navarro, 2006).

La ordeña es fundamentalmente con equipo mecanizado convencional, que de acuerdo con los predios tienen mayor o menor tecnología (Carrillo et al., 2011). Por otro lado, en Chile cada vez es más difícil encontrar mano de obra en las regiones lecheras, debido al aumento de la acuicultura en estas regiones, lo cual ha ocasionado una migración de la fuerza laboral a sectores más rentables, o también al poco interés de los trabajadores por las labores agrícolas, que en el caso europeo ha generado migraciones de otros países para suplir esta mano de obra (Amtmann y Blanco, 2001). Debido a esto, en los últimos años en Europa comenzó a aparecer el sistema de ordeña robotizada, mejorando la calidad de vida de los productores lecheros, existiendo actualmente alrededor de 35.000 unidades robotizadas en todo el mundo (Salfer et al., 2017). Los motivos para invertir en el robot de ordeño son diversos: disminución de trabajo, flexibilidad laboral, posibilidad de ordeñar las vacas más de 2 veces al día, substitución de un empleado reduciendo los errores en los procedimientos y una menor contaminación de la leche (Hogveen et al., 2004).

La ordeña robotizada comenzó y ha sido bien desarrollada en sistemas con estabulación exclusiva, donde los animales tienen a disposición un patio de alimentación y reciben una ración total mezclada, lo que permite a las vacas tener un consumo adecuado para responder a altos niveles de producción de leche.

En los últimos años la ordeña robotizada ha ingresado a sistemas productivos con alimentación en base a praderas, siendo la principal diferencia con el sistema robotizado estabulado la complejidad que debe tener el manejo de la pradera en el ingreso y salida de las vacas desde el robot a la pradera. Por otro lado, la vaca debe recorrer grandes distancias desde la pradera a la sala de ordeña y sumado al constante cambio de las praderas en calidad y cantidad, hacen que exista una organización de los potreros. Lo anterior, con el objeto de que no existan limitaciones en la ingesta de materia seca y con ello se perjudique el nivel productivo de las vacas (Jiang et al., 2017; Lyons et al., 2014).

Chile es el primer país en América del Sur en introducir la ordeña robotizada, teniendo en la actualidad la empresa lechera con sistema robotizado más grande del mundo (Valenzuela, 2017). En la Región de los Ríos en Chile se han instalado robots en planteles lecheros que sostienen su producción con alimentación a base de praderas, el cual posterior a la instalación del robot se debe modificar, esto puede alterar la frecuencia de ordeña y el rendimiento productivo, manteniendo o disminuyendo la mano de obra pero logrando una mayor producción por vaca, que puede ir de un 6 % a 28 % para la producción de leche y una disminución de 18 % en mano de obra (Rodenburg, 2017). Sin embargo, en el caso chileno no se ha reportado el efecto productivo de pasar de una ordeña convencional a una robotizada en los sistemas con base pradera. Es por ello por lo que el objetivo de este trabajo fue comparar el efecto de pasar de una ordeña convencional a una robotizada en los parámetros de cantidad de leche ( $L\ día^{-1}$ ), calidad nutricional de la leche en proteína y grasa, y calidad microbiológica de la leche a través del recuento de células somáticas de leche, en sistema un predio lechero con alimentación a base de pradera.

## Material y métodos

### Sector

El sector utilizado para el estudio fue el predio ubicado 740° 34' 21" S y 073° 08' 07" W sector Filuco, Río Bueno, en la Región de los Ríos a la altura de 450 m sobre el nivel del mar. El predio se encuentra en el valle central de Chile y posee un clima húmedo-templado con una precipitación media de 1330 mm por año y con temperaturas medias de 12,2 °C.

### Equipo utilizado

El equipo de ordeña convencional utilizado fue el De Laval espina de pescado con 12 unidades, modelo 1994 (para 90 vacas día<sup>-1</sup>, con un tiempo de ordeña de 4 ± 0,5 h total desde el arreo del potrero a la limpieza del equipo).

El equipo de ordeña robotizada utilizado fue LELY ASTRONAUT A4 para unas 60 vacas.

### Animales

Se utilizaron datos productivos de 76 vacas lecheras de la raza Frison Rojo de un nivel productivo en el año 2016 de 19,62 ± 3,45 kg día<sup>-1</sup>, de 1 a 8 partos.

## Alimentación utilizada

La alimentación en el año 2017 es a base pradera, compuesta por *Lolium perenne* y *Trifolium repens* en una superficie de 42,5 ha. La calidad de la pradera en energía Mcal EM<sup>-1</sup> (kg MS) y cantidad de proteína (10,1 % a 24,8 %) varió dependiendo la época del año. El concentrado utilizado fue un pellet comercial de 2,2 Mcal EM<sup>-1</sup> a 3,1 Mcal EM<sup>-1</sup> (kg MS) y un nivel proteico 12 % a 22 %, suministrado como suplemento a la pradera, dependiendo del nivel productivo del animal y la época del año (Tabla 1) en una cantidad de 4,3 ± 1,7 kg día<sup>-1</sup> (rango 0 - 10,18 kg día<sup>-1</sup>) repartido durante las 2 ordeñas al día en el sistema convencional.

En la ordeña robotizada en el año 2018 se utilizó el mismo sistema de alimentación a base de praderas. En este periodo el manejo de la pradera consistió en dividir la superficie disponible de la pradera en bloques de parcelas, en torno al sector donde estaba ubicado el robot. Las vacas fueron rotando por las parcelas, pasando previamente por el sector del robot, permitiendo a los animales ingresar a las parcelas con mayor disponibilidad de forraje. En el Robot el concentrado fue repartido de

Tabla 1. Características nutricionales del alimento.  
Table 1. Nutritional characteristics of the food.

| Composición química (% Base MS - Materia seca)              | Primavera | Invierno | Concentrado     |
|-------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------------|
| MS (%)                                                      | 18,4      | 34,7     | 86,2            |
| Proteína cruda (%)                                          | 24,8      | 10,1     | Rango 12 a 22   |
| Extracto etéreo (%)                                         | 1,5       | 0,1      | 4,5             |
| Fibra cruda (%)                                             | 17,5      | 43,1     | 34,2            |
| Fibra detergente neutro (%)                                 | 25        | 23,8     | 18,5            |
| Fibra detergente ácido (%)                                  | 42,6      | 26,5     | 32,5            |
| Cenizas (%)                                                 | 9         | 4        | 4,5             |
| Energía Metabolizable (Mcal kg <sup>-1</sup> ) <sup>a</sup> | 2,43      | 2,02     | Rango 2,2 a 3,1 |

MS = Materia Seca. <sup>a</sup>Estimada de acuerdo a NRC (2001).

acuerdo con el número de veces que la vaca ingresa a la sala de ordeña (de acuerdo con el nivel productivo), mediante el sistema de tuberías de dosificación de alimento. El peso de la cantidad de alimento se especifica y ajusta en E-Link. T4C que suministra la información relativa a la cantidad de alimento correspondiente a la vaca identificada.

### Medición de parámetros

En la ordeña convencional (año 2017), la producción de leche (L leche día<sup>-1</sup>), calidad nutricional (cantidad de grasa y de proteína) y calidad microbiológica de la leche (RCS, Recuento de células somáticas) se determinó a través del control lechero mensual. Para ello se utilizó un equipo de medición Waikato® y se tomó una muestra de leche de 30 ml (al que se le añadieron 0,03 g de dicromato de potasio al 0,1 % como conservante) por vaca, para analizar en laboratorio la grasa y proteína, usando un espectrofotómetro infrarrojo (Foss 4200 Milko-scan; Foss Electric, Dinamarca). El RCS ( $\times 10^3$  cel. ml<sup>-1</sup>) se determinó usando el equipo Fossomatic Electronic Cell Counter (Fossomatic 5000, Hillerød, Denmark).

El equipo de ordeña robotizada LELY ASTRONAUT A4 midió la producción (L leche día<sup>-1</sup>) y la calidad de la leche con el Milk Quality Control, versión 2 (MQC-2). El MQC-2 instalado en el brazo inferior del robot mide: flujo de leche, color de la leche, conductividad de la leche y temperatura de la leche. Los datos medidos se almacenaron en el sistema de control del ASTRONAUT A4. El MQC-2 va conectado a la red del bus CAN del ASTRONAUT A4.

### Análisis estadístico

Los datos analizados fueron producción de leche (kg día<sup>-1</sup>), % de grasa, % de proteínas y RCS  $\times 10^3$  cel. ml<sup>-1</sup> del control lechero del año 2017 para la ordeña convencional, y los datos

de producción de leche (kg día<sup>-1</sup>), % de grasa, % de proteínas y RCS  $\times 10^3$  cel. ml<sup>-1</sup> generados los meses del 2018 en la ordeña robotizada. Estos datos fueron llevados a una tabla de Microsoft Excel 2010 y en el programa SPSS Statistics de SPSS de Windows 18.0 package (SPSS Inc., Chicago, IL, USA), donde se realizó la prueba de t de *student* con un  $p < 0,05$ , de acuerdo al siguiente modelo estadístico:

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

donde  $Y_{ijk}$  es la variable dependiente;  $\mu$  = media;  $T_i$  = efecto fijo del tratamiento i grupo (efecto de ordeñadora);  $\varepsilon_{ijk}$  = efecto aleatorio.

### Resultados y discusión

En producción de leche, % de grasa y en recuento de RCS se observó diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ), no así en los otros parámetros productivos analizados, entre el sistema de ordeña convencional y el robotizado (Tabla 2).

Existen pocos estudios relacionados con la producción de leche utilizando ordeña robotizada en pastoreo. En general los estudios en sistemas de confinamiento indican que la producción de leche por vaca mejora, debido a la mayor frecuencia de ordeño (Klei *et al.*, 1997), aumentando el rendimiento de la leche de un 2 % a un 8 % (Svennersten-Sjaunja y Pettersson, 2008). De Marchi *et al.* (2016) señalan un aumento de 3,4 % en la producción de leche en productores que pasan de un sistema convencional a un sistema robotizado de vacas en confinamiento, atribuyendo esta situación a una relación directa entre la mayor frecuencia de ordeño y la secreción de leche.

Por otro lado, se debe tener en cuenta que un aumento de la frecuencia de ordeño en sistemas robotizados no siempre dará como resultado un aumento en la producción de

Tabla 2. Producción, grasa, proteína y recuento de células somáticas (RCS) de la leche en el sistema de ordeña convencional y en el robotizado.

Table 2. Production, fat, protein and somatic cell count (RCS) in milk using the conventional milking or robotic milking system.

|                                             | Convencional (M $\pm$ DS) | Robotizada (M $\pm$ DS) | p*    |
|---------------------------------------------|---------------------------|-------------------------|-------|
| Producción de leche (kg d <sup>-1</sup> )   | 22,62 $\pm$ 4,16          | 24,18 $\pm$ 2,76        | 0,000 |
| % Grasa                                     | 4,03 $\pm$ 0,39           | 4,12 $\pm$ 0,34         | 0,002 |
| Grasa (kg d <sup>-1</sup> )                 | 0,911 $\pm$ 0,0891        | 0,997 $\pm$ 0,0844      | 0,070 |
| % Proteína                                  | 3,50 $\pm$ 0,11           | 3,48 $\pm$ 0,09         | 0,271 |
| Proteína (kg d <sup>-1</sup> )              | 0,792 $\pm$ 0,0249        | 0,841 $\pm$ 0,024       | 0,854 |
| RCS ( $\times 10^3$ cel. ml <sup>-1</sup> ) | 213,56 $\pm$ 94,88        | 221,56 $\pm$ 62,96      | 0,000 |

n = 76. M = media; DS = desviación estándar; \* p < 0,05. RCS: Recuento de células somáticas.

leche, debido a que el rendimiento también está relacionado con la edad, genética, fisiología, ingesta de nutrientes y a factores propios de la vaca (Lyons et al., 2014; Scott et al., 2014). En nuestro estudio, los factores asociados a la tasa de remplazo y la edad fue el mismo en los años analizados (14 %) siendo este un rebaño estabilizado. Por otro lado, la genética se mantuvo sin cambios en el predio con genética Holstein rojo.

En el predio en estudio también se mantuvo la fertilización y control de maleza de las praderas entre los años 2017 y 2018. Sin embargo, el manejo de la pradera en una ordeña robotizada requirió de nuevos desafíos como son: formar parcelas, considerar las distancias entre potreros con respecto a la ubicación del robot, además de considerar el acceso diferenciado diariamente a las parcelas con buena producción de forraje desde la ordeñadora. Estos factores pueden influir en el consumo de la vaca, afectando el nivel productivo positiva o negativamente (Lyons et al., 2014). En pastoreo se reporta un aumento de la producción de leche al pasar de una ordeña convencional a una robotizada de entre un 2-12 %, como es el caso de este

estudio, donde se logró un aumento de un 6,4 % en la producción de leche. Esto debido posiblemente a la mayor frecuencia de ordeño (Holloway et al., 2014; Rodenburg, 2017), que en este estudio pasó de 2 ordeñas diarias en la convencional, como ocurre en la mayoría de las lecherías en Chile, a una frecuencia mayor de 2,4 veces al día en la robotizada. Sin embargo, a diferencia en sistema de estabulación exclusiva, hay una gran variación en los resultados productivos en uso de robot en pasturas, que estarían relacionados con el tipo de pradera, nivel de suplementación utilizado, frecuencia de acceso a la pradera, entre otros (Lyons et al., 2014). Ordeños robóticos regularmente alcanzan un promedio de 3,1 a 3,2 ordeños por vaca día<sup>-1</sup>, con intervalos de ordeño de 7,5 h a 12,4 h, lo que corresponde a una frecuencia de ordeño promedio mayor a 3 ordeños diarios (Mollenhorst et al., 2011).

Por otro lado, el paso de una ordeña convencional a una robotizada puede presentar una baja en la producción de leche en sistemas estabulados, esto debido a que la vaca debe acostumbrarse al nuevo sistema, señalándose que al menos se necesitan unos 3-4 años para

igualar la producción de una ordeña convencional (Scott *et al.*, 2014), lo cual en nuestro estudio no ocurrió, debido posiblemente a que desde el principio de la instalación del equipo robotizado se usó un manejo de tráfico forzado para el uso de la pradera, lo cual adaptaría a los animales de forma más rápida a la ordeña robotizada (Clark *et al.*, 2015). En este sentido el sistema de alimentación con base a pradera en ordeña robotizada puede realizarse a través de los dos tipos de movimientos: tráfico forzado o tráfico libre. En el tráfico forzado la salida desde el área de alimentación (en este caso la pradera) hacia la ordeña está determinada por un tiempo establecido por el productor, para que las vacas se adapten al nuevo sistema. Por otra parte, el tráfico libre es el más utilizado en los sistemas pastoriles con ordeña robótica, donde el movimiento de las vacas se realiza a libre elección (Lyons *et al.*, 2014, Rodenburg, 2017), el cual fue utilizado en el predio del estudio una vez que las vacas se acostumbraron al robot, alrededor de 4-5 meses.

Como se señaló anteriormente, en la adaptación inicial del sistema a pastoreo con ordeña a robot las vacas deben arreararse al robot para que se acostumbren al nuevo sistema de ordeña, lo que puede generar una mayor permanencia en la sala de espera, hasta que ingresan a ser ordeñadas nuevamente, produciéndose cambios en el comportamiento alimentario que podrían conducir a acidosis ruminal, situación que no es analizada en este trabajo, pero creemos que no se produce este problema debido a que la dieta cuenta con buenos niveles de fibra efectiva.

Por otro lado, los animales cuando están en tráfico libre pueden tener una mayor frecuencia de alimentación si cuentan con una disponibilidad y calidad de la pradera adecuada. Pero si la pradera en calidad y disponibilidad es deficiente puede disminuir la frecuencia de ordeño debido a una baja en la ingesta de materia seca, lo que puede ocasionar

una mayor búsqueda del alimento en los sistemas a pastoreo. Es por este motivo que el suministro de concentrado a la hora de la ordeña es una motivación para atraer a las vacas al robot (Scott *et al.*, 2014; Tremblay *et al.*, 2016), como fue en este estudio donde la suplementación con concentrado genera una dieta balanceada al animal, mejorando su nivel productivo.

Otro problema que tiene la alimentación base pradera en sistemas convencionales es que las vacas deben recorrer grandes distancias desde el potrero a la ordeñadora, estimándose alrededor de los 800 m de caminata, por lo que se producen largos intervalos de ordeño, teniendo como efecto una reducción en la producción de leche y un mayor gasto de energía de mantención del animal. Como estrategia de mejora a estas grandes distancias que tiene que recorrer el animal desde la pradera al robot se debe lograr un uso eficiente en el manejo de la pradera, en cuanto a su máximo aprovechamiento, utilizando por ejemplo el pastoreo en franja o el sistema rotacional con uso de cerco eléctrico, con el fin de disminuir los rechazos o la selección. Además, se deben implementar estrategias que signifiquen compensar el recorrido que hacen las vacas de la pradera a la máquina de ordeña, como es aumentar el rendimiento de las praderas a su máximo potencial y con una mayor cantidad de materia seca producida por hectárea, acompañado con la utilización de cultivos suplementarios con rotación (Lyons *et al.*, 2014). Por otro lado, se puede utilizar una buena suplementación estratégica asociada al uso de heno o silo, lo que mejora el balance nutricional (Avilez-Ruiz *et al.*, 2013).

La alimentación suplementaria con concentrado peletizado comercial, granos o subproductos de granos (o mezcla chancada de granos) en la sala de ordeña, es una práctica rutinaria en los sistemas de pastoreo en Chile; sin embargo, los kg día<sup>-1</sup> pueden ser similares

para todos los animales, sin importar el nivel productivo de la vaca (Avilez-Ruiz et al., 2012). En este estudio, en el sistema convencional se daba una cantidad de alimento ( $\text{kg día}^{-1}$ ) de acuerdo con el nivel productivo del animal; pero en un sistema robotizado la cantidad de concentrado suministrada ( $\text{kg día}^{-1}$ ) es mucho más exacto, siendo ajustada constantemente a los niveles productivos de acuerdo con el potencial lechero y al periodo de la curva de lactancia que presenta la vaca, monitoreándose día a día la producción del rebaño en forma individual. Esto sumando al chequeo diario de la calidad nutricional de la leche (cantidad de proteína y grasa), permite ajustar las dietas con mayor frecuencia y así mejorar el balance nutricional, la condición corporal y con ello la producción de leche (Holloway et al., 2014).

En un sistema convencional, mayoritariamente, el chequeo de cantidad de leche y calidad nutricional y microbiológica es realizado una vez al mes a través del control lechero que efectúan los productores de sus animales, lo cual a veces obliga a tomar decisiones nutricionales a largo plazo, a diferencia del sistema robotizado donde el monitoreo constante permite ajustar las necesidades nutricionales del animal día a día, logrando un mejor balance en la dieta y posiblemente una mejor rentabilidad. Esto no fue evaluado en este ensayo por solo contar con un año de muestreo, pero en la actualidad se está analizando. Además, el uso de alimento suplementario de acuerdo al nivel productivo del animal permite optimizar la pradera y ajustar la dieta a los constantes cambios en cantidad y calidad de energía y/o proteína que son características de las praderas del sur de Chile (Pino 2018; Balocchi y Teuber, 2003).

El consumo máximo de concentrado en este estudio llegó a  $10,18 \text{ kg día}^{-1}$  como suplemento a la pradera, coincidiendo con Bach et al. (2007) quienes señalan que el consumo de concentrado en cantidades de  $3 \text{ kg}$  a  $8 \text{ kg vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$

en el robot podría favorecer la frecuencia de ordeño y con ello la producción de leche. Sin embargo, en un estudio realizado por Scott et al. (2014) comprobaron que ofrecer una pequeña cantidad de concentrado de  $0,5 \text{ kg vaca}^{-1}$  al ingresar a la unidad de ordeña reduce los tiempos de las vacas en la sala de espera, pudiendo ser considerada una estrategia viable para lograr que aquellas vacas que pasan más tiempo esperando a ser ordeñadas, ingresen más rápido al robot, sin necesidad de estar previamente acostumbradas a recibir alimentación durante la ordeña. En el caso de nuestro estudio los animales eran alimentados con concentrados en la ordeña convencional, por lo cual de alguna forma estaban acostumbrados a este sistema de alimentación durante la ordeña. Por el contrario, Tse et al. (2018) reportan que para mejorar la frecuencia de ordeño en sistemas robotizados utilizaron alimentos con mayor palatabilidad en la sala de ordeña; sin embargo, no obtuvieron diferencias significativas en la producción de leche.

Por otra parte, la utilización de concentrados en la sala de ordeña puede afectar negativamente el comportamiento de los animales menos dominantes o más jóvenes, debido a que el orden social juega un papel importante en determinar el acceso de un animal a la unidad de ordeño robótica, donde las vacas de menor jerarquía esperan más tiempo para ingresar que aquellas de mayor jerarquía. A pesar de ello se reporta que las vacas de primera lactancia se adaptan más rápido al robot acercándose con más frecuencia al patio de espera (Scott et al., 2014, Tremblay et al., 2016), sin que esto se traduzca en una mayor producción de leche. Además, existe escasa literatura científica para explicar la interacción entre el sistema de ordeño y el número de partos en cuanto a la producción de leche. Se sabe que aumenta la producción de leche en  $2,6 \text{ kg día}^{-1}$ , en vacas con 5 o más partos en las ordeñas robotizadas, debido posiblemente

a que las vacas ordeñadas más de dos veces al día y con mayor tiempo en ordeña mantienen un mejor estado productivo y de salud mamaria con el uso de una ordeña robotizada (De Marchi et al., 2016). Si bien este estudio mostró una tendencia productiva mayor en las vacas de primer parto y en vacas sobre 7 partos los datos analizados no son concluyentes y se requiere mayores estudios.

En cuanto a la composición nutricional (cantidad de grasa y proteína) y calidad microbiológica (RCS) de la leche, se puede observar en este estudio diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para la grasa y el RCS, pero no en el porcentaje y en la cantidad (kg) de proteína ( $p > 0,05$ ).

Estudios reportados no muestran diferencias significativas al comparar el RCS en un sistema robotizados con respecto a la ordeña convencional o bien se reporta una disminución de células somáticas después del cambio a un sistema robotizado. Esto posiblemente debido a que las vacas tienen la opción de elegir el momento del ordeño, teniendo como efecto que le animal mantenga una buena sanidad de la glándula mamaria, especialmente en vacas de alta producción (De Marchi et al., 2016). Encuestas realizadas a productores lecheros que cambiaron de un sistema de ordeña convencional a robotizada, reportaron un mantenimiento o disminución del RCS, señalando que los aumentos ocurren en los primeros 2 años de la introducción del sistema robótico y luego disminuyen considerablemente por la adaptación de los animales al nuevo sistema de ordeño (Tse et al., 2018). Ello debido posiblemente a la mayor frecuencia de la ordeña, lo que tendría un efecto de barrido de la flora bacteriana. Otros reportes indican que los niveles más altos de células somáticas se presentan durante los 12 meses posterior a la instalación del sistema robótico, atribuyendo esto al impacto negativo que tiene el cambio de un tipo de ordeña a otro, debido principalmente

a la adaptación al nuevo sistema, no solo de los animales, sino también de los productores y personal de lechería. El robot es un equipo altamente tecnológico que requiere mano de obra profesional y técnica calificada, que lleve a cabo el buen funcionamiento y mantenimiento del equipo de acuerdo con las especificaciones del fabricante (Alhussien y Dang, 2018). En este sentido, quizás el aumento en el RCS en este estudio se debió a esta fase de adaptación al nuevo sistema por parte de los operarios de la lechería.

Por otro lado, el aumento del RCS se encontraría relacionado con la disminución de la producción de leche, debido a que si ocurre una infección durante la lactancia temprana, antes de que la vaca alcance su producción máxima, este nivel productivo nunca será igual al obtenido previo a la infección, lo cual estaría asociado al daño físico que sufren las células epiteliales productoras de leche, que disminuyen la capacidad de secreción y síntesis de la glándula mamaria (Alhussien y Dang, 2018). Por todo lo anterior, sería mejor seguir con el control lechero mensual rutinario al menos el primer año de cambio al nuevo sistema de ordeño, con el objetivo de contrastar los datos de RCS de éste control con los datos de RCS que entrega el Robot, ya que estos sistemas tendrían una variación de precisión de al menos un 20 % favorable al control lechero; sin embargo, en este estudio los datos de RCS entregados por el robot fueron comparados con el reporte quincenal del RCS entregada por la planta lechera, no observándose mayor variación, pero se necesita mayores estudios.

Es importante tener en cuenta que el precio pagado por L de leche que reciben los productores por parte de la planta depende de las condiciones que establezca la pauta de pago definida por las empresas (NESTLE, 2020) que consideran los parámetros de: características nutricionales, sanitarias (control de leucosis, brucelosis y tuberculosis bovina) y microbio-

lógicas de la leche, entre otras, requeridas en óptimas condiciones para elaborar productos lácteos. Los esquemas de pago son cada vez más exigentes, consideran un precio base sobre el cual se fijan bonificaciones o descuentos según los rangos en que se encuentren los niveles de RCS. Por lo tanto, las exigencias en calidad microbiológica, sanitaria y nutricional de la leche han obligado a los productores a mejorar sus procesos de control sanitario para obtener mejores ingresos económicos (Carrillo et al., 2010), situación que se controlaría bastante en la ordeña robotizada al existir un monitoreo diario del RCS.

En Nueva Zelanda se reporta que el sistema productivo influye de un 16 % a un 50 % en la cantidad total de grasa y proteína en leche, no así el tipo de ordeña, la cual presenta una influencia baja en estos parámetros productivos (Woodford et al., 2015). Sin embargo, hay estudios donde se muestran diferencias significativas en los sólidos grasos al comparar 2 y 3 ordeñas diarias, siendo más bajos estos sólidos en rebaños con una frecuencia de ordeña día<sup>-1</sup> mayor a 3 (Smith et al., 2002). Por el contrario, De Marchi et al. (2016) obtuvieron un contenido de grasa significativamente mayor en sistema robotizado, observándose las mayores diferencias en los primeros 80 días, mientras que las menores diferencias se dan después de los 260 días de lactancia. Este aumento se atribuye a la mayor frecuencia de ordeña o a los intervalos cortos de ordeño, los cuales estarían asociados con la formación de glóbulos grasos más susceptibles a lipólisis, la cual se ve favorecida por los manejos de enfriamiento de la leche que genera ruptura de la membrana de estos provocando un aumento de ácidos grasos libres. Sin embargo, Johansson et al. (2017) no encontraron diferencia significativa en el contenido de grasa señalando que estas diferencias están más asociadas a problema de mastitis clínica, que en nuestro estudio no superó el 5 % de incidencia en el rebaño.

El contenido de proteína en leche obtenido por Johansson et al. (2017) fue menor para el sistema de ordeña robotizado, esta disminución se relacionaría a una mayor frecuencia de ordeña, sobre los 3 ordeños día<sup>-1</sup>, pero no existiría relación entre el tipo de sistema productivo y el contenido de proteínas en leche (Smith et al., 2002). Por el contrario, De Marchi et al. (2016) no encontraron diferencias significativas en el porcentaje de proteínas, pero reportan un porcentaje mayor y menor al inicio y término de la lactancia respectivamente, comparado con un sistema convencional de ordeño a confinamiento.

## Conclusiones

El sistema robotizado presentó significativamente ( $p > 0,05$ ) una mayor producción de leche ( $24,18 \pm 2,76$  L) y de grasa ( $4,12 \pm 0,34$  %) en relación a la ordeña convencional ( $22,62 \pm 4,16$  L y  $4,03 \pm 0,39$  % de grasa). Por otro lado el RCS fue significativamente mayor ( $p > 0,05$ ) en la ordeña robotizada ( $221,56 \pm 62,96 \times 10^3$  cel. ml<sup>-1</sup>) en relación a la convencional ( $213,56 \pm 94,88 \times 10^3$ ).

## Agradecimientos

Agradecemos la disposición del productor lechero por facilitar los datos productivos del plantel lechero de la provincia de la Unión, en Chile.

## Referencias bibliográficas

Alhussien MN, Dang AK (2018). Milk somatic cells, factors influencing their release, future prospects, and practical utility in dairy animals: An overview. *Veterinary World* 11(5): 562-577. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2018.562-577>

- Amtmann CA, Blanco GW (2001). Efectos de la salmonicultura en las economías campesinas de la Región de Los Lagos, Chile. *Revista Austral de Ciencias Sociales* 5: 93-106. <https://doi.org/10.4206/rev.austral.cienc.soc.2001.n5-09>
- Avilez-Ruiz JP, Escobar P, Díaz C, Von Fabeck G, Matamoros R, García F, Alonzo M, Delgado-Pertíñez M (2012). Effect of extruded whole soybean dietary concentrate on conjugated linoleic acid concentration in milk in Jersey cows under pasture conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research* 10: 409-418. <https://doi.org/10.5424/sjar/2012102-341-11>
- Avilez-Ruiz JP, von Fabeck G, García-Gómez F, Alonzo M, Delgado-Pertíñez M (2013). Conjugated linoleic acid content in milk of Chilean Black Friesian cows under pasture conditions and supplemented with canola seed (*Brassica napus*) concentrate. *Spanish Journal of Agricultural Research* 11(3): 747-58. <https://doi.org/10.5424/sjar/2013113-3639>
- Bach A, Iglesias C, Calsamiglia S, Devant M (2007). Effect of amount of concentrate offered in automatic milking systems on milking frequency, feeding behavior, and milk production of dairy cattle consuming high amounts of corn silage. *Journal of Dairy Science* 90(11): 5049-5055. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0347>
- Balocchi L, Teuber N (2003). Recursos forrajeros en producción de leche. II. Novedades en gramíneas y leguminosas forrajeras. En: Seminario hagamos de la lechería un mejor negocio. Serie Actas INIA 24 (Ed. Teuber N, Uribe H, Opazo L). Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Gobierno de Chile.
- Carrillo BL, Rosas DM, Moreira H, Lerdon JR (2010). Esquemas de pago de leche en el sur de Chile: precio mínimo y máximo a productor. *Idesia (Arica)* 28(3): 61-67. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292010000300008>
- Carrillo BL, Moreira V, González J (2011). Caracterización y tipificación de sistemas productivos de leche en la zona centro-sur de Chile: un análisis multivariable. *Idesia (Arica)* 29(1): 71-81. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292011000100010>
- Clark CEF, Farina SR, Garcia SC, Islam MR, Kerrisk KL, Fulkerson WJ (2015). A comparison of conventional and automatic milking system pasture utilization and pre- and post-grazing pasture mass. *Grass and Forage Science* 71: 153-159. <https://doi.org/10.1111/gfs.12171>
- De Marchi M, Penasa M, Cassandro M (2016). Comparison between automatic and conventional milking systems for milk coagulation properties and fatty acid composition in commercial dairy herds. *Italian Journal of Animal Science* 16(3): 363-370. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1292412>
- Hogeveen H, Heemskerk K, Mathijs E (2004) Motivations of Dutch farmers to invest in an automatic milking system or a conventional milking parlour. En: *Automatic Milking A Better Understanding* (Ed. Meijering A, Hogeveen H, de Koning CJAM), pp. 56-61. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands.
- Holloway L, Bear C, Wilkinson K (2014). Re-capturing bovine life: Robotecow relationships, freedom and control in dairy farming. *Journal of Rural Studies* 33: 131-140. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2013.01.006>
- Jiang H, Wang W, Li C, Wang W (2017). Innovation, practical benefits and prospects for the future development of automatic milking systems. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering* 4(1): 37-47. <https://doi.org/10.15302/J-FASE-2016117>
- Johansson M, Lundh A, De Vries R, Sjaunja KS (2017). Composition and enzymatic activity in bulk milk from dairy farms with conventional or robotic milking systems. *Journal of Dairy Research* 84: 154-158. <https://doi.org/10.1017/S0022029917000140>
- Klei LR, Lynch JM, Barbano DM, Oltenacu PA, Lednor AJ, Bandler DK (1997). Influence of milking three times a day on milk quality. *Journal of Dairy Science* 80: 427-436. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)75954-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)75954-X)
- Lyons NA, Kerriks KL, Garcia SC (2014). Milking frequency management in pasture-based automatic milking systems: A review. *Livestock Science* 159: 102-116. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.11.011>

- Mollenhorst H, Hidayat MM, Van den Broek J, Neijenhuis F, Hogeveen H (2011). The relationship between milking interval and somatic cell count in automatic milking systems. *Journal of Dairy Science* 94: 4531-4537. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4244>
- Navarro H (2006). Antecedentes de la producción de leche en el sur de Chile. En: Manual de producción de leche para pequeños y medianos productores. Boletín INIA 148 (Ed. Navarro H, Siebald E, Celis S), pp. 7-16. INIA Remehue, Osorno, Chile.
- NESTLE (2020). Pauta de pago año 2020. Disponible en [https://www.productoresnestle.cl/pages/pautas\\_pago](https://www.productoresnestle.cl/pages/pautas_pago) (Consultado: 30 abril 2020).
- NRC (2001). Nutrient requirements of dairy cattle, 7th rev ed. National Academy Press, National Research Council. Washington DC, USA. 381 pp. <https://doi.org/10.17226/9825>
- ODEPA (2017). Oficina de Estudios y Políticas Agrarias: Boletín de la leche. Disponible en: <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2017/07/Boletin-de-la-leche-2017.xls> (Consultado: 15 noviembre 2019).
- Pino San Martín F (2018). La rentabilidad lechera puede manejarse en gran medida mediante la nutrición y alimentación (1° parte). Disponible en: Revista DLeche <https://dleche.cl/es/2018/04/10/la-rentabilidad-lechera-puede-manejarse-en-gran-medida-mediante-la-nutricion-y-alimentacion-1-parte/> (Consultado: noviembre 2019).
- Rodenburg J (2017). Robotic milking: Technology, farm design, and effects on work flow. *Journal of Dairy Science* 100: 7729-7738. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11715>
- Salfer J, Endres M, Lazarus W, Minegishi K, Berning B (2017) Dairy robotic milking systems – what are the economics? Disponible en: <https://dairy-cattle.extension.org/dairy-robotic-milking-systems-what-are-the-economics/> (Consultado: 12 enero 2020).
- Scott VE, Thomson PC, Kerrisk KL, Garcia SC (2014). Influence of provision of concentrate at milking on voluntary cow traffic in a pasture-based automatic milking system. *Journal of Dairy Science* 97: 1481-1490. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7375>
- Smith J, Ely L, Graves W, Gilson W (2002). Effect of Milking Frequency on DHI Performance Measures. *Journal of Dairy Science* 85(12): 3526-3533. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74442-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74442-1)
- Svennersten-Sjaunja KM, Pettersson G (2008). Pros and cons of automatic milking in Europe. *Journal of Animal Science* 86: 37-46. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0527>
- Tremblay M, Hess JP, Christenson BM, McIntyre KK, Smink B, Van der Kamp AJ, De Jong LG, Döpfer D (2016). Factors associated with increased milk production for automatic milking systems. *Journal of Dairy Science* 99(5): 3824-3837. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10152>
- Tse C, Barkema H, De Vries T, Rushen J, Pajor E (2018). Impact of automatic milking systems on dairy cattle producers' reports of milking labour management, milk production and milk quality. *The Animal Consortium* 12(12): 2649-2656. <https://doi.org/10.1017/S1751731118000654>
- Valenzuela B (2017). Relación costo/beneficio para el desarrollo de una mejora continua en seguridad y salud en el trabajo en la empresa Agrícola Ancali Ltda'. Seminario de titulación para optar al título de Ingeniero en Prevención de riesgos, Universidad de Concepción, Chile. <http://152.74.17.92/handle/11594/2329>
- Woodford KB, Brakenrig Hz, Pangborn MC (2015). New Zealand case studies of automatic-milking-systems adoption. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 75: 127-131.

(Aceptado para publicación el 11 de junio de 2020)

## Relación entre el peso al nacimiento de los lechones de cerdas hiperprolíficas y los parámetros productivos y económicos en los cerdos de engorde

Sara Crespo<sup>1,a,\*</sup> y Joaquín Gadea<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Departamento Fisiología, Universidad de Murcia, Campus de Espinardo, Edificio 17, 30100 Murcia, España

<sup>2</sup> Instituto Murciano de Investigaciones Biomédicas Arrixaca (IMIB), Campus de Ciencias de la Salud, Carretera Buenavista s/n, 30120 El Palmar, Murcia, España

<sup>a</sup> Dirección actual: Departamento técnico Cefu SA. Paraje de la Costera, s/n, 30840 Alhama de Murcia, Murcia, España

### Resumen

En este estudio se evalúa la relación entre el peso al nacimiento y los rendimientos productivos y económicos en un total de 353 lechones con un rango de pesos entre 0,50 kg y 1,22 kg. Los lechones fueron agrupados de acuerdo con su peso en 5 categorías (De 0,50 a 0,69 kg; de 0,70 a 0,79 kg; de 0,80 a 0,89 kg; de 0,90 a 0,99 kg y de 1,0 a 1,22 kg). Se registró el peso de los animales al nacimiento, al final de las fases de lactación, transición, y cebo, calculando la ganancia media diaria (GMD) y la tasa de mortalidad (%MORT) para cada fase. El peso al nacimiento influyó en el peso al final y GMD de la fase de lactación, transición y cebo ( $P < 0,01$ ), la GMD ( $r = 0,45$ ;  $P < 0,01$ ) y afectó al %MORT al final de lactación y del proceso global ( $P < 0,01$ ). Mediante una curva ROC (Receiver operating characteristic) se estudió la relación entre el peso al nacimiento y supervivencia hasta fin de cebo, determinando que el peso de 0,815 kg es el punto de corte para diferenciar la supervivencia. El peso al nacimiento determina los costes de producción (coste de lechón, coste de cerdo a matadero y coste de kg de animal), siendo los animales con peso inferior a 0,89 kg los que se alejan de la rentabilidad económica. La metodología y los datos del presente estudio podrían servir de base para diseñar estrategias productivas y tomar medidas específicas para los lechones nacidos con bajo peso procedentes de cerdas hiperprolíficas.

**Palabras clave:** Producción porcina, mortalidad, ganancia media diaria.

**Relationship between the weight at birth of piglets from hyperprolific sows and the productive and economic parameters in grow-finisher pigs**

### Abstract

Genetic and productive advances in the pig sector industry have resulted in an increase in litter size. This progress has led to lower birth weight and higher within litter weight variability. In this study, the relationship between low birth weight of 353 piglets (range 0.50-1.22 kg) and the productive and eco-

---

\* Autor para correspondencia: sara.crespo@cefusa.com

Cita del artículo: Crespo S, Gadea J (2021). Relación entre el peso al nacimiento de los lechones de cerdas hiperprolíficas y los parámetros productivos y económicos en los cerdos de engorde. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 117(2): 173-190. <https://doi.org/10.12706/itea.2020.022>

nomic outcomes were evaluated. Birth weight was recorded at birth, at the end of the lactation, grower, and finisher stages. Average daily gain (ADG) and mortality rate (%MORT) were calculated for each stage. Birth weight influenced weight in the lactation stage ( $r = 0.41$ ;  $P < 0.01$ ), ADG ( $r = 0.45$ ;  $P < 0.01$ ) and %MORT ( $r = -0.31$ ;  $P < 0.01$ ). Birth weight was also directly associated with the weight at the end of the transition ( $r = 0.42$ ;  $P < 0.01$ ) and fattening phase ( $r = 0.35$ ;  $P < 0.01$ ) and with the ADG ( $r = 0.38$  and  $r = 0.16$ ;  $P < 0.01$ ). Using a Receiver operating curve (ROC), the relationship between birth weight and survival during the entire production cycle was studied, estimating a cut-off of 0.815 kg. Birth weight determines the production costs (piglet cost, pig cost to slaughterhouse and cost per kg produced), the weight of 0.890 kg was the cut-off value for economic profitability. The methodology and data of this study could serve as a basis for designing productive strategies and taking specific measures with piglets born with low weight.

**Keywords:** Pig production, mortality, average daily gain, productive strategy.

## Introducción

Las mejoras realizadas en los últimos años en las granjas porcinas han supuesto un incremento significativo en la productividad de las explotaciones en comparación con las obtenidas décadas atrás (Rocadembosch *et al.*, 2016; Koketsu *et al.*, 2017;). La mejora genética y productiva ha permitido un aumento en el número de lechones producido por cerda (Johnson *et al.*, 1999), con un incremento del tamaño de camada, pasando de una media de 10-11 lechones nacidos vivos en la década de los 90, hasta obtener medias de 16 lechones con la utilización de las líneas hiperprolíficas (Kemp *et al.*, 2018; Oliviero *et al.*, 2019).

El incremento del número de lechones por camada está asociado a problemas como son la disminución del peso medio de los lechones al nacimiento y el aumento en la variabilidad de pesos dentro de la camada, resultando en un mayor número de lechones con peso reducido y baja viabilidad (Beaulieu *et al.*, 2010; Magnabosco *et al.*, 2016). Estos problemas son debidos, en parte, a un aporte insuficiente de nutrientes durante la gestación que induce problemas en el desarrollo intrauterino de los fetos (Wang *et al.*, 2017). Estas limitaciones en el aporte de nutrientes al feto vienen acompañadas de una variación en el peso de los fetos y de las placentas

dentro del útero, presentando mayores pesos y mayor concentración de glucosa aquellos lechones que están más próximos a la unión útero tubárica que los próximos al cérvix (Che *et al.*, 2016).

Por otra parte, existe una relación directa entre la duración del parto y el tamaño de camada. Así, en partos de larga duración de camadas muy numerosas, se puede afectar negativamente tanto a la salud de la cerda como a la viabilidad de los lechones recién nacidos, especialmente en aquellos que nacen en último lugar (Oliviero *et al.*, 2019). Lo que implica que posteriormente estos lechones tendrán alterado su comportamiento de succión (Tuchschere *et al.*, 2000). Adicionalmente, cuando el tamaño de camada es mayor que la cantidad de glándulas mamarias viables, existe una competitividad entre los lechones para la obtención de leche, lo que implica mayores diferencias en el crecimiento entre los lechones de la camada (Houben *et al.*, 2017).

Los lechones con bajo peso al nacimiento, tienen reservas limitadas de nutrientes y presentan una menor capacidad para tomar el calostro, por lo que su viabilidad en las primeras fases de la lactación está limitada y las tasas de mortalidad son elevadas (Ferrari *et al.*, 2014). Además, los lechones de bajo peso presentan un estado inmunitario inmaduro y poco competente, por lo que aumenta el

riesgo de transmisión de enfermedades por ser más susceptibles a las mismas (Alexopoulos *et al.*, 2018).

Los datos productivos de los lechones de bajo peso son sensiblemente peores que los que presentan un peso al nacimiento normal según diversos estudios realizados en diversos países y condiciones productivas (Le Dividich *et al.*, 2017; Zotti *et al.*, 2017; Nuntapaitoon y Tummaruk, 2018). Los estudios publicados sobre el impacto que supone la presentación de lechones de bajo peso en las granjas de intensivo en España son reducidos (Jourquin *et al.*, 2016). Por lo que evaluar el rendimiento productivo y económico de los animales de bajo peso al nacimiento hasta que finaliza su cebo en las condiciones de producción española permitirá la toma de decisiones frente a este reto productivo que preocupa a las empresas del sector, así como tomar medidas especiales para reducir su efecto y mejorar su rentabilidad.

El objetivo del presente estudio fue determinar la relación entre el peso al nacimiento y los rendimientos productivos y económicos durante todas las fases de producción y hasta que el cerdo cebado se dirige al matadero. Un objetivo operativo fue determinar los valores de corte mediante análisis de curvas ROC (Receiver operating characteristic) para evaluar el valor predictivo que el peso al nacimiento pudiera tener de la mortalidad a lo largo de todo el proceso.

## Material y métodos

### Animales

El presente estudio fue realizado en una granja porcina con una estructura de pirámide en tres fases (donde la fase 1 es la granja de madres, fase 2 transición y fase 3 engorde) situada en el sureste de España y que utiliza madres híbridas Landrace × Large White y

machos finalizadores de raza Duroc danés. La granja era estable a la enfermedad del síndrome reproductivo y respiratorio porcino (PRRS), sometida a vacunaciones cuatrimestrales frente al virus PRRS y calificada como indemne a la enfermedad de Aujeszky (categoría A3, según Real Decreto 360/2009, de 23 de marzo, por el que se establecen las bases del programa coordinado de lucha, control y erradicación de la enfermedad de Aujeszky).

Se seleccionaron un total de 353 animales con un peso al nacimiento en el rango 0,50-1,22 kg). Para el estudio estadístico, los lechones seleccionados fueron agrupados de acuerdo con su peso en 5 categorías (De 0,50 a 0,69 kg; de 0,70 a 0,79 kg; de 0,80 a 0,89 kg; de 0,90 a 0,99 kg y de 1,0 a 1,22 kg).

La granja de madres (fase 1) contaba con parideras en módulos con sistema de nido danés, dispuestas en batería y con alimentación líquida. El manejo de las maternidades es el propio de una cerda hiperprolífica donde se ajustan las camadas a las mamas viables de la madre y con aproximadamente un 10 % de nodrizas.

La selección de los animales se realizó en los partos producidos en 4 días consecutivos de la misma semana al azar, para trabajar en condiciones de días de vida similares y que su destete se realizase el mismo día según criterios de peso y edad de la propia explotación, para poder realizar un proceso de llenado todo dentro-todo fuera. La selección de los lechones se realizó en 4 lotes de animales en momentos diferentes (réplicas).

Los animales se identificaron de forma individual con un crotal numerado en ambas orejas y se pesaron en el momento del nacimiento con una báscula de mano con precisión 0,01 kg. No se realizó la diferenciación por sexos de los animales.

Los lechones se destetaron con un peso medio de 6 kg y una edad mínima de 25 días, El módulo de transición contaba con ventila-

ción automática con suelo de plástico y alimentación en harina en ciclo continuo, con criterio de todo dentro-todo fuera en cada uno de los módulos.

Se agruparon en la fase 2 o de transición por pesos en grupos homogéneos de 22 animales que se alojaron en cuadras de dimensiones 2,20 m × 3,00 m. Se agruparon por tamaños de menor a mayor en una misma sala, donde todos los animales recibieron la misma alimentación. Los lechones permanecieron un mínimo de 4 semanas en estas condiciones hasta que la media de los animales albergados alcanzara 18-20 kg. Se pesaron al final de transición justo antes de la entrada a cebo con una báscula de pie con precisión 0,10 kg.

En la fase 3, de engorde, se alojaron en grupos de 13 animales en recintos de dimensiones 3,00 m × 3,00 m, agrupados por tamaños. La nave de cebo contaba con chimeneas y ventilación natural con alimentación en grano. Los animales se pesaron al final del cebo en el momento antes de la carga con una báscula de pie con precisión 0,50 kg.

Se registraron los pesos y fechas de inicio y fin de cada una de las tres fases estudiadas (lactación, transición y cebo), así como se registró el número de animales muertos en ese periodo. Con estos datos se calculó para cada animal la duración del periodo (días), la ganancia media diaria (GMD, incremento de peso en kg/días del periodo) y la tasa de mortalidad (%) en cada periodo.

### **Análisis económico**

Se compararon los índices productivos y los costes de producción de los diferentes grupos de peso al nacimiento y las posibles repercusiones económicas. Para ello se hizo una estimación económica mediante una simulación usando una hoja de cálculo donde se incluyen los parámetros productivos y los costes de producción.

Se tomaron como valores de referencia (Tabla 1), los obtenidos directamente de la granja donde se realizó el estudio en una producción anual, son los datos técnicos de la explotación al que denominamos grupo control. Los valores de referencia en cebo son obtenidos de la media de los datos técnicos de diferentes engordes de esta pirámide en las mismas instalaciones durante su proceso de engorde hasta matadero.

Se calculó el número de lechones destetados/cerda/año para cada grupo de peso al nacimiento, asumiendo valores iguales para todos los grupos para los parámetros nacidos vivos por camada (15,4 lechones, Tabla 1) y el número de Camadas/cerda/año (2,29, Tabla 1), con la formula siguiente:

$$\text{Número de lechones destetados/cerda/año} = \text{nacidos vivos por camada} \times \text{número de camadas/cerda/año} \times \text{tasa de supervivencia en lactación}$$

Siendo la tasa de supervivencia en lactación (%), el valor de 1 menos el valor de mortalidad (%) en lactación.

El número de Lechones criados/cerda/año se calculó con la formula siguiente:

$$\text{Número de lechones criados/cerda/año} = \text{número de lechones destetados/cerda/año} \times \text{tasa de supervivencia en transición}$$

Siendo la tasa de supervivencia en transición (%), el valor de 1 menos el valor de mortalidad (%) en transición.

Para el cálculo de los costes de producción de un lechón criado (final de la transición), se tuvo en consideración en la simulación las tasas de mortalidad para cada fase (lactación y transición) para cada grupo de peso al nacimiento. Con estos valores se calcula el coste anual de una madre reproductora con esas características productivas (que está en el rango de 1200-1250 €/año) y se divide por el número de lechones criados/cerda/año.

Tabla 1. Datos productivos y económicos usados como referencia para la simulación de costes.

Table 1. Productive and economic data used as a reference for cost simulation.

| Parámetro productivos               | Valor  |
|-------------------------------------|--------|
| Fase lactación y transición         |        |
| Lechones totales nacidos por camada | 16,1   |
| Nacidos muertos por camada          | 0,7    |
| Nacidos vivos por camada            | 15,4   |
| Mortalidad en lactación (%)         | 14,0   |
| Lechones destetados por camada      | 13,2   |
| Nº Camadas/cerda/año                | 2,29   |
| Lechones destetados/cerda/año       | 30,33  |
| Mortalidad post-destete (%)         | 3,9    |
| Lechones criados/cerda/año          | 29,1   |
| Consumo de pienso por lechón (kg)   | 39,2   |
| Precio de pienso del lechón (kg)    | 0,39   |
| Coste del lechón (€)                | 39,89  |
| Fase cebo                           |        |
| Ganancia media diaria (kg/día)      | 0,85   |
| Peso inicial (kg)                   | 20,0   |
| Peso medio canal (kg)               | 90,1   |
| Mortalidad en cebo (%)              | 3,5    |
| Índice de conversión (kg/kg)        | 2,37   |
| Pienso al día (kg)                  | 2,02   |
| Peso vivo al matadero (kg)          | 113,0  |
| Días medios de cebo                 | 109,0  |
| Precio de pienso de cebo (kg)       | 0,23   |
| Coste de cerdo a matadero (€)       | 118,57 |

Los gastos del cebo de los animales se calcularon para cada grupo de peso de nacimiento, tomando en cuenta en el sistema el peso de entrada de cebo, tasa de mortalidad en el cebo, peso de salida a matadero, ganancia media diaria en cebo y duración de la fase de cebo.

En cuanto al cálculo del coste del cerdo al matadero, se exploró el resultado en tres supuestos distintos: A) Suponiendo lechones que proceden de una lactación y transición igual con rendimientos iguales al control, es decir a la media de la explotación y se ceban con ren-

dimientos productivos de acuerdo a su grupo de peso al nacimiento (datos antes cebo = control). B). Suponiendo un cebo con rendimientos iguales al control, de lechones producidos con rendimientos de acuerdo a su grupo de peso al nacimiento (datos cebo = control). C) Haciendo el cálculo real desde lactación hasta final de cebo para los animales de este estudio y de acuerdo a los resultados productivos de cada grupo de peso al nacimiento (coste cerdo matadero real).

El coste del kg de animal en el matadero se calcula a partir de los costes de producción en € dividido por el peso medio de sacrificio para cada grupo de peso al nacimiento.

Finalmente se calculó la rentabilidad y productividad relativa de cada grupo de peso al nacimiento teniendo como referencia los valores medios de la explotación (control = 100).

### **Análisis estadístico**

Los datos se muestran como media  $\pm$  error estándar de la media (sem). Las variables dicotómicas como la tasa de mortalidad se analizan con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis y las diferencias entre grupos mediante la prueba de Conover-Inman, para comparar las tasas de mortalidad entre los diferentes grupos de pesos al nacimiento. Se utilizó el análisis de regresión logística binomial para relacionar los pesos en cada fase con las tasas de mortalidad. Las variables continuas (días, pesos y GMD) se evaluaron con ANOVA de una vía y las posibles diferencias entre grupos mediante la prueba de Tukey. Se estimó el coeficiente de correlación de Pearson para medir la posible relación lineal entre variables continuas, para lo que se usaron los datos individuales de cada animal.

Se realizó un análisis de curvas ROC (Receiver operating characteristic) para evaluar el valor predictivo que el peso al nacimiento pudiera tener de la mortalidad a lo largo de todo el

proceso. Se calculó la sensibilidad y especificidad, y se determinó un punto de corte como previamente ha sido descrito por (Martínez-Soto *et al.*, 2018). Se utilizó el software Systat 13 y SigmaPlot 12 (Systat Software, Inc., San Jose, CA, USA) para realizar el estudio estadístico y las representaciones gráficas.

### **Resultados**

#### ***Asociación entre el peso al nacimiento y productividad en la fase de lactación***

Se registraron los pesos de un total de 353 lechones al nacimiento, con un valor medio de  $0,80 \pm 0,01$  kg, con pesos entre 0,50 kg y 1,22 kg.

Se observó una influencia del peso al nacimiento sobre la tasa de mortalidad durante la fase de lactación. Esto hecho se confirmó, por una parte, al detectar que el peso medio al nacimiento de los animales que murieron en la fase de lactación ( $n = 116$ ;  $0,78 \pm 0,01$  kg) fue inferior al que alcanzaron el destete ( $n = 237$ ;  $0,89 \pm 0,01$  kg;  $P < 0,01$ ). Por otra parte, al agrupar a los animales de acuerdo con su peso al nacimiento, se observó la relación inversa entre peso al nacimiento y la tasa de mortalidad en lactación. Los lechones con peso al nacimiento inferior a 0,90 kg presentaron una mortalidad en lactación entre el 40-60 %, mientras que los que superaron los 0,90 kg tuvieron una tasa de mortalidad durante lactación entre el 8-17 % ( $P < 0,01$ , Tabla 2). Finalmente, al realizar la regresión logística binomial para relacionar los pesos al nacimiento (datos individuales) con la tasa de mortalidad en la lactación se observa una relación inversa ( $Z = -5,95$ ;  $n = 353$ ;  $P < 0,01$ ; Tabla 3).

Se detectó, por otra parte, que los animales de menor peso al nacimiento necesitan más días para alcanzar el destete. Así, la duración media de la lactación fue de  $36,37 \pm 0,25$  días, con diferencia entre los animales con peso in-

Tabla 2. Distribución de pesos al nacimiento de 353 lechones estudiados. Relación entre peso al nacimiento y parámetros productivos durante las fases de lactación, transición y cebo  
 Table 2. *Distribution of birth weights of 353 piglets. Relationship between birth weight and productive parameters during the lactation, grower, and finisher stages*

| Categorías de peso al nacimiento (kg) |  | 0,50 a 0,69              | 0,70 a 0,79              | 0,80 a 0,89              | 0,90 a 0,99               | 1,00 a 1,22             | Total      | P     |
|---------------------------------------|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|------------|-------|
| <b>Fase de lactación</b>              |  |                          |                          |                          |                           |                         |            |       |
| N inicial                             |  | 34                       | 83                       | 99                       | 59                        | 78                      | 353        |       |
| Mortalidad lactación (%)              |  | 58,82 <sup>a</sup>       | 42,17 <sup>a</sup>       | 44,44 <sup>a</sup>       | 16,95 <sup>b</sup>        | 8,97 <sup>b</sup>       | 32,86      | <0,01 |
| N final                               |  | 14                       | 48                       | 55                       | 49                        | 71                      | 237        |       |
| Duración lactación (días)             |  | 38,79±0,67 <sup>a</sup>  | 37,55±0,43 <sup>a</sup>  | 37,67±0,50 <sup>a</sup>  | 37,25±0,66 <sup>a</sup>   | 33,37±0,23 <sup>b</sup> | 36,37±0,25 | <0,01 |
| Peso destete (kg)                     |  | 5,04±0,47 <sup>a</sup>   | 5,35±0,19 <sup>a</sup>   | 5,72±0,20 <sup>a</sup>   | 6,25±0,19 <sup>b</sup>    | 6,70±0,13 <sup>b</sup>  | 6,01±0,09  | <0,01 |
| Ganancia Media Diaria (g/día)         |  | 115,5±13,9 <sup>a</sup>  | 123,7±5,8 <sup>a</sup>   | 131,5±6,0 <sup>a</sup>   | 145,6±5,3 <sup>a</sup>    | 170,6±4,5 <sup>b</sup>  | 143,3±2,9  | <0,01 |
| <b>Fase de transición</b>             |  |                          |                          |                          |                           |                         |            |       |
| N inicial                             |  | 14                       | 48                       | 55                       | 49                        | 71                      | 237        |       |
| Mortalidad transición (%)             |  | 7,14                     | 4,17                     | 7,27                     | 6,12                      | 7,04                    | 6,33       | 0,97  |
| N final                               |  | 13                       | 46                       | 51                       | 46                        | 66                      | 222        |       |
| Duración transición (días)            |  | 41,38±2,06               | 42,91±1,12               | 41,84±1,03               | 39,65±0,53                | 41,26±0,17              | 41,41±0,38 | 0,08  |
| Peso final transición (kg)            |  | 15,48±1,27 <sup>a</sup>  | 16,34±0,71 <sup>a</sup>  | 18,15±0,60 <sup>ab</sup> | 19,44±0,48 <sup>b,c</sup> | 20,50±0,44 <sup>c</sup> | 18,58±0,29 | <0,01 |
| Ganancia Media Diaria (g/día)         |  | 255,9±21,6 <sup>a</sup>  | 257,8±13,7 <sup>a</sup>  | 294,8±10,8 <sup>ab</sup> | 333,0±10,4 <sup>b</sup>   | 333,4±9,1 <sup>b</sup>  | 304,2±5,7  | <0,01 |
| <b>Fase de cebo</b>                   |  |                          |                          |                          |                           |                         |            |       |
| N inicial                             |  | 13                       | 46                       | 51                       | 46                        | 66                      | 222        |       |
| Mortalidad cebo (%)                   |  | 30,77                    | 15,22                    | 7,84                     | 19,57                     | 10,61                   | 13,96      | 0,16  |
| N final                               |  | 9                        | 38                       | 47                       | 37                        | 59                      | 190        |       |
| Duración cebo (días)                  |  | 95,22±0,85 <sup>ab</sup> | 93,84±0,56 <sup>a</sup>  | 93,98±0,47 <sup>a</sup>  | 95,70±0,16 <sup>b</sup>   | 95,98±0,13 <sup>b</sup> | 94,97±0,19 | <0,01 |
| Peso final cebo (kg)                  |  | 89,88±2,92 <sup>a</sup>  | 91,11±1,91 <sup>a</sup>  | 93,20±1,70 <sup>a</sup>  | 90,71±1,55 <sup>a</sup>   | 100±1,32 <sup>b</sup>   | 94,25±0,82 | <0,01 |
| Ganancia Media Diaria (g/día)         |  | 763,8±21,9 <sup>ab</sup> | 790,2±20,1 <sup>ab</sup> | 799,6±17,7 <sup>ab</sup> | 740,5±17,3 <sup>a</sup>   | 825,6±10,6 <sup>b</sup> | 792,6±7,9  | <0,01 |

<sup>a,b</sup> superíndices diferentes en la misma columna indica diferencias con  $P < 0,05$ .

Tabla 3. Regresión logística binomial para relacionar los pesos con la tasa de mortalidad en las diversas fases productivas. Valores Z y Odd ratio, junto con intervalo de confianza del 95%.

*Table 3. Binomial logistic regression to relate the weights to the mortality rate in the diverse productive phases. Z and Odd ratio values, with a 95% confidence interval.*

|                          | Mortalidad | n   | Z     | Odds Ratio          | P     |
|--------------------------|------------|-----|-------|---------------------|-------|
| Peso al nacimiento       | Total      | 353 | -4,96 | 0,02 (0,00; 0,08)   | <0,01 |
| Peso al nacimiento       | Lactación  | 353 | -5,95 | 0,00 (0,00; 0,02)   | <0,01 |
| Peso al nacimiento       | Transición | 237 | 0,86  | 4,88 (0,13; 181,10) | 0,39  |
| Peso al nacimiento       | Cebo       | 222 | -1,17 | 0,20 (0,01; 3,02)   | 0,24  |
| Peso al destete          | Total      | 237 | -4,19 | 0,59 (0,47; 0,76)   | <0,01 |
| Peso al destete          | Transición | 237 | -2,89 | 0,57 (0,39; 0,83)   | <0,01 |
| Peso al destete          | Cebo       | 222 | -3,22 | 0,63 (0,47; 0,83)   | <0,01 |
| Peso al final transición | Cebo       | 222 | -4,01 | 0,83 (0,76; 0,91)   | <0,01 |

ferior a 1 kg al nacimiento con 37-38 días de lactación, superior a los 33 días que lactaron los animales con peso superior a 1 kg al nacimiento ( $P < 0,01$ ; Tabla 2). Se confirma esta relación al estudiar el índice de correlación de Pearson ( $r = -0,46$ ;  $P < 0,01$ ).

El peso medio al destete fue de  $6,01 \pm 0,09$  kg. Sin embargo, se observan diferencias en los pesos al destete entre los diferentes grupos de peso de nacimiento ( $P < 0,01$ ; Tabla 2). Así, aquellos lechones con pesos al nacimiento inferiores a 0,90 kg se destetaron con pesos inferiores a los 6 kg, en comparación con aquellos que al nacer superaron ese peso ( $P < 0,01$ ; Tabla 2). Se encontró una relación directa entre el peso al nacimiento con el peso al destete al estudiar la correlación de Pearson ( $r = 0,41$ ;  $P < 0,01$ ).

Estas diferencias entre grupos de peso al nacimiento se hacen igualmente evidentes para la variable ganancia media diaria, donde los animales que al nacimiento pesaron más de 1 kg, presentan una ganancia superior al resto ( $P < 0,01$ ; Tabla 2) con una tasa de correlación de Pearson ( $r = 0,45$ ;  $P < 0,01$ ).

Por otra parte, el peso al destete estuvo directamente relacionado con la GMD durante la fase de lactación ( $r = 0,95$ ;  $P < 0,01$ ) e inversamente con la duración de la lactación ( $r = -0,26$ ;  $P < 0,01$ ).

#### ***Asociación entre el peso al nacimiento y productividad en la fase de transición***

El peso al nacimiento no afectó a la tasa de mortalidad durante la fase de transición, que se mantuvo en valor medio de 6,3 %, sin diferencias significativas entre grupos (Tabla 2;  $P = 0,98$ ), y una tasa de Regresión logística binomial no significativa (Tabla 3;  $P = 0,39$ ). Tampoco afectó a la duración de la fase de transición (media  $41,41 \pm 0,38$  días;  $P = 0,08$ ). Sin embargo, se observó una diferencia entre los grupos de pesos al nacimiento en los pesos al final de transición y la ganancia media diaria en esta fase ( $P < 0,01$ , Tabla 2). Los animales con pesos al nacimiento menor a 0,80 kg presentaron pesos al final de transición y ganancias durante ese periodo muy inferiores a los animales con pesos al nacimiento superiores a 0,90 kg.

Observamos, por otra parte, que no había relación entre el peso al nacimiento con los días que dura la transición ( $P > 0,05$ ). Mientras que el peso al nacimiento estuvo directamente correlacionado con peso al final de la transición ( $r = 0,42$ ;  $P < 0,01$ ) y la GMD en esta fase ( $r = 0,38$ ;  $P < 0,01$ ).

Por último, se puso de manifiesto que el peso de entrada en la transición condicionaba todos los parámetros de la misma, ya que de manera directa se correlacionaba con el peso final de transición ( $r = 0,69$ ;  $P < 0,01$ ) y GMD ( $r = 0,53$ ;  $P < 0,01$ ) e inversamente con la tasa de mortalidad ( $Z = -2,89$ ;  $P < 0,01$ , Tabla 3) y la duración de la transición ( $r = -0,19$ ;  $P < 0,01$ ).

**Asociación entre el peso al nacimiento y productividad en la fase de cebo**

El peso al nacimiento no afectó a las tasas de mortalidad en la fase de cebo ( $P = 0,24$ ; Tabla 3), Sin embargo, afectaba a la duración de

este, el peso alcanzado al final del cebo y a la ganancia (GMD) en este periodo (Tabla 2;  $P < 0,01$ ).

Al estudiar las correlaciones entre el peso al nacimiento se observó una relación directa con la GMD ( $r = 0,16$ ;  $P = 0,03$ ) y el peso al final del cebo ( $r = 0,35$ ;  $P < 0,01$ ).

**Evaluación de rendimientos productivos y económicos**

El peso al nacimiento determinó la tasa de supervivencia del animal a lo largo de todo el periodo de producción, desde el nacimiento hasta el final del cebo. Así los animales con peso al nacimiento inferior a 0,80 kg presentaron tasas de mortalidad superiores al 50 % y llegaron a alcanzar niveles del 74 % para pesos menores a 0,70 kg (Tabla 4). Esta relación se confirma con la regresión logística binomial ( $Z = -4,96$ ;  $P < 0,01$ ; Tabla 3).

Tabla 4. Relación entre peso al nacimiento y mortalidad global.  
Table 4. Relationship between birth weight and total mortality.

| Categorías de peso al nacimiento (kg) | n   | Mortalidad total (%) |
|---------------------------------------|-----|----------------------|
| De 0,50 a 0,69                        | 34  | 73,53 <sup>a</sup>   |
| De 0,70 a 0,79                        | 83  | 53,01 <sup>a</sup>   |
| De 0,80 a 0,89                        | 99  | 52,53 <sup>ab</sup>  |
| De 0,90 a 0,99                        | 59  | 37,29 <sup>bc</sup>  |
| De 1,00 a 1,22                        | 78  | 24,36 <sup>c</sup>   |
| Total                                 | 353 | 45,89                |
| P                                     |     | <0,01                |

<sup>a,b,c</sup> superíndices diferentes en la misma columna indica diferencias con  $P < 0,05$ .

Para evaluar el valor predictivo que el peso al nacimiento pudiera tener de la mortalidad a lo largo de todo el proceso productivo se realizó un análisis de curvas ROC (Receiver operating characteristic). El área bajo la

curva fue de 0,660 (intervalo de confianza 95 %, 0,603-0,716; Figura 1;  $P < 0,05$ ) lo que permitió calcular un punto de corte óptimo de 0,815 kg al nacimiento, para predecir la mortalidad de los animales. Con este valor la

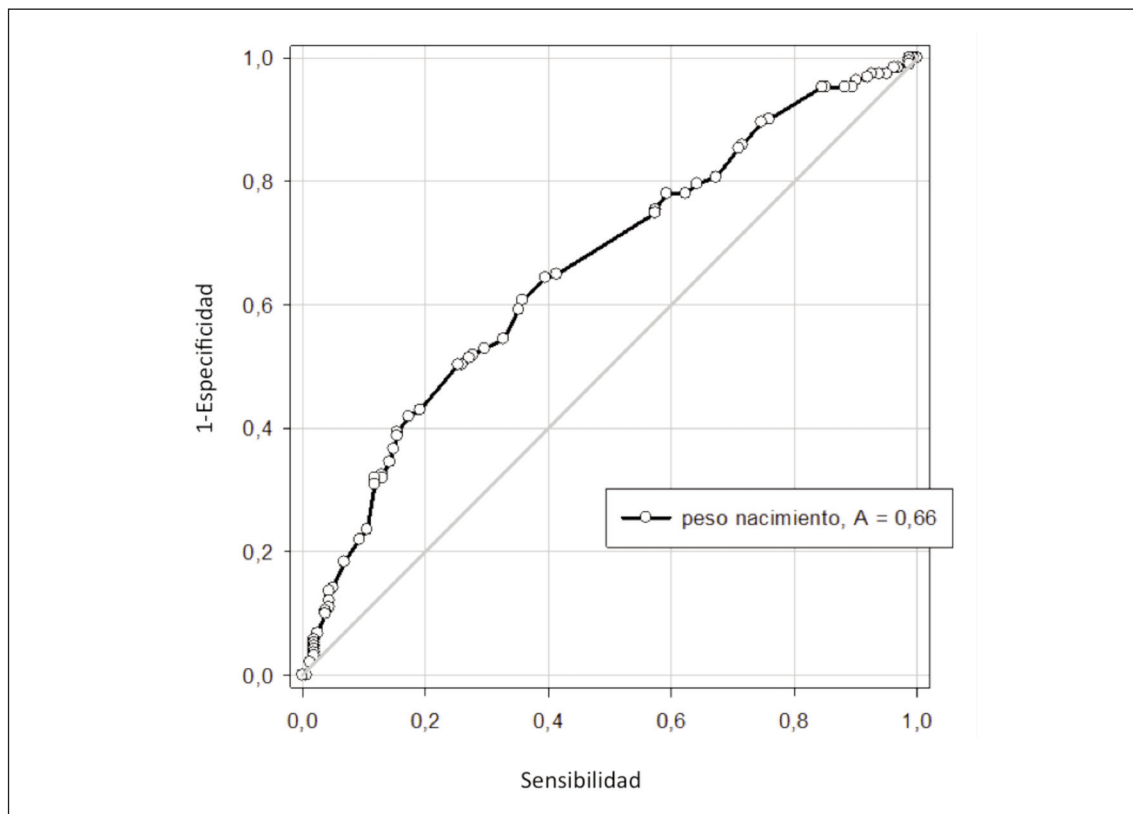


Figura 1. Curva ROC (Receiver operating characteristic) para el peso al nacimiento y supervivencia hasta fin de cebo.

*Figure 1. ROC (Receiver operating characteristic) curve for birth weight and survival.*

sensibilidad y especificidad del modelo predictivo fue del 62,4 % para ambos parámetros (Figura 2).

Al analizar los costes de producción mediante un ejercicio de simulación, se observó como el peso al nacimiento determina los datos productivos como lechones destetados o criados por cerda/año, así como los costes de producción (coste de lechón, coste de cerdo a matadero y coste de kg de animal) (Tablas 5 y 6).

Los tres grupos de peso al nacimiento entre 0,50 kg y 0,89 kg, presentaban una elevada mortalidad y menores tasas de crecimiento en todas las fases de producción, lo que de-

terminó que los costes de producción de los lechones y de kg de cerdo en el matadero se elevaron por encima de los valores de referencia que corresponde con la media de la explotación (grupo control índice 100; Tabla 5 y 6). De manera que el coste de producción se multiplicó en esos grupos por valores entre el 1,4 y 2,2 (Tabla 6). Mientras que la productividad en esos tres grupos experimentales con pesos al nacimiento más reducidos, medida en términos de lechones destetados/cerda/año y criados/cerda/año se redujo al 45-67 % de los valores de referencia (30,33 y 29,1 lechones respectivamente; Tabla 5 y 6).

Tabla 5. Evaluación económica de los costes de producción de lechones o cerdos de cebo, de acuerdo con el peso de nacimiento.  
*Table 5. Economic evaluation of the production costs of piglets and fattening pigs, according to the birth weight.*

| Categorías de peso al nacimiento (kg) | Coste del lechón (€) | Lechones destetados/ cerda/año | Lechones criados/ cerda/año | Coste cerdo matadero € (datos cebo = control) | Coste cerdo matadero € (datos antes cebo = control) | Coste cerdo matadero € real | Coste €/kg (datos antes cebo = control) | Coste €/kg real |
|---------------------------------------|----------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------|-----------------|
| 0,50 a 0,69                           | 86,17                | 14,52                          | 13,5                        | 166,54                                        | 124,35                                              | 191,26                      | 1,38                                    | 2,13            |
| 0,70 a 0,79                           | 59,54                | 20,38                          | 19,5                        | 138,93                                        | 113,97                                              | 137,14                      | 1,25                                    | 1,51            |
| 0,80 a 0,89                           | 63,96                | 19,61                          | 18,2                        | 143,52                                        | 114,12                                              | 142,55                      | 1,22                                    | 1,53            |
| 0,90 a 0,99                           | 42,25                | 29,31                          | 27,5                        | 121,02                                        | 112,06                                              | 114,88                      | 1,24                                    | 1,27            |
| 1,00 a 1,22                           | 38,95                | 32,08                          | 29,8                        | 117,60                                        | 114,22                                              | 113,17                      | 1,14                                    | 1,13            |
| Media del estudio                     | 52,42                | 23,68                          | 22,2                        | 131,56                                        | 113,81                                              | 128,35                      | 1,21                                    | 1,36            |
| Control                               | 39,89                | 30,33                          | 29,1                        | 118,57                                        | 118,57                                              | 118,57                      | 1,05                                    | 1,05            |

Tabla 6. Estimación de rentabilidad y productividad relativa de acuerdo con el peso de nacimiento, teniendo como referencia los valores control (100).

*Table 6. Estimation of profitability and relative productivity according to birth weight, based on control values (100).*

| Categorías de peso al nacimiento (kg) | Coste de lechón fin transición | Coste kg cerdo matadero | Lechones destetados/ cerda/año | Lechones criados/ cerda/año |
|---------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| De 0,50 a 0,69                        | 216,02                         | 202,66                  | 47,87                          | 46,39                       |
| De 0,70 a 0,79                        | 149,26                         | 143,35                  | 67,19                          | 67,01                       |
| De 0,80 a 0,89                        | 160,34                         | 145,67                  | 64,66                          | 62,54                       |
| De 0,90 a 0,99                        | 105,92                         | 120,61                  | 96,64                          | 94,50                       |
| De 1,00 a 1,22                        | 97,64                          | 107,78                  | 105,77                         | 102,41                      |
| Media total                           | 131,41                         | 129,70                  | 78,07                          | 76,29                       |
| Control                               | 100                            | 100                     | 100                            | 100                         |

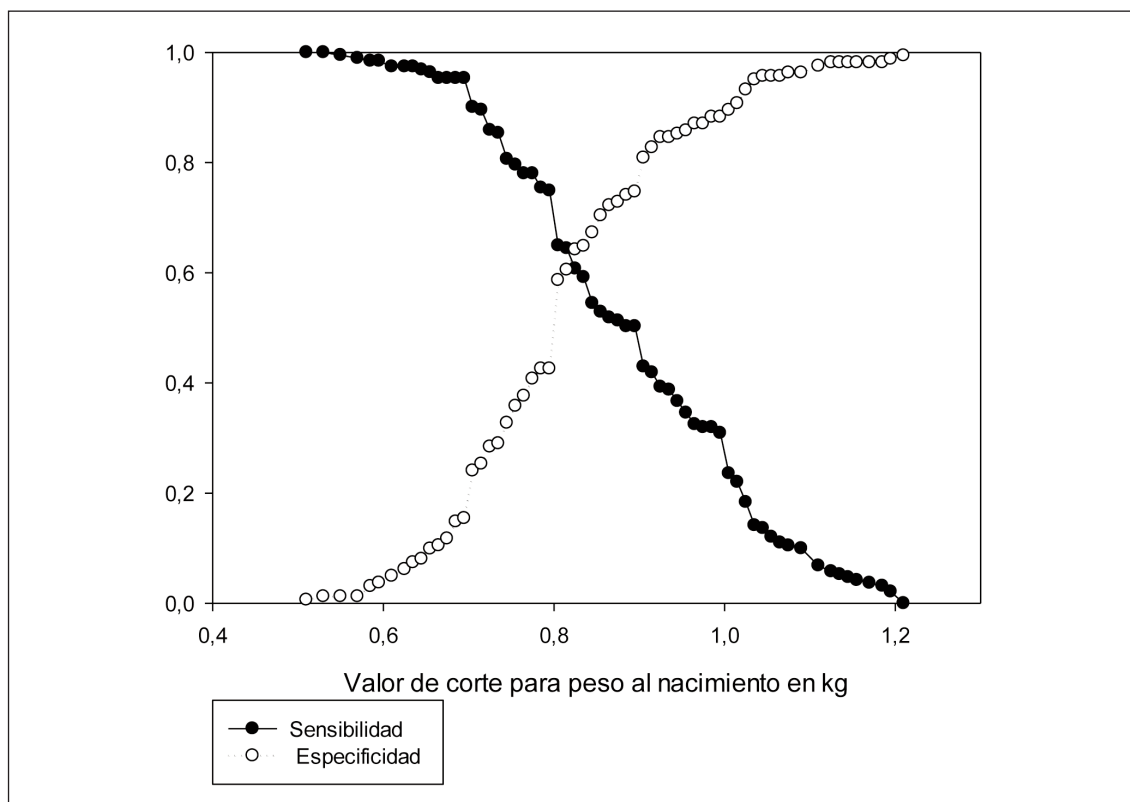


*Figura 2. Sensibilidad y especificidad para predecir la supervivencia del animal de acuerdo con el peso al nacimiento.*

*Figure 2. Sensitivity and specificity to predict the survival of the animal according to birth weight.*

## Discusión

Se ha demostrado que los lechones de bajo peso al nacimiento afectan de manera crucial todos los parámetros productivos y tienen una gran repercusión económica en la viabilidad de la explotación. Se diseñó este estudio para analizar las elevadas tasas de mortalidad en lactación, que pudieran estar asociado a problemas en el manejo de la paridera de los lechones con bajo peso al nacimiento. En este estudio se trabaja con animales con un peso en un rango entre 0,5 kg y 1,2 kg con el objetivo de valorar las consecuencias productivas y económicas de su producción.

Se debe tener en consideración que el peso al nacimiento de los lechones tiene una baja heredabilidad pese a que los pesos finales y las ganancias medias diarias suelen tener un mayor componente genético (heredabilidad media-alta) (Wang *et al.*, 2016).

En la fase de lactación, el peso al nacimiento influye en, el peso al destete, la duración de la fase de la lactación, la GMD y la tasa de mortalidad. Mientras que en las fases de transición y cebo el peso del nacimiento afecta a los pesos conseguidos al final de los periodos y a la ganancia media diaria, pero no en las tasas de mortalidad. Todo ello se traduce en

que los pesos al nacimiento determinan los rendimientos productivos y económicos de la explotación.

Los valores elevados de tasa de mortalidad son debidos a que en este caso se han estudiado animales con pesos medios reducidos y en condiciones productivas no óptimas, como se pone de manifiesto con la elevada mortalidad. Sin embargo, las conclusiones a las que se llegan son equivalentes a las que otros autores han descrito previamente en otras condiciones experimentales o productivas (English y Bilkei, 2004; Ferrari *et al.*, 2014).

Los lechones de bajo peso al nacimiento presentan una menor capacidad de reacción que lechones de mayor tamaño. Esto explica que el mayor número de las muertes en lactación sean en los primeros días de vida (Koketsu *et al.*, 2006). Una supervisión exhaustiva postparto, dando la atención adecuada a cerdas y lechones de bajo peso con suplementación necesaria de calor y nutrientes produce una disminución de la mortalidad en la fase de lactación (Muns *et al.*, 2016). Las primeras horas tras el nacimiento los lechones menos viables no son capaces de recuperar su temperatura corporal y la hipotermia produce afectaciones de la capacidad de succión, letargia y finalmente la mayoría de ellos terminan por ser aplastados por la cerda (Kirkden *et al.*, 2013; Alexopoulos *et al.*, 2018). Es por ello que algunos estudios proponen los parámetros de temperatura rectal o corporal como buenos predictores de la mortalidad durante la fase de lactación (Alexopoulos *et al.*, 2018; Tuchscherer *et al.*, 2000).

También podemos observar que los animales con menor peso al nacimiento necesitan más días para alcanzar el peso de destete y lo hacen con pesos inferiores. La manipulación y suplementación de la alimentación del lechón en paridera es una de las posibles prácticas que pueden ayudar al aumento del peso al destete (Wolter *et al.*, 2002; Houben *et al.*, 2017).

La relación directa entre el peso al nacimiento con el peso al destete ( $r = 0,41$ ;  $P < 0,01$ ) y la ganancia media diaria ( $r = 0,45$ ;  $P < 0,01$ ) al final de la lactación, determinará el rendimiento productivo en la transición (Larriestra *et al.*, 2006) y en las fases posteriores de cebo (Beaulieu *et al.*, 2010; Douglas *et al.*, 2014). En este estudio hemos puesto de manifiesto la influencia del peso al nacimiento sobre los pesos y ganancias medias diarias en las fases de transición y cebo. Recientemente, se ha descrito que la variabilidad en el peso del animal que llega al matadero (medido como coeficiente de variación) dependen fundamentalmente del peso al nacimiento (20-25 %), y de la fase de lactación y los primeros 14 días de transición (López-Vergé *et al.*, 2018).

Los animales nacidos con bajo peso presentan sistemas digestivos inmaduros (D'Inca *et al.*, 2010) y un menor desarrollo del tracto digestivo, implicando una baja digestión y absorción de los nutrientes (Michiels *et al.*, 2013). Cada vez hay más evidencias que el bajo peso al nacimiento altera la permeabilidad de la mucosa del intestino delgado, el metabolismo de carbohidratos y lípidos a nivel intestinal y la microbiota intestinal del animal que le afectará su crecimiento a lo largo de toda su vida (Fontaine *et al.*, 2019; Tao *et al.*, 2019). Por otra parte, el peso del nacimiento está relacionado con el número y tipo de fibras musculares que presenta el animal, determinando el crecimiento muscular y la calidad de la carne (Tristán *et al.*, 2009; Beaulieu *et al.*, 2010).

Está claro que el incremento del número de lechones nacidos por camada implica una disminución del peso al nacimiento. Sin embargo, este criterio debe de analizarse desde un punto de rentabilidad y viabilidad productiva. Analizando las curvas ROC, se detectó un área bajo la curva de 0,66 ( $P > 0,05$ ). En este sentido, la precisión de la predicción se considera nula cuando el área bajo la curva es de 0,5, porque las proporciones de verdadero y

falso positivo son iguales; la precisión aumenta a medida que AUC está más cerca de 1,0, donde la discriminación se considera perfecta. Este área puede interpretarse en este caso como la probabilidad de que, al pesar los lechones al nacimiento, seamos capaces de predecir correctamente si van a morir o no durante todo el proceso productivo en el 66 % de los casos, con un rango de precisión entre el 60,3 % y el 71,6 %.

Este abordaje estadístico permite determinar el punto de corte (Cut-off) en el peso al nacimiento que determina la supervivencia durante todo el periodo productivo con un valor de 0,815 como valor de decisión, con tasas de sensibilidad y especificidad iguales a 62,4 %. Aunque se puede hacer uso de la información disponible en la figura 2, donde cada productor puede elegir un punto de corte y conocer la sensibilidad (capacidad de predecir los animales que van a llegar al final del proceso) y especificidad (capacidad de predecir los animales que no van a morir antes de llegar al matadero) asociado a la decisión de ese valor.

Otros autores han abordado el estudio de la relación entre el peso al nacimiento y la mortalidad o supervivencia durante la fase de lactación determinando valores de corte entre 1-1,1 kg (Larriestra *et al.*, 2006; Feldpausch *et al.*, 2019). Interesantemente, se ha analizado mediante curvas ROC como el peso al nacimiento se relaciona con la mortalidad en diversos momentos (24 horas, 20 días y 70 días) determinando por una parte que el área bajo la curva decrece conforme aumenta el periodo estudiado (0,98; 0,87 y 0,79 respectivamente) y por otra parte el valor de corte aumenta (1,02; 1,09 y 1,10 kg respectivamente) (Magnabosco *et al.*, 2015).

Estos valores de corte son superiores a los encontrados en nuestro estudio, debido a que en nuestro caso hemos limitado el peso al nacimiento entre 0,5 kg y 1,22 kg en la selección de los animales, mientras que los estudios an-

tes citados el rango de pesos al nacimiento fue más elevado (por ejemplo: 0,41-2,40 kg (Magnabosco *et al.*, 2015; Feldpausch *et al.*, 2019).

Con esta metodología analítica se puede determinar para cada explotación, empresa o genética específica la influencia del peso al nacimiento sobre los resultados productivos y económicos, permitiendo la toma de decisiones como el valor de corte con la optimización de los niveles de sensibilidad y especificidad.

Además de la influencia del peso al nacimiento y la tasa de mortalidad antes descrito, un problema añadido es que los lechones de bajo peso al nacimiento para alcanzar el mismo peso al destete que sus compañeros de camada necesitan muchos más días de lactación. Esto implica un riesgo sanitario para la explotación donde la bioseguridad interna de la granja se ve afectada (Rutherford *et al.*, 2013). En los sistemas de producción actuales se busca un modelo de producción todo dentro-todo fuera. Este término extrapolado a una paridera implica que los animales que presentan aproximadamente el mismo intervalo de días de vida deben ser destetados a la misma vez o como mucho con una semana de margen, ya que serán la principal fuente de transmisión de enfermedades (Baxter *et al.*, 2013) y tendrá una repercusión productiva y económica significativa (Calderón Díaz *et al.*, 2017). Adicionalmente, se ha descrito que la extensión de la duración del periodo de cebo está asociada con un incremento de la mortalidad en ese periodo (Maes *et al.*, 2004).

La evaluación del coste económico de las técnicas usadas en granjas comerciales para ayudar a los lechones de bajo peso al nacimiento (trabajo extra, suplementos nutricionales, plazas de paridera, etc.), efectos en el índice de conversión, está todavía sin determinar con precisión (Muñoz y Rouco, 1995). Sin embargo, el trabajo de simulación con los valores medios de los grupos permite estimar los grupos de animales que se separan de los ob-

jetivos productivos y económicos de la media de la explotación. En este estudio, se ha estimado que el punto de corte que determina la rentabilidad económica se encuentra en pesos al nacimiento de 0,89 kg. Desafortunadamente, no se pudo aplicar el análisis de curvas ROC sobre los datos económicos de manera robusta, al no tener posibilidad de calcular los costes de producción de manera individual. Por lo que únicamente se puede estimar el coste y productividad de un grupo experimental.

La elevada tasa de mortalidad de lechones con bajo peso y el retraso en el crecimiento, medido en términos de reducida GMD o/y mayor duración en cada una de las fases, son las causas principales de la reducción la rentabilidad económica, como ha sido analizado recientemente para evaluar los resultados económicos del uso de nodrizas en líneas hiperprolíficas (Alvåsen *et al.*, 2017).

Por ello, los datos del presente estudio podrían servir de base o modelo para determinar si la producción de este tipo de lechones es económicamente rentable y si es posible tomar medidas para minimizar sus efectos (Kirkden *et al.*, 2013; Douglas *et al.*, 2014).

## Conclusiones

El peso al nacimiento de los lechones es un factor determinante de los resultados productivos y económicos de la explotación porcina, porque afecta a las tasas de mortalidad de la fase de lactación y afecta a la ganancia media diaria y pesos alcanzados en todas las fases productivas, determinando el rendimiento económico de la misma. En las condiciones experimentales de esta explotación se determinó que el valor de corte de 0,815 kg como mejor para explicar la mortalidad global del proceso desde nacimiento al matadero, y se estimó que el peso de 0,890 kg como el valor de corte para la rentabilidad económica.

## Agradecimientos

Los autores quieren agradecer al Dr. Manuel Toledo Castillo, veterinario técnico del grupo Frances su colaboración en la toma de datos y la interpretación de los mismos, así como al personal de granja que permitió que el trabajo se pudiera llevar a cabo.

Joaquín Gadea pertenece al grupo de excelencia científica de la Región de Murcia (proyecto Fundación Séneca 20040/GERM/16).

## Referencias bibliográficas

- Alexopoulos JG, Lines DS, Hallett S, Plush KJ (2018). A review of success factors for piglet fostering in lactation. *Animals* 8: 38. <https://doi.org/10.3390/ani8030038>
- Alvåsen K, Hansson H, Emanuelson U, Westin R (2017). Animal welfare and economic aspects of using nurse sows in Swedish pig production. *Frontiers in Veterinary Science* 4. <https://doi.org/10.3389/fvets.2017.00204>
- Baxter EM, Rutherford KMD, D'Eath RB, Arnott G, Turner SP, Sandøe P, Moustsen VA, Thorup F, Edwards SA, Lawrence AB (2013). The welfare implications of large litter size in the domestic pig II: Management factors. *Animal Welfare* 22: 219-238. <https://doi.org/10.7120/09627286.22.2.219>
- Beaulieu AD, Aalhus JL, Williams NH, Patience JF (2010). Impact of piglet birth weight, birth order, and litter size on subsequent growth performance, carcass quality, muscle composition, and eating quality of pork. *Journal Of Animal Science* 88: 2767-2778. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2222>
- Calderón Díaz JA, Diana A, Boyle LA, Leonard FC, McElroy M, McGettrick S, Moriarty J, García Manzanilla E (2017). Delaying pigs from the normal production flow is associated with health problems and poorer performance. *Porcine Health Manag* 3: 13. <https://doi.org/10.1186/s40813-017-0061-6>
- Che L, Xu M, Yang Z, Xu S, Che L, Lin Y, Fang Z, Feng B, Li J, Chen D, Wu (2016). Detection of

- placental proteomes at different uterine positions in Large White and Meishan gilts on gestational day 90. *PLoS One* 11: e0167799. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167799>
- D'Inca R, Che L, Thymann T, Sangild PT, Le Huërou-Luron I (2010). Intrauterine growth restriction reduces intestinal structure and modifies the response to colostrum in preterm and term piglets. *Livestock Science* 133: 20-22. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.06.015>
- Douglas SL, Edwards SA, Kyriazakis I (2014). Management strategies to improve the performance of low birth weight pigs to weaning and their long-term consequences. *Journal of Animal Science* 92: 2280-2288. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7388>
- English JGH, Bilkeit G (2004). The effect of litter size and littermate weight on pre-weaning performance of low-birth-weight piglets that have been cross-fostered. *Animal Science* 79: 439-443. <https://doi.org/10.1017/S1357729800090305>
- Feldpausch JA, Jourquin J, Bergstrom JR, Borgen JL, Bokenkroger CD, Davis DL, Gonzalez JM, Nelssen JL, Puls CL, Trout WE, Ritter MJ (2019). Birth weight threshold for identifying piglets at risk for preweaning mortality. *Translational Animal Science* 3: 633-640. <https://doi.org/10.1093/tas/txz076>
- Ferrari CV, Sbardella PE, Bernardi ML, Coutinho ML, Vaz IS, Wentz I, Bortolozzo FP (2014). Effect of birth weight and colostrum intake on mortality and performance of piglets after cross-fostering in sows of different parities. *Preventive Veterinary Medicine* 114: 259-266. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2014.02.013>
- Fontaine MA, Diane A, Singh VP, Mangat R, Krysa JA, Nelson R, Willing BP, Proctor SD (2019). Low birth weight causes insulin resistance and aberrant intestinal lipid metabolism independent of microbiota abundance in Landrace-Large White pigs. *The FASEB Journal* 33: 9250-9262. <https://doi.org/10.1096/fj.201801302RR>
- Houben MAM, Tobias TJ, Holstege MMC (2017). The effect of double nursing, an alternative nursing strategy for the hyper-prolific sow herd, on herd performance. *Porcine Health Management* 3: 2. <https://doi.org/10.1186/s40813-016-0050-1>
- Johnson RK, Nielsen MK, Casey DS (1999). Responses in ovulation rate, embryonal survival, and litter traits in swine to 14 generations of selection to increase litter size. *Journal of Animal Science* 77: 541-557. <https://doi.org/10.2527/1999.773541x>
- Jourquin J, Morales J, Bokenkroger CD (2016). Impact of piglet birth weight increase on survivability and days to market, a simulation model. *Journal of Animal Science* 94: 34-34. <https://doi.org/10.2527/msasas2016-073>
- Kemp B, Da Silva CLA, Soede NM (2018). Recent advances in pig reproduction: Focus on impact of genetic selection for female fertility. *Reproduction in Domestic Animals* 53(S2): 28-36. <https://doi.org/10.1111/rda.13264>
- Kirkden RD, Broom DM, Andersen IL (2013). Piglet mortality: Management solutions. *Journal of Animal Science* 91: 3361-3389. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5637>
- Koketsu Y, Takenobu S, Nakamura R (2006). Pre-weaning mortality risks and recorded causes of death associated with production factors in swine breeding herds in Japan. *Journal of Veterinary Medical Science* 68: 821-826. <https://doi.org/10.1292/jvms.68.821>
- Koketsu Y, Tani S, Iida R (2017). Factors for improving reproductive performance of sows and herd productivity in commercial breeding herds. *Porcine Health Management* 3: 1. <https://doi.org/10.1186/s40813-016-0049-7>
- Larriestra AJ, Wattanaphansak S, Neumann EJ, Bradford J, Morrison RB, Deen J (2006). Pig characteristics associated with mortality and light exit weight for the nursery phase. *The Canadian Veterinary Journal* 47: 560-566.
- Le Dividich J, Charneca R, Thomas F (2017). Relationship between birth order, birth weight, colostrum intake, acquisition of passive immunity and pre-weaning mortality of piglets. *Spanish Journal of Agricultural Research* 15: e0603. <https://doi.org/10.5424/sjar/2017152-9921>
- López-Vergé S, Gasa J, Farré M, Coma J, Bonet J, Solà-Oriol D (2018). Potential risk factors related to pig body weight variability from birth to slaughter in commercial conditions. *Translational Animal Science* 2: 383-395. <https://doi.org/10.1093/tas/txy082>

- Maes DG, Duchateau L, Larriestra A, Deen J, Morrison RB, de Kruif A (2004). Risk factors for mortality in grow-finish pigs in Belgium. *Journal of Veterinary Medicine, Series B* 51: 321-326. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0450.2004.00780.x>
- Magnabosco D, Pereira Cunha EC, Bernardi ML, Wentz I, Bortolozzo FP (2015). Impact of the birth weight of Landrace x Large White dam line gilts on mortality, culling and growth performance until selection for breeding herd. *Acta Scientiae Veterinariae* 43: 1274.
- Magnabosco D, Bernardi ML, Wentz I, Cunha ECP, Bortolozzo FP (2016). Low birth weight affects lifetime productive performance and longevity of female swine. *Livestock Science* 184: 119-125. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.12.008>
- Martínez-Soto JC, Landeras J, Mollá M, Mondejar I, Nicolás M, Fernández-Olmedilla L, Tralabón M, Coy P, Gadea J (2018). Total urokinase-type plasminogen activator (uPA) levels in seminal plasma are associated with positive assisted reproductive technology outcomes. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics* 35: 1091-1101. <https://doi.org/10.1007/s10815-018-1164-y>
- Michiels J, De Vos M, Missotten J, Ovyen A, De Smet S, Van Ginneken C (2013). Maturation of digestive function is retarded and plasma antioxidant capacity lowered in fully weaned low birth weight piglets. *British Journal of Nutrition* 109: 65-75. <https://doi.org/10.1017/S0007114512000670>
- Muns R, Nuntapaitoon M, Tummaruk P (2016). Non-infectious causes of pre-weaning mortality in piglets. *Livestock Science* 184: 46-57. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.11.025>
- Muñoz A, Rouco A (1995). Análisis de costes de producción del lechón comercial en explotaciones tipo de la región de Murcia. *Archivos de zootecnia* 44: 391-402.
- Nuntapaitoon M, Tummaruk P (2018). Factors influencing piglet pre-weaning mortality in 47 commercial swine herds in Thailand. *Tropical Animal Health and Production* 50: 129-135. <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1412-7>
- Oliviero C, Junnikkala S, Peltoniemi O (2019). The challenge of large litters on the immune system of the sow and the piglets. *Reproduction in Domestic Animals* 54(S3): 12-21. <https://doi.org/10.1111/rda.13463>
- Rocadembosch J, Amador J, Bernaus J, Font J, Fraile LJ (2016). Production parameters and pig production cost: temporal evolution 2010-2014. *Porcine Health Management* 2: 11. <https://doi.org/10.1186/s40813-016-0027-0>
- Rutherford KMD, Baxter EM, D'Eath RB, Turner SP, Arnott G, Roehe R, Ask B, Sandøe P, Moustsen VA, Thorup F, Edwards SA, Berg P, Lawrence AB (2013). The welfare implications of large litter size in the domestic pig I: biological factors. *Animal Welfare* 22: 199-218. <https://doi.org/10.7120/09627286.22.2.199>
- Tao S, Bai Y, Li T, Li N, Wang J (2019). Original low birth weight deteriorates the hindgut epithelial barrier function in pigs at the growing stage. *The FASEB Journal* 33: 9897-9912. <https://doi.org/10.1096/fj.201900204RR>
- Tristán F, Rivero MA, Albors OL, Ramis G, Vázquez JM, Martínez M, Martínez JS, Gil F (2009). Relationship of birth weight with the size, number and proportion of fibres in the pig semitendinosus muscle. *Anatomia, Histologia, Embryologia* 38: 275-278. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0264.2009.00936.x>
- Tuchscherer M, Puppe B, Tuchscherer A, Tiemann U (2000). Early identification of neonates at risk: Traits of newborn piglets with respect to survival. *Theriogenology* 54: 371-388. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(00\)00355-1](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(00)00355-1)
- Wang J, Feng C, Liu T, Shi M, Wu G, Bazer FW (2017). Physiological alterations associated with intrauterine growth restriction in fetal pigs: Causes and insights for nutritional optimization. *Molecular Reproduction and Development* 84: 897-904. <https://doi.org/10.1002/mrd.22842>
- Wang X, Liu X, Deng D, Yu M, Li X (2016). Genetic determinants of pig birth weight variability. *BMC Genetics* 17(S1): 15. <https://doi.org/10.1186/s12863-015-0309-6>
- Wolter BF, Ellis M, Corrigan BP, DeDecker JM (2002). The effect of birth weight and feeding

of supplemental milk replacer to piglets during lactation on preweaning and postweaning growth performance and carcass characteristics. *Journal of Animal Science* 80: 301-308. <https://doi.org/10.2527/2002.802301x>

Zotti E, Resmini FA, Schutz LG, Volz N, Milani RP, Bridi AM, Alfieri AA, Silva CAd (2017). Impact of

piglet birthweight and sow parity on mortality rates, growth performance, and carcass traits in pigs. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46: 856-862. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902017001100004>

(Aceptado para publicación el 25 de junio de 2020)

## Tipificación estructural y rentabilidad de explotaciones ovinas de carne

Louiza Chekmam<sup>1,\*</sup>, María Teresa Maza-Rubio<sup>1</sup> y Luis Pardos<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural, Facultad de veterinaria. Universidad de Zaragoza. Miguel Servet 177, 50013 Zaragoza, España

<sup>2</sup> Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural, Escuela Politécnica Superior de Huesca, Universidad de Zaragoza. Carretera Cuarte s/n, 22071 Huesca, España

### Resumen

El sector ovino de carne está experimentando un fuerte retroceso en España y en la Unión Europea. Se trata de un tipo de ganadería que desempeña un importante papel en zonas desfavorecidas por su contribución a la sostenibilidad económica, social y medioambiental, siendo importante garantizar su viabilidad económica. El objetivo genérico del presente trabajo ha sido analizar las posibles relaciones entre los resultados económicos de una muestra de explotaciones de ovino de carne ubicadas en Aragón (España) y determinados indicadores estructurales. Previamente se realizó una tipificación para estudiar su variabilidad. La muestra la componen 126 ganaderías aragonesas de ovino de carne. Se utilizan las medias de las variables durante un período que oscila entre 5 y 24 años dentro del periodo 1993-2016. Se realizó un análisis factorial sobre diez variables estructurales y se identificaron cuatro factores a partir de los cuáles se obtuvieron dos grupos significativamente diferentes en cuanto a sus características estructurales. Se eligió la renta disponible por unidad de trabajo como indicador del resultado económico de las explotaciones, y se calculó teniendo en cuenta o no la retribución de la mano de obra familiar. Mediante una regresión lineal múltiple se estableció su dependencia con las variables estructurales previamente analizadas. Se puede concluir que la optimización del número de ovejas por unidad de mano de obra y por hectárea de la superficie agrícola útil, son aspectos a tener en cuenta a la hora de mejorar la rentabilidad y la viabilidad de las explotaciones ovinas de carne.

**Palabras clave:** Ovino de carne, estructura explotación, resultados económicos.

### Structural typification and profitability of sheep meat farms

#### Abstract

The sheep meat sector is experiencing a strong recoil in Spain and in the European Union. It is a type of livestock that plays an important role in disadvantaged areas for its contribution to economic, social and environmental sustainability, being important to ensure its economic viability. The generic objective of this work has been to analyze the possible relationship between the economic results of a sample of sheep meat farms located in Aragon (Spain) and certain structural indicators. Previously a typification was done to study their variability. The sample is made up of 126 Aragonese meat sheep

---

\* Autor para correspondencia: kahina.lahna79@hotmail.fr

Cita del artículo: Chekmam L, Maza MT, Pardos L (2021). Tipificación estructural y rentabilidad de explotaciones ovinas de carne. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 117(2): 191-207. <https://doi.org/10.12706/itea.2020.023>

farms. The variables' means are used during a period that varies between 5 and 24 years within the 1993-2016 period. A factor analysis was performed on ten structural variables and four factors were identified from which two significantly different groups of farms were obtained in terms of their structural characteristics. The gross margin per total labor unit was chosen as an indicator of the economic result of farms, and was calculated considering or not the remuneration of family labor. By means of a multiple linear regression the dependence of this economic result on structural variables previously analyzed was established. It can be concluded that the optimization of the number of ewes per total labor unit and per hectare of the used agricultural area, are aspects to be considered when improving the profitability and viability of sheep meat farms.

**Keywords:** Meat sheep, farm structure, economic results.

## Introducción

A pesar del reconocimiento que la Política Agraria Común (PAC) otorga al sector ovino por su contribución a la sostenibilidad social, económica y medioambiental (MAGRAMA, 2016), el censo de ganado ovino ha experimentado un claro retroceso en los últimos años tanto en España como en los países de nuestro entorno. En el periodo 2008-2018 el número de cabezas de ganado ovino disminuyó un 26,2 % en España (MAPA, 2019), y un 7,5 % en el conjunto de la Unión Europea (EUROSTAT, 2019). El descenso fue más acusado hasta 2013, observándose después una estabilización del censo.

Distintos factores han contribuido a que el sector ovino de carne se encuentre en una situación crítica: el aumento constante de los costes de producción, el estancamiento de los precios de venta del producto, la tendencia a la baja en el consumo de carne de cordero y la concurrencia internacional de distintos países productores (Bernués y Olaizola, 2012; Marín-Bernal y Navarro-Ríos, 2014; Olaizola et al., 2014; Rodríguez-Ortega et al., 2018a), entre otros. En este contexto pueden adoptarse diferentes medidas que palién al menos de forma parcial el paulatino declive del sector. Entre ellas pueden destacarse el fomento y la promoción del consumo de carne de ovino, el aumento de la rentabilidad de las explotaciones o la adopción de diferentes po-

líticas que regulen los mercados y aumenten las ayudas a las explotaciones sobre todo aquellas relacionadas con los servicios ecosistémicos que prestan (Olaizola et al., 2008; Rodríguez-Ortega et al., 2018a,b).

De todas estas medidas el aumento de la rentabilidad ha sido citada por algunos autores (Benoit y Laignel, 2011; Olaizola et al., 2014) como una medida fundamental para disminuir la dependencia de las explotaciones de las actuales ayudas, cuya continuidad se ve amenazada en las sucesivas revisiones que va sufriendo la Política Agraria Común. Además de la rentabilidad, Pardos et al. (2008) han señalado que una mayor flexibilidad que permita la adaptación a los cambios de la política agraria afectará también positivamente a la supervivencia de las explotaciones ovinas de carne.

Sin embargo, la heterogeneidad existente en las explotaciones ovinas de carne motivada en parte por su dependencia del medio donde se ubican, con una disponibilidad de recursos muy variada, dificulta el que puedan diseñarse medidas que consigan el mismo efecto en el conjunto de las explotaciones. Una de las fuentes de heterogeneidad de las explotaciones son sus características estructurales determinadas por la disponibilidad y el uso de los diferentes factores de producción. El grado de aplicación de un factor en relación a otro permite calificar a las explotaciones como más o

menos intensivas en su utilización. De forma que en los procesos de intensificación se combina una unidad del factor limitante con cantidades crecientes de otros factores, mientras que se habla de extensificación con relación al factor relativamente más abundante, cuando éste se combina con dosis decrecientes de los factores (Tirel, 1983).

La tipificación de las explotaciones ovinas se ha realizado con cierta frecuencia por distintos autores por su utilidad para comprender la diversidad del sector (Gaspar *et al.*, 2008; López-i-Gelats *et al.*, 2011; Gelasakis *et al.*, 2012). No ha tenido tanto la finalidad de poner en marcha diferentes políticas que tengan como objetivo la ayuda y promoción de las explotaciones; aunque como ha señalado Valerio Cabrera *et al.* (2014), los estudios de tipificación y caracterización permiten realizar mejores planes y distribución de los recursos destinados a gestionar los factores determinantes que rodean a las explotaciones. Las medidas que apoyen a las explotaciones ovinas de carne son necesarias por cuanto, tanto en España como en otros países, la mayoría están localizadas en áreas desfavorecidas, de hecho en nuestro país el 80 % del censo se ubica en áreas con dificultades específicas (Andersen *et al.*, 2007; Ruiz-Mirazo *et al.*, 2011; Toro-Mujica *et al.*, 2015). Además se trata de un sector multifuncional cuyas explotaciones practican sistemas de explotación extensivos o semi-extensivos, con utilización de razas autóctonas adaptadas a las condiciones ambientales y con un importante papel en la prevención de incendios forestales, la fijación de población rural en áreas muy desfavorecidas para otras actividades, la protección y conservación de prados y la posibilidad de ofrecer productos diferenciados con valor añadido (Ruiz-Mirazo *et al.*, 2011; Vázquez *et al.*, 2014; Mena *et al.*, 2014). La multifuncionalidad de los sistemas de ovino de carne les convierte en un elemento vital para el equilibrio medio ambiental en las zo-

nas donde se localizan, existiendo una interacción mutua entre la viabilidad de los sistemas y la protección de la biodiversidad de los ecosistemas (Olaizola *et al.*, 2014; Dubeuf *et al.*, 2016; Bernués *et al.*, 2018; Rodríguez-Ortega, 2018a,b).

El objetivo del presente trabajo es caracterizar un grupo de explotaciones ovinas en función de sus características estructurales e identificar diferentes tipos de explotación. Para ello se tendrán en cuenta los principales factores de producción y la combinación de los mismos que las define como más o menos intensivas en su uso. Finalmente se analizará su posible relación con los resultados económicos alcanzados. Un mejor conocimiento de los resultados económicos obtenidos por los distintos tipos de explotación puede ayudar a detectar cuáles son más vulnerables y por tanto tener un mayor riesgo de desaparición.

## Material y métodos

Para la realización del presente trabajo se contó con una muestra de 126 explotaciones ovinas de carne localizadas en Aragón (España). Estas explotaciones se distribuyen a través de sus tres provincias: Zaragoza, Huesca y Teruel, y siguen un programa de gestión técnico-económica utilizado por una importante cooperativa ubicada en esta región (Oviaragón-Grupo Pastores). Dada la antigüedad del programa que comenzó en la década de los 90 y la continuidad de muchas de las explotaciones, los datos que utilizamos son en algunos casos las medias de los 24 años que van desde 1993 a 2016. Para cada explotación el dato medio de cada variable corresponde a la media de los años de los que se tienen registros. Lo prolongado del periodo estudiado hizo necesario que aquellas variables expresadas en unidades monetarias fueran convertidas a euros constantes del 2016.

Se seleccionaron una serie de variables estructurales basándonos en estudios de explotaciones ovinas llevados a cabo anteriormente por distintos autores (Hamrouni 1993; Chertouh, 2005; Maza *et al.*, 2008; Pardos *et al.*, 2008; López-i-Gelats *et al.*, 2011). Tras un análisis detallado de las variables más frecuentemente utilizadas, se seleccionaron 10 variables estructurales referidas a la superficie y su uso, a la mano de obra y al tamaño del rebaño (Tabla 1). Relacionadas con el factor tierra se incluyeron la superficie agrícola útil total (SAUT), el porcentaje que supone el regadío (% Reg/SAUT), las hectáreas de arrendamientos forrajeros aprovechados a diente (AF), las hectáreas de cultivos forrajeros (HCF) y la relación de la superficie con la mano de obra (SAUT/UTAT). Asimismo, se incluyeron la variable número de ovejas (NO), y su relación con la superficie (NO/SAUT) y la mano de obra (NO/UTAT). Por último, se consideró el número de unidades de trabajo anual total (UTAT) y el porcentaje de trabajo familiar (% UTF).

Para lograr el objetivo de la presente investigación se utilizaron análisis univariantes y multivariantes. El análisis univariante permitió realizar una descripción general de la muestra. Los análisis multivariantes fueron el análisis de componentes principales (ACP) para reducir el número de variables y facilitar el análisis posterior de los resultados, el análisis clúster bietápico para la obtención de grupos de explotaciones, y la regresión lineal múltiple para establecer relaciones de dependencia (Hair *et al.*, 2014).

El análisis clúster permite la obtención de grupos de explotaciones lo más homogéneas posible dentro de cada grupo y lo más heterogéneas entre grupos. Se tuvieron en cuenta las puntuaciones factoriales de los individuos para realizar el análisis clúster. Con la variable de «pertenencia al clúster» se definieron las proporciones de los clústeres.

En el análisis de regresión lineal múltiple las variables predictoras fueron las diez variables estructurales utilizadas para realizar el análisis factorial, y como variable dependiente se

Tabla 1. Descripción de la muestra<sup>(1)</sup> por las variables estructurales.  
Table 1. Description of the sample by structural variables.

| Datos estructurales                                                       | Media | Desviación estándar |
|---------------------------------------------------------------------------|-------|---------------------|
| Número de Ovejas (NO)                                                     | 605,6 | 304                 |
| Número de Unidades de Trabajo Anual Total (UTAT)                          | 1,32  | 0,49                |
| % Unidades de Trabajo Familiar (% UTF)                                    | 90    | 18,0                |
| Número de Ovejas por Unidad de Trabajo Total (NO/UTAT)                    | 463,2 | 143,7               |
| Número de Ovejas por hectárea de Superficie Agrícola Útil Total (NO/SAUT) | 17,5  | 59                  |
| Superficie Agrícola Útil por unidad de Trabajo Total (SAUT/UTAT)          | 74,6  | 61,4                |
| Superficie Agrícola Útil Total (SAUT)                                     | 95,7  | 87,8                |
| % Regadío sobre Superficie Agrícola Útil Total (% Reg/SAUT)               | 22,2  | 32,3                |
| Arrendamiento forrajero (AF)                                              | 461,3 | 791                 |
| Hectáreas de cultivos forrajeros (HCF)                                    | 21    | 22,7                |

<sup>(1)</sup> Muestra total de 126 explotaciones ovinas de carne en Aragón.

consideró la renta disponible por unidad de trabajo total (RDPUTAT). La renta disponible por unidad de trabajo puede considerarse como la medida más significativa de los resultados económicos obtenidos y un indicador de la posible continuidad de las explotaciones al incluir la productividad por oveja y el tamaño correcto del rebaño (Olaizola et al., 1996). En su cálculo puede incluirse o no la retribución de la mano de obra familiar dado el carácter eminentemente familiar de las explotaciones ovinas. En el presente trabajo se ha calculado de ambas formas.

En el análisis de regresión lineal múltiple, se utilizó el método por pasos para retener solo las variables independientes significativas en los modelos resultantes. El modelo genérico lineal se formuló de la siguiente manera:

$$\text{RDPUTAT} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_n X_n + e$$

Donde RDPUTAT (la renta disponible por unidad de trabajo anual total) es la variable dependiente,  $\beta_0$  es la constante de regresión, y  $\beta_1 \beta_2 \beta_3 \dots \beta_n$  son coeficientes a estimar,  $X_1, X_2, X_3 \dots X_n$  son las variables estructurales utilizadas y (e) es el error del modelo de la regresión. Los coeficientes de regresión se comprobaron usando la prueba t. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) se utilizó como criterio predictivo de éxito para el modelo de regresión (Drapper y Smith, 1998 citado por Sakar et al., 2011). Se ha utilizado el paquete SPSS versión 26 para ejecutar los análisis estadísticos.

La robustez de cada uno de los modelos fue validada de la siguiente manera: la ausencia de multicolinealidad se verificó utilizando el índice de tolerancia y el factor de inflación (FIV). Según Pérez (2005) un FIV grande y un índice de tolerancia pequeño pueden indicar posible presencia de colinealidad. Para verificar la correlación serial de los residuos se aplicó la prueba de Durbin Watson, que establece que un valor cercano a 2 indica que no existen problemas de autocorrelación.

Usualmente se considera que entre 1,5 y 2,5 debería existir independencia entre los residuos (Pineda Jaimes et al., 2011).

## Resultados y discusión

### Descripción de la muestra

El tamaño promedio de las 126 explotaciones estudiadas es de 605,6 ovejas, manejadas por 1,32 unidades de mano de obra total (tabla 1). Esta última cifra coincide con la obtenida por Chertouh (2005) con 1,32 UTAT, en explotaciones de ovino de carne en Aragón. Las unidades de mano de obra familiar representan aproximadamente el 90 % del total de unidades de mano de obra, lo que significa que las explotaciones de la muestra son en su mayoría explotaciones familiares. Con respecto a la intensificación de la mano de obra, el número de ovejas por unidad del trabajo es el índice más utilizado. El número medio de ovejas por unidad del trabajo es de 463,2 ovejas/UTAT. En opinión de Pardos y Fantova (2007) los mejores resultados económicos se obtienen en explotaciones que manejan entre 400 y 600 ovejas por unidad de trabajo. La media de la superficie agrícola útil de estas explotaciones es de 95,7 ha, de las cuales el 22,2 % son de regadío. Los cultivos forrajeros suponen 21 ha de media y los arrendamientos forrajeros para pastoreo a diente 461,3 ha. Como medidas de intensificación la carga ganadera (NO/SAUT) se sitúa en 17,5 ovejas/ha, al tiempo que se registra una media de 74,6 ha de superficie agrícola útil por unidad de mano de obra (SAUT/UTAT).

### Análisis de Componentes Principales

El análisis factorial parte de la matriz de correlación entre las variables que analiza. La mayoría de los coeficientes de correlación entre las variables son significativos ( $p \leq 0,01$  o  $p \leq 0,05$ ) (Complemento 1), por lo que puede realizarse el análisis (Sakar et al., 2011).

Destaca la alta correlación positiva que presenta la variable número de ovejas (NO) con las variables número de unidades de trabajo total (UTAT), la intensificación de la mano de obra (NO/UTAT), las hectáreas de cultivos forrajeros (HCF), la superficie agrícola útil (SAUT) y el arrendamiento forrajero (AF). Por otro lado, el número de ovejas se correlaciona de forma significativa aunque con coeficiente negativo con el porcentaje de trabajo familiar (% UTF). Estos tres principales factores productivos (el capital vivo, la mano de obra y la superficie) están correlacionados, y este resultado es similar al encontrado por Hamrouni (1993), quien afirmó que estos factores productivos manifestaban una relación de dimensión. Por otro lado, el número de unidades de trabajo total (UTAT) presenta correlación negativa con el porcentaje de mano de obra familiar (% UTF), y positiva con las variables de superficie SAUT, AF y HCF. Finalmente, la SAUT presenta una correlación positiva muy alta con SAUT/UTAT y negativa con el porcentaje de regadío.

Para reducir las dimensiones de los diez indicadores estructurales utilizados en esta sección, realizamos un análisis factorial que utilizó los componentes principales como método de extracción. Tanto el índice KMO = 0,465 como la prueba de esfericidad de Bartlett (Chi-cuadrado) fueron significativos ( $p < 0,000$ ), lo que permitió seguir con la interpretación de los resultados. Las diez variables originales se sintetizaron en cuatro factores con valores propios superiores a 1 que explican el 71,78 % de la varianza total, lo cual se considera un buen porcentaje (Hair et al., 2014). Realizamos el método Varimax para la rotación de factores; los resultados se muestran en la tabla 2.

El factor 1 explica el 28,45 % de la varianza. A este factor le caracterizan dos de las diez variables iniciales; estas variables son el tamaño de la superficie agrícola útil (SAUT) y las hectáreas de la superficie agrícola útil por unidad de la mano de obra total (SAUT/UTAT).

El factor 2 explica 19,75 % de la varianza. A este factor le caracterizan las unidades de la mano de obra total (UTAT) y el tamaño del rebaño (NO) y con signo negativo el porcentaje de unidades de trabajo familiar (% UTF). Esta relación negativa entre el porcentaje de trabajo familiar y el tamaño del rebaño ha sido señalada por otros autores (Hamrouni, 1993; Chertouh, 2005).

El factor 3 explica el 13,42 % de la varianza total. Al factor le caracterizan dos variables, hectáreas de cultivos forrajeros (HCF) y arrendamientos forrajeros (AF), por lo que una mayor superficie de cultivos forrajeros estaría asociada a un mayor arrendamiento de este tipo de aprovechamientos.

El factor 4 explica el 10,15 % de la varianza total. Le caracterizan las variables número de ovejas por unidad de mano de obra (NO/UTAT), la carga ganadera por hectárea de la SAUT (NO/SAUT) y el porcentaje del regadío sobre la SAUT (% Reg/SAUT). Este factor caracteriza pues a explotaciones más intensivas en el uso de la tierra y del trabajo con más proporción de superficie regada.

### **Análisis clúster**

Se han obtenido dos grupos de explotaciones. El primero incluye 90 explotaciones y el segundo 36. Los tamaños de los clústeres no están equilibrados, pero la calidad del clúster se considera suficiente (figura 1).

La realización del ANOVA ( $p < 0,0001$ ) permite demostrar que cada grupo está relacionado de manera diferente con respecto a cada factor.

### **Perfil de los grupos**

La tabla 3 muestra el perfil de los grupos. El grupo 1 está correlacionado negativamente con los cuatro factores y el grupo 2 está correlacionado positivamente con los cuatro factores.

Tabla 2. Matriz de componentes rotados a partir de variables estructurales.  
Table 2. Matrix of rotated components from structural variables.

| Indicadores estructurales                                                 | Factores                   |                             |                            |                            | Comunalidades h <sup>2</sup> |
|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|
|                                                                           | Factor 1                   | Factor 2                    | Factor 3                   | Factor 4                   |                              |
| Superficie Agrícola Útil por unidad de Trabajo Total (SAUT/UTAT)          | <b>0,922<sup>(1)</sup></b> | -0,069                      | -0,054                     | -0,158                     | 0,882                        |
| Superficie Agrícola Útil Total (SAUT)                                     | <b>0,837<sup>(1)</sup></b> | 0,344                       | 0,126                      | -0,201                     | 0,875                        |
| Número de Unidades de Trabajo Anual Total (UTAT)                          | -0,028                     | <b>0,803<sup>(2)</sup></b>  | 0,482                      | -0,024                     | 0,879                        |
| % Unidades del Trabajo Familiar (% UTF)                                   | -0,095                     | <b>-0,765<sup>(2)</sup></b> | 0,124                      | 0,066                      | 0,614                        |
| Número de Ovejas (NO)                                                     | 0,195                      | <b>0,634<sup>(2)</sup></b>  | 0,609                      | 0,319                      | 0,913                        |
| Hectáreas de Cultivos Forrajeros (HCF)                                    | 0,158                      | -0,053                      | <b>0,761<sup>(3)</sup></b> | 0,031                      | 0,607                        |
| Arrendamiento Forrajero (AF)                                              | -0,285                     | 0,267                       | <b>0,611<sup>(3)</sup></b> | -0,186                     | 0,561                        |
| Número de Ovejas por hectárea de Superficie Agrícola Útil Total (NO/SAUT) | -0,238                     | 0,204                       | -0,224                     | <b>0,695<sup>(4)</sup></b> | 0,631                        |
| % Regadío sobre Superficie Agrícola Útil Total (% Reg/SAUT)               | -0,262                     | -0,188                      | 0,028                      | <b>0,635<sup>(4)</sup></b> | 0,508                        |
| Número de Ovejas por Unidad de Trabajo Total (NO/UTAT)                    | 0,436                      | -0,039                      | 0,368                      | <b>0,618<sup>(4)</sup></b> | 0,709                        |
| El valor propio                                                           | 2,845                      | 1,976                       | 1,342                      | 1,015                      |                              |
| % Varianza                                                                | 28,45                      | 19,75                       | 13,42                      | 10,15                      |                              |
| % Varianza acumulativa                                                    | 28,45                      | 48,21                       | 61,63                      | 71,78                      |                              |

(1) (2) (3) (4) puntuaciones factoriales de las variables de los factores 1, 2, 3, 4 respectivamente.

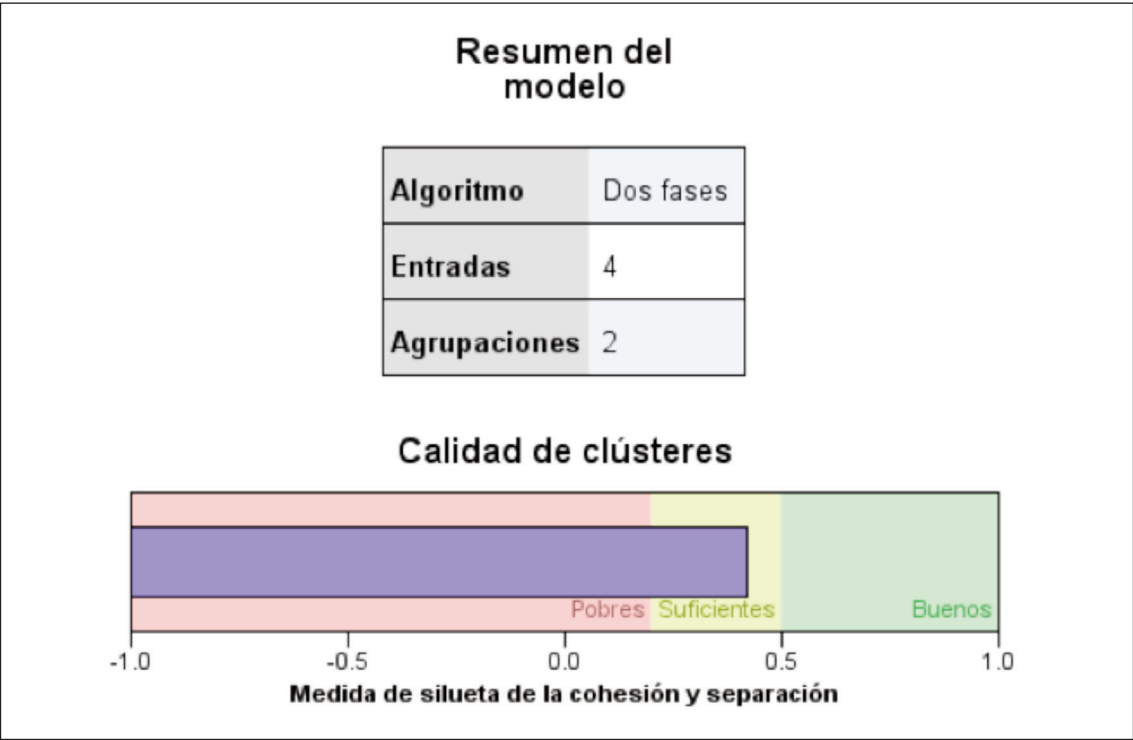


Figura 1. Calidad de los grupos.  
Fuente: *Output* del análisis clúster.  
*Figure 1. Clusters' quality.*

Tabla 3. Perfiles de puntuaciones de los factores.  
*Table 3. Profiles of the factors' scores.*

| Factores | Grupo 1    | Grupo 2   |
|----------|------------|-----------|
| Factor 1 | -0,1466566 | 0,3666416 |
| Factor 2 | -0,4538995 | 1,1347487 |
| Factor 3 | -0,1327536 | 0,3318841 |
| Factor 4 | -0,0706074 | 0,1765185 |

Para una descripción más detallada y una mejor caracterización de cada grupo, la variable «pertenencia a un grupo» se ha cruzado con las diez variables estructurales utilizadas en el presente trabajo. Los resultados se pre-

sentan en la tabla 4. Se han añadido también las variables indicativas de sus resultados económicos, que actuarán como variables dependientes en el análisis posterior. Como puede observarse, la mayoría de las variables permiten diferenciar los dos grupos de explotaciones, a excepción de las variables NO/SAUT y % Reg/SAUT. Los resultados económicos obtenidos por cada uno de los grupos no muestran diferencias significativas. El grupo 1, que agrupa al 71,4 % de las explotaciones, está formado por explotaciones pequeñas o medianas con respecto a la dimensión del rebaño, a la superficie agrícola útil total, y a las unidades de la mano de obra total. Tiene más importancia la mano

Tabla 4. Descripción de los grupos.  
Table 4. Clusters' description.

| Variables                                                                           | Grupo 1  | D.E <sup>(3)</sup> | Grupo 2  | D.E <sup>(3)</sup> | Nivel de Significancia |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|------------------------|
| Número de explotaciones                                                             | 90       |                    | 36       |                    |                        |
| Número de Ovejas (NO)                                                               | 487      | 199,1              | 903      | 319,7              | 0,000***               |
| Número de Unidades de Trabajo Anual Total (UTAT)                                    | 1,13     | 0,3                | 1,81     | 0,4                | 0,000***               |
| % Unidades de Trabajo Familiar (% UTF)                                              | 97,16    | 7,5                | 72,29    | 23,6               | 0,000***               |
| Número de Ovejas por Unidad de Trabajo Total (NO/UTAT)                              | 445      | 130,7              | 509      | 164,9              | 0,024**                |
| Número de Ovejas por hectárea de Superficie Agrícola Útil Total (NO/SAUT)           | 13       | 14,4               | 29       | 107,8              | N.S                    |
| % Regadío sobre Superficie Agrícola Útil Total (% Reg/SAUT)                         | 23,05    | 33,8               | 19,91    | 28,5               | N.S                    |
| Superficie Agrícola Útil Total/Unidad de Trabajo Anual Total (SAUT/UTAT)            | 67,25    | 51,0               | 93,04    | 79,4               | 0,033**                |
| Superficie Agrícola Útil Total (SAUT)                                               | 71,33    | 51,6               | 156,50   | 124,2              | 0,000***               |
| Arrendamiento Forrajero (AF)                                                        | 308,26   | 361,9              | 844,03   | 1299,6             | 0,000***               |
| Hectáreas de cultivos forrajeros (HCF)                                              | 18,28    | 15,7               | 28,02    | 33,7               | 0,029**                |
| Renta Disponible por UTAT (RDUTAT) <sup>(1)</sup> (€)                               | 25281,89 | 10072,1            | 24484,43 | 11019,7            | N.S                    |
| Renta Disponible por UTAT con Mano de Obra Familiar (RDUTATCMOF) <sup>(2)</sup> (€) | 12205,65 | 10210,6            | 14560,44 | 10005,6            | N.S                    |

<sup>(1)</sup> RDUTAT = Ingresos totales de la actividad productiva ovina - Costes totales objetivos de la actividad ovina "valorándose los reempleos e imputando los costes indirectos".

<sup>(2)</sup> RDUTATCMOF = Ingresos totales de la actividad productiva ovina - Costes totales objetivos de la actividad ovina (incluyendo el coste de la mano de obra familiar) "valorándose los reempleos e imputando los costes indirectos".

<sup>(3)</sup> D.E = Desviación estándar.

de obra familiar y son menos intensivas en el uso del trabajo al presentar menor número de ovejas y menor superficie agrícola útil por unidad de trabajo total. También son explotaciones con menor arrendamiento forrajero y menores hectáreas de cultivos forrajeros.

El grupo 2, por lo contrario es más reducido (28,6 % de las explotaciones) y a él pertenecen explotaciones más grandes en cuanto al tamaño del rebaño, a la superficie agrícola total y al número de unidades de trabajo total. También realizan mayor arrendamiento forrajero, con mayores hectáreas de cultivos forrajeros y son más intensivas en la utilización de la mano de obra con mayor número de ovejas y mayor superficie agrícola total por unidad de mano de obra.

### **Regresión lineal múltiple**

Como se mencionó en el apartado de metodología, las variables estructurales utilizadas en el análisis factorial se utilizaron como variables predictoras y la variable renta disponible por unidad de trabajo total sin tener en cuenta la remuneración de la mano de obra familiar (RDUTAT) y teniéndola (RDUTATCMOF) se eligió como variable respuesta o variable dependiente. Se analizaron las relaciones en cada uno de los grupos obtenidos, y también se efectuó el análisis de regresión sobre la totalidad de la muestra.

Los resultados de las seis regresiones se muestran en las tablas 5, 6 y 7. Como se puede observar, todos los estadísticos de evaluación de los modelos referidos a las seis regresiones realizadas son significativos. Los resultados se presentan a continuación.

Para la totalidad de la muestra (tabla 5), el modelo de regresión 1 (RDUTAT), en el que no se ha tenido en cuenta la remuneración de la mano de obra familiar en el cálculo de la renta disponible por unidad de trabajo, los resultados indican que la intensificación del trabajo con respecto al tamaño del rebaño

(NO/UTAT) y el porcentaje de la mano de obra familiar (% UTF) tienen un impacto positivo en los resultados alcanzados. En el modelo de regresión 2 (RDUTATCMOF) donde a diferencia del anterior se tiene en cuenta el coste de oportunidad de la mano de obra familiar, sólo la intensificación del trabajo con respecto al tamaño del rebaño (NO/UTAT) tiene un impacto positivo en la renta disponible por unidad total de mano de obra. En ambos modelos, la carga ganadera (NO/SAUT) influye negativamente en el resultado económico. Una posible explicación de este resultado reside en que las explotaciones con mayor carga ganadera tienen menos hectáreas para responder a las necesidades del rebaño; por lo que necesitan comprar más alimentos para ser suministrados en pesebre o recurrir al arrendamiento de pastos. Chabosseau et al. (2000) encontraron que la carga ganadera afecta negativamente los resultados económicos de las explotaciones estudiadas debido al incremento en la compra de inputs como fertilizantes y concentrado.

En el grupo de explotaciones pequeñas y medianas, grupo 1, la intensificación de la mano de obra (NO/UTAT) (tabla 6), sigue siendo la variable que en mayor medida explica los mejores resultados económicos. También explican estos resultados el mayor número de hectáreas de SAUT y cuando en el cálculo no se tiene en cuenta la remuneración del coste de oportunidad de la mano de obra familiar, el menor número de hectáreas de cultivos forrajeros. Por tanto, en las explotaciones de menor tamaño, donde predominan los sistemas mixtos que combinan ganado y cultivos comerciales (sobre todo cereales), la superficie puede ser un factor limitante. Una mayor superficie iría unida a una mayor autonomía alimenticia y unos mejores resultados económicos. La relación directa entre la mayor autonomía alimenticia de las explotaciones y la mejora de la rentabilidad ha sido puesta de manifiesto por diversos autores (Bernués et al., 2011; Ryschawy et al., 2013; Ripoll-Bosch et al., 2014).

Tabla 5. Resultado de los modelos de regresiones lineales múltiples de la totalidad de la muestra.  
 Table 5. Results of the multiple linear regressions models for the whole sample.

| Parámetros                                                                | Coeficientes no estandarizados |                    | Coeficientes estandarizados |                        | T <sup>(3)</sup> | P <sup>(4)</sup> | R <sup>2(5)</sup> | R <sup>2</sup> Ajustado | Durbin-Watson | FIV <sup>(6)</sup> |
|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------|-----------------------------|------------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------------|---------------|--------------------|
|                                                                           | (β)                            | D.E <sup>(1)</sup> | (β Std)                     | (β Std) <sup>(2)</sup> |                  |                  |                   |                         |               |                    |
| Regresión 1                                                               |                                |                    |                             |                        |                  |                  |                   |                         |               |                    |
| Constante                                                                 | -4856,800                      | 4354,1             |                             |                        | -1,115           | 0,267            | 0,395             | 0,380                   | 2,118         |                    |
| Renta Disponible por Unidad de Trabajo Total (NO/UTAT)                    | 41,554                         | 5,0                | 0,579                       |                        | 8,176            | 0,000***         |                   |                         |               | 1,010              |
| % Unidades de Trabajo Familiar (% UTF)                                    | 124,761                        | 40,3               | 0,218                       |                        | 3,090            | 0,002**          |                   |                         |               | 1,004              |
| Número de Ovejas por hectárea de Superficie Agrícola Útil Total (NO/SAUT) | -32,560                        | 12,4               | -0,186                      |                        | -2,620           | 0,010**          |                   |                         |               | 1,014              |
| Regresión 2                                                               |                                |                    |                             |                        |                  |                  |                   |                         |               |                    |
| Constante                                                                 | -5836,250                      | 2453,6             |                             |                        | -2,379           | 0,019**          | 0,371             | 0,361                   | 2,122         |                    |
| Renta Disponible por Unidad de Trabajo Total (NO/UTAT)                    | 41,856                         | 5,0                | 0,593                       |                        | 8,222            | 0,000***         |                   |                         |               | 1,010              |
| Obra Familiar RDUTATCMOF                                                  | -36,477                        | 12,4               | -0,212                      |                        | -2,937           | 0,004**          |                   |                         |               | 1,010              |

(1) (D.E) desviación estándar; (2) (β Std)β estandarizados; (3) (T) T-valor; (4) (P) P-valor; (5) (R<sup>2</sup>) R cuadrado; (6) (FIV) factor de inflación de la varianza.

Tabla 6. Resultado de los modelos de regresiones lineales múltiples del grupo 1.  
 Table 6. The results of the multiple linear regressions models for cluster 1.

| Parámetros                                                                        | Coeficientes no estandarizados |                    |                               |                  |                  | Coeficientes estandarizados |                         |              | Durbin-Watson | FIV <sup>(6)</sup> |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------|-------------------------------|------------------|------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------|---------------|--------------------|
|                                                                                   | ( $\beta$ )                    | D.E <sup>(1)</sup> | ( $\beta$ Std) <sup>(2)</sup> | T <sup>(3)</sup> | P <sup>(4)</sup> | R <sup>2(5)</sup>           | R <sup>2</sup> Ajustado |              |               |                    |
| Regresión 1                                                                       |                                |                    |                               |                  |                  |                             |                         |              |               |                    |
| Constante                                                                         | 6141,779                       | 3164,9             |                               | 1,941            | 0,056            | <b>0,374</b>                | <b>0,352</b>            | <b>1,745</b> |               |                    |
| Renta Disponible por Unidad de Trabajo Total RDUTAT                               | 40,343                         | 6,7                | 0,524                         | 6,004            | 0,000***         |                             |                         |              |               | 1,045              |
| Superficie Agrícola Útil Total (SAUT)                                             | 56,375                         | 17,2               | 0,289                         | 3,273            | 0,002**          |                             |                         |              |               | 1,071              |
| Hectáreas de cultivos forrajeros (HCF)                                            | -154,843                       | 56,863             | -0,243                        | -2,723           | 0,008**          |                             |                         |              |               | 1,092              |
| Regresión 2                                                                       |                                |                    |                               |                  |                  |                             |                         |              |               |                    |
| Constante                                                                         | -8531,790                      | 3263,4             |                               | -2,614           | 0,011*           | <b>0,343</b>                | <b>0,327</b>            | <b>1,865</b> |               |                    |
| Renta Disponible por Unidad de Trabajo Total con Mano de Obra Familiar RDUTATCMOF | 38,728                         | 6,8                | 0,498                         | 5,647            | 0,000***         |                             |                         |              |               | 1,016              |
| Superficie Agrícola Útil Total (SAUT)                                             | 50,117                         | 17,4               | 0,253                         | 2,874            | 0,005**          |                             |                         |              |               | 1,016              |

<sup>(1)</sup> (D.E) desviación estándar; <sup>(2)</sup> ( $\beta$  Std) $\beta$  estandarizados; <sup>(3)</sup> (T) T-valor; <sup>(4)</sup> (P) P-valor; <sup>(5)</sup> (R<sup>2</sup>) R cuadrado; <sup>(6)</sup> (FIV) factor de inflación de la varianza.

Tabla 7. Resultado de los modelos de regresiones lineales múltiples del grupo 2.  
Table 7. The results of the multiple linear regressions models for cluster 2.

| Parámetros       | Coeficientes no estandarizados |                    | Coeficientes estandarizados |                        | T <sup>(3)</sup> | p <sup>(4)</sup> | R <sup>2(5)</sup> | R <sup>2</sup> Ajustado | Durbin-Watson | FIV <sup>(6)</sup> |
|------------------|--------------------------------|--------------------|-----------------------------|------------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------------|---------------|--------------------|
|                  | (β)                            | D.E <sup>(1)</sup> | (β Std)                     | (β Std) <sup>(2)</sup> |                  |                  |                   |                         |               |                    |
| Regresión 1      |                                |                    |                             |                        |                  |                  |                   |                         |               |                    |
| Renta Disponible | Constante                      | -7999,218          | 4193,3                      |                        | -1,908           | 0,066            | <b>0,707</b>      | <b>0,669</b>            | <b>1,877</b>  |                    |
| por Unidad de    | Número de Ovejas               | 40,214             | 7,2                         | 0,602                  | 5,564            | 0,000***         |                   |                         |               | 1,237              |
| Trabajo Total    | Trabajo Total                  |                    |                             |                        |                  |                  |                   |                         |               |                    |
| RDUTAT           | (NO/UTAT)                      |                    |                             |                        |                  |                  |                   |                         |               |                    |
|                  | Número de Ovejas               | -48,177            | 11,9                        | -0,472                 | -4,045           | 0,000***         |                   |                         |               | 1,437              |
|                  | por hectárea de                |                    |                             |                        |                  |                  |                   |                         |               |                    |
|                  | Superficie Agrícola            |                    |                             |                        |                  |                  |                   |                         |               |                    |
|                  | Útil Total (NO/SAUT)           |                    |                             |                        |                  |                  |                   |                         |               |                    |
|                  | % Unidades de                  | 151,283            | 50,9                        | 0,325                  | 2,970            | 0,006**          |                   |                         |               | 1,266              |
|                  | Trabajo Familiar               |                    |                             |                        |                  |                  |                   |                         |               |                    |
|                  | (% UTF)                        |                    |                             |                        |                  |                  |                   |                         |               |                    |
|                  | % Regadío sobre                | 125,190            | 44,8                        | 0,325                  | 2,790            | 0,009**          |                   |                         |               | 1,430              |
|                  | Superficie Agrícola            |                    |                             |                        |                  |                  |                   |                         |               |                    |
|                  | Útil Total                     |                    |                             |                        |                  |                  |                   |                         |               |                    |
|                  | (% Reg/SAUT)                   |                    |                             |                        |                  |                  |                   |                         |               |                    |
| Regresión 2      |                                |                    |                             |                        |                  |                  |                   |                         |               |                    |
| Renta Disponible | Constante                      | -7345,620          | 3406,8                      |                        | -2,156           | 0,039*           | <b>0,651</b>      | <b>0,618</b>            | <b>1,876</b>  |                    |
| por Unidad de    | Número de Ovejas               | 41,039             | 6,4                         | 0,677                  | 6,358            | 0,000***         |                   |                         |               | 1,039              |
| Trabajo Total    | Trabajo Total                  |                    |                             |                        |                  |                  |                   |                         |               |                    |
| con Mano de      | (NO/UTAT)                      |                    |                             |                        |                  |                  |                   |                         |               |                    |
| Obra Familiar    | Número de                      | -50,634            | 11,3                        | -0,546                 | -4,481           | 0,000***         |                   |                         |               | 1,362              |
| RDUTATCMOF       | Ovejas por                     |                    |                             |                        |                  |                  |                   |                         |               |                    |
|                  | hectárea de                    |                    |                             |                        |                  |                  |                   |                         |               |                    |
|                  | Superficie Agrícola            |                    |                             |                        |                  |                  |                   |                         |               |                    |
|                  | Útil Total (NO/SAUT)           |                    |                             |                        |                  |                  |                   |                         |               |                    |
|                  | % Regadío sobre                | 125,768            | 42,7                        | 0,359                  | 2,940            | 0,006**          |                   |                         |               | 1,369              |
|                  | Superficie Agrícola            |                    |                             |                        |                  |                  |                   |                         |               |                    |
|                  | Útil Total                     |                    |                             |                        |                  |                  |                   |                         |               |                    |
|                  | (% Reg/SAUT)                   |                    |                             |                        |                  |                  |                   |                         |               |                    |

<sup>(1)</sup> (D.E) desviación estándar; <sup>(2)</sup> (β Std)β estandarizados; <sup>(3)</sup> (T) T-valor; <sup>(4)</sup> (p) P-valor; <sup>(5)</sup> (R<sup>2</sup>) R cuadrado; <sup>(6)</sup> (FIV) factor de inflación de la varianza.

En el grupo de explotaciones más grandes (tabla 7), el grupo 2, los resultados coinciden con los del total de la muestra, siendo la intensificación de la mano de obra (NO/UTAT) una variable explicativa de unos mejores resultados, mientras que el mayor número de ovejas por hectárea de SAUT, de nuevo vuelve a aparecer con signo negativo. Como diferencia con respecto a los resultados de la totalidad de la muestra podemos destacar que en este grupo de explotaciones grandes, la mayor proporción de regadío (% Reg/SAUT), se asocia también con unos mejores resultados económicos al permitir mejorar su autonomía alimenticia.

Los resultados del presente trabajo indican que la intensificación de la mano de obra está positivamente correlacionada con la renta disponible por unidad total de trabajo en todos los modelos analizados, por lo que se convierte en un instrumento importante para mejorar los resultados económicos por unidad de trabajo. De acuerdo con Pardos y Fantova (2007) las explotaciones con mejores resultados económicos son explotaciones con más ovejas por unidad de trabajo. Sin embargo, en opinión de algunos autores (Benoit y Laignel, 2011), la intensificación del trabajo no siempre lleva consigo más renta disponible por unidad total de trabajo, ya que no es fácil en esas circunstancias mantener el rendimiento zootécnico alto, por lo que es importante tener en cuenta el aspecto técnico cuando las explotaciones optan por la intensificación de la mano de obra. Además, el efecto positivo de la intensificación de la mano de obra sobre la renta disponible por unidad total del trabajo podría explicarse indirectamente por el tamaño del rebaño y las subvenciones de la PAC. De acuerdo con Lorent *et al.* (2009), las subvenciones acopladas estimulaban el crecimiento del tamaño del rebaño, por lo tanto, el número de ovejas por unidad total de mano de obra.

Con respecto a las unidades de trabajo familiar, éstas tienen un impacto positivo en la renta disponible por unidad de trabajo total solo cuando su coste no está incluido en la estimación del resultado económico. Este resultado se ha obtenido cuando se hizo el análisis de regresión sobre la totalidad de la muestra (tabla 5) y sobre el grupo 2 formado por las explotaciones más grandes (tabla 7). Este resultado es totalmente lógico e indica que solamente cuando no se retribuye la mano de obra familiar un mayor porcentaje de su utilización conlleva una mayor renta disponible. Coincide con lo señalado por otros autores Aggelopoulos *et al.* (2009) que han indicado la necesidad de reducir los costes de la mano de obra para la obtención de unos mejores resultados económicos. Esto no se observa en las explotaciones de menor tamaño donde la mayoría de la mano de obra es familiar. Por el contrario estas explotaciones encuentran su limitación en las hectáreas de superficie útil disponible, por lo que una mayor disponibilidad explica unos mejores resultados.

Se puede señalar que según los resultados de la regresión del grupo 1, la variable SAUT está correlacionada positivamente con la RDUTAT con y sin tener en cuenta la mano de obra familiar. Mientras, la variable HCF tiene un poder negativo sobre la RDUTAT únicamente, cuando no se tiene en cuenta la mano de obra familiar, al incrementarse la importancia relativa del coste de alimentación en los costes totales. Como ya se ha indicado, este hecho podría tener su explicación en que estos sistemas, que suelen ser mixtos, intentan conseguir la autonomía forrajera sobre el aprovechamiento de los pastos naturales más que de los cultivos forrajeros, al orientar su SAU a la producción de cereales, tanto para la venta como para autoconsumo propio.

## Conclusiones

La tipificación estructural realizada ha permitido la clasificación de las explotaciones en dos grupos distintos que se diferencian fundamentalmente por su tamaño. Las explotaciones más pequeñas utilizan mayor proporción de trabajo familiar y realizan menores arrendamientos de superficie forrajera, mientras que las de mayor tamaño, son más intensivas en el uso del factor trabajo. Sin embargo, estas diferencias estructurales no se traducen en unos resultados económicos distintos, no siendo por tanto el tamaño un determinante de su rentabilidad.

Al relacionar los resultados económicos con las variables estructurales se observa que éstos guardan relación con una mayor intensificación del factor trabajo con respecto al tamaño del rebaño. Un mayor porcentaje de utilización de mano de obra familiar contribuye a unos mejores resultados cuando ésta no se remunera tanto en el grupo de explotaciones grandes como para el conjunto de la muestra. En las explotaciones pequeñas los mejores resultados económicos se asocian a una mayor disponibilidad de superficie, al tratarse probablemente de un factor limitante. Por el contrario, una alta carga ganadera por hectárea de superficie agrícola útil se relaciona con peores resultados económicos. Si bien la intensificación del trabajo se ha relacionado en muchos trabajos con unos mejores resultados económicos, sería preciso profundizar en los aspectos técnicos relacionados con la utilización de recursos y el manejo de las explotaciones para una mejor comprensión de la repercusión negativa que una mayor carga ganadera tiene sobre los resultados.

## Material complementario

El material complementario de este artículo se puede consultar en la URL <https://doi.org/10.12706/itea.2020.023>

## Referencias bibliográficas

- Aggelopoulos S, Soutsas K, Pavludi A, Sinapis E, Petkou D (2009). Suggestions for reformation in sheep farms based on production cost. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 7(3-4): 561-566.
- Andersen E, Elbersen B, Godeschalk F, Verhoog D (2007). Farm management indicators and farm typologies as a basis for assessments in a changing policy environment. *Journal of Environmental Management* 82: 353-362. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.04.021>
- Benoit M, Laignel G (2011). Analyse sur le long terme de systèmes d'élevage ovins allaitants en France. Quelles trajectoires et quels facteurs de réussite économique? *INRA Productions Animales* 24(3): 211-220. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2011.24.3.3256>
- Bernués A, Ruiz R, Olaizola A, Villalba D, Casasús I (2011). Sustainability of pasture-based livestock farming systems in the European Mediterranean context: synergies and trade-offs. *Livestock Science* 139: 44-57. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.03.018>
- Bernués A, Olaizola A (2012). La ganadería en los pirineos: Evolución, condicionantes y oportunidades. En: *Los Pirineos Geografía, Turismo, Agricultura, Cooperación transfronteriza y Derecho* (Ed. Lasagabaster I), pp. 29-67. Universidad del País Vasco.
- Bernués A, Rodríguez-Ortega T, Martín-Collado D, Casasús I, Olaizola AM (2018). Evaluación de sostenibilidad en ovino de carne. XLIII Congreso Nacional y XIX Internacional de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia (SEOC), 19-21 de septiembre, Zaragoza, España, pp. 29-43.
- Chabosseau JM, Laignel G, Souille C, Bergeron C, Lamoureuex J, Staub A (2000). Baisser le chargement par agrandissement des surfaces améliore les résultats économiques ovins en Montmorillonnais. *Fourrages* 161: 23-38.
- Chertouh T (2005). Análisis de explotaciones ovinas aragonesas y viabilidad económica de la adopción de innovaciones en el sistema de alimentación. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza, España. 256 pp.

- Dubeuf JP, AW-Hassan A, Chentouf M, Mena Y, Pacheco F, Boutonnet JP (2016). The Mediterranean sheep and goat sectors between constants and changes over the last decade. Future challenges and prospects. *Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens* 115: 43-52.
- EUROSTAT (2019). Sheep and goat market situation. Data base. Disponible en: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/agriculture/data/data-base> (Consultado: 15 de diciembre 2019).
- Gaspar P, Escribano M, Mesías FJ, Rodríguez de Ledesma A, Pulido F (2008). Sheep farms in the Spanish rangelands (dehesas): Typologies according to livestock management and economic indicators. *Small Ruminant Research* 74: 52-63. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2007.03.013>
- Gelasakis AI, Valergakis GE, Arsenos G, Banos G (2012). Description and typology of intensive Chios dairy sheep farms in Greece. *Journal of Dairy Science* 95: 3070-3079. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2011-4975>
- Hair JF, Black WC, Babin BJ, Anderson RE (2014). *Multivariate data analysis*, 7<sup>th</sup> Ed. Pearson New International Edition, EE.UU. 739 pp.
- Hamrouni S (1993). Tipificación estructural, técnica y económica y nivel de intensificación de las explotaciones ovinas del valle medio del Ebro en el marco y dinámica de las agriculturas desarrolladas. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza, España. 422 pp.
- López-i-Gelats F, Milán MJ, Bartolomé J (2011). Is farming enough in mountain areas? Farm diversification in the Pyrenees. *Land Use Policy* 28: 783-791. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2011.01.005>
- Lorent H, Sonnenschein R, Tsiourlis GM, Hostert P, Lambin E (2009). Livestock subsidies and rangeland degradation in central Crete. *Ecology and Society* 14(2): 41. <https://www.jstor.org/stable/26268320>
- MAGRAMA (2016). Foro Europeo Ovino De Carne 2015-2016. Aportaciones Ministerio De Agricultura, Alimentación Y Medio Ambiente, Dirección General De Producciones Y Mercados Agrarios, 5 pp.
- MAPA (2019). El sector ovino y caprino en cifras: Principales indicadores económicos. Subdirección General de Productos Ganaderos, Dirección General de Producciones Y Mercados Agrarios, 71 pp.
- Marín-Bernal AM, Navarro-Ríos MJ (2014). Análisis y diagnóstico de los sistemas de producción ovina en el sureste español. *Archivos de Zootecnia* 63(243): 519-529. <https://doi.org/10.21071/az.v63i243.531>
- Maza MT, Pardos L, Fantova E (2008). Analysis of the contribution of sales of Ternasco de Aragón PGI to the economic results of farms. *Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens* 78: 133-138.
- Mena Y, Ruiz FA, Gutiérrez R, Vázquez M, Castel JM (2014). La función de la ganadería en el mantenimiento y el aprovechamiento de los montes mediterráneos. *Ambienta* 108: 52-67.
- Olaizola A, Manrique E, Bernués A, Maza MT (1996). Incidence of programmes to discourage milk production on representative cattle farms in a less favoured area. *Investigación Agraria, Economía* 11: 355-376.
- Olaizola A, Chertouh T, Manrique E (2008). Adoption of new feeding technology in Mediterranean sheep farming systems: Implications and economic evaluation. *Small Ruminant Research* 79: 137-145. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2008.07.022>
- Olaizola A, Barrantes O, Manrique E, Reiné R, Ferrer C, Broca A, Mora JL, Usón A, Riaguas L, Oliván A, Fantova O, Nicholas PK (2014). Identificación de las principales características de los sistemas mixtos agro-ganaderos y posibles estrategias de innovación en el valle medio del Ebro. *Pastos y PAC 2014-2020: 53ª reunión científica de la SEEP*, 9-12 junio, Potes, Cantabria, España, pp. 507-514.
- Pardos L, Fantova E (2007). Importancia del control de gestión técnico-económico en las ganaderías de ovino de carne: Influencia de los diferentes factores productivos en los resultados económicos. En: *Producción de ovino de carne en medio semiárido* (Ed. Folch J), pp.18-29, Grupo Consolidado de Investigación Aplicada sobre Producción de Ovino de Carne-Gobierno de Aragón, España.

- Pardos L, Maza MT, Fantova E, Sepúlveda W (2008). The diversity of sheep production systems in Aragón (Spain): Characterisation and typification of meat sheep farms. *Spanish Journal of Agricultural Research* 6(4): 497-507. <https://doi.org/10.5424/sjar/2008064-344>
- Pérez C (2005). Métodos estadísticos avanzados con SPSS. Ediciones Paraninfo Madrid, España. 792 pp.
- Pineda Jaimes NB, Bosque Sendra J, Gómez Delgado M, Franco Plata R (2011). Análisis de los factores inductores de los cambios ocurridos en la superficie forestal del estado de México en el periodo 1993-2000. *Boletín de la asociación de Geógrafos Españoles* 56: 9-34.
- Ripoll-Bosch R, Joy M, Bernués A (2014). Role of self-sufficiency, productivity and diversification on the economic sustainability of farming systems with autochthonous sheep breeds in less favoured areas in Southern Europe. *Animal* 8: 1229-1237. <https://doi.org/10.1017/S1751731113000529>
- Rodríguez-Ortega T, Martín-Collado D, Casasús I, Olaizola A, Bernués A (2018a). Análisis multi-actor de la sostenibilidad y viabilidad del sector ovino de carne en Aragón. 57ª Reunión Científica de la Sociedad Española de Pastos: Pastoralismo y vías pecuarias, Conectando tradición e innovación, 25-29 junio, Teruel, España, pp. 339-347.
- Rodríguez-Ortega T, Olaizola A, Bernués A (2018b). A novel management-based system of payments for ecosystem services for targeted agri-environmental policy. *Ecosystem Services* 34: 74-84. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.09.007>
- Ruiz-Mirazo J, Robles AB, González-Rebollar JL (2011). Two-years evaluation of fuelbreaks grazed by livestock in the wildfire prevention program in Andalusia (Spain). *Agriculture, Ecosystems and Environment* 141: 13-22. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.02.002>
- Ryschawy J, Choisis N, Choisis JP, Gibon A (2013). Paths to last in mixed crop-livestock farming: lessons from an assessment of farm trajectories of change. *Animal* 7: 673-681. <https://doi.org/10.1017/S1751731112002091>
- Sakar E, Keskin, S, Unver H (2011). Using of factor analysis scores in multiple linear regression model for prediction of kernel weight in Ankara walnuts. *The Journal of Animal & Plant Sciences* 21(2): 182-185.
- Tirel JC (1983). Le débat sur le productivisme. *Économie Rurale* 155: 23-30.
- Toro-Mujica MP, Aguilar C, Vera R, Barba C, Rivas J, García-Martínez A (2015). Changes in the pastoral sheep systems of semi-arid Mediterranean areas: association with common agricultural policy reform and implications for sustainability. *Spanish Journal of Agricultural Research* 13(2): 1-11. <https://doi.org/10.5424/sjar/2015132-6984>
- Valerio Cabrera D, García Martínez A, Acero de la Cruz R, Castaldo A, Perea JM, Martos Peinado J (2004). Metodología para la caracterización y tipificación de sistemas ganaderos. Documento de Trabajo, Producción Animal y Gestión 1: 1-9
- Vázquez González I, Sineiro García F, García Arias AI (2014). Trayectorias de crecimiento de las explotaciones agrarias en la Cornisa Cantábrica. *Economía Agraria y Recursos Naturales* (2): 49-80. <https://doi.org/10.7201/earn.2014.02.03>

(Aceptado para publicación el 13 de julio de 2020)



**itea**  
Información Técnica Económica Agraria

## **CONCESIÓN DEL PREMIO PRENSA AGRARIA 2020 DE AIDA**

### **Presidenta**

Clara M<sup>a</sup> Marín Alcalá

### **Secretaria**

Albina Sanz Pascua

D<sup>a</sup>. Albina Sanz Pascua, Directora de la revista ITEA, en calidad de Secretaria del Jurado para la concesión del Premio Prensa Agraria 2020 de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA).

Notifica que, reunido online el Jurado para la concesión del Premio Prensa Agraria 2020 el día 28 de enero de 2021, desde las instalaciones del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), del que forman parte la Presidenta de AIDA que preside el Jurado, la Directora de la revista ITEA, el Director de Investigación del CITA del Gobierno de Aragón, el Director del Instituto Agroeconómico 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 2020 ha recaído en **C. Lacasta, M.M. Moreno, C. Moreno y R. Meco** por su artículo publicado en la revista ITEA titulado **Efecto del cambio climático en cultivos herbáceos de secano**.

Zaragoza 28 de enero de 2021

LA PRESIDENTA DE AIDA

Clara M<sup>a</sup> Marín Alcalá

## **PREMIOS DE PRENSA AGRARIA 2021 DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO**

La Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA) otorga un premio anual de Prensa Agraria para destacar aquel artículo de los publicados en ITEA en el año 2021 que reúna las mejores características técnicas, científicas y de valor divulgativo y de transferencia al sector, así como un impacto relevante de sus resultados. El artículo deberá reflejar el espíritu fundacional de AIDA de hacer de transmisor de conocimientos hacia el profesional, técnico o empresario agrario. Se concederá un premio, pudiendo quedar desierto.

Los premios se regirán de acuerdo a las siguientes

### **BASES**

1. Podrán concursar todos los artículos que versen sobre cualquier tema técnico-económico-agrario.
2. Los artículos que podrán acceder al premio serán todos aquellos que se publiquen en ITEA en el año 2021. Consecuentemente, los originales deberán ser enviados de acuerdo con las normas de ITEA y aprobados por su Comité de Redacción.
3. El jurado estará constituido por las siguientes personas:
  - a) Presidencia de AIDA, que presidirá el jurado.
  - b) Dirección de la revista ITEA, que actuará de Secretario.
  - c) Dirección del CITA (Gobierno de Aragón).
  - d) Dirección del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza.
  - e) Dirección de la Estación Experimental de Aula Dei.
  - f) Dirección del Instituto Pirenaico de Ecología.
4. El premio será anual y tendrá una dotación económica.
5. Las deliberaciones del jurado serán secretas, y su fallo inapelable.
6. El fallo del jurado se dará a conocer en la revista ITEA, y la entrega del premio se realizará con motivo de la celebración de las Jornadas de Estudio de AIDA.

# XIX JORNADAS SOBRE PRODUCCIÓN ANIMAL



1 y 2 de Junio de 2021



Desde sus inicios, en 1985, estas Jornadas han pretendido crear un foro dinámico de intercambio multidisciplinar de los avances científico-técnicos de interés para los profesionales ligados a la Producción Animal. En esta edición, y debido a la situación impuesta por el COVID-19, nos proponemos mantener el foro, pero en una **versión on-line**.

La inscripción da derecho a un acceso a todas las salas en las que se presentarán las comunicaciones en directo, a la sala virtual de posters con chat y formulario de preguntas, y acceso posterior a las grabaciones de las sesiones.

Desde el Comité organizador queremos animarte a asistir y a enviar tus trabajos sobre cualquier tema de interés en el campo de la **Producción Animal**, que permita avanzar hacia modelos de producción animal más sostenibles, desde una perspectiva medioambiental, económica y social. Uno de los pilares de las jornadas sigue siendo el fomento de la incorporación de los jóvenes investigadores con los **premios a las mejores comunicaciones** en cada una de las secciones.

En el contexto de las Jornadas, se celebrará una sesión especial de la [Red CIBA](#), una nueva Red Científica para fomentar la colaboración entre personas que se dedican a la investigación de **bienestar animal**.

El programa definitivo, así como otros aspectos organizativos, se publicarán en la página web de AIDA (<https://www.aida-itea.org/index.php/jornadas-2021>).

Secretaría administrativa: Joaquín Moreno  
Avda. Montañana 930, 50059 Zaragoza  
Tel.: 976 716 305. Fax: 976 716 335  
Correo electrónico: [administracion@aida-itea.org](mailto:administracion@aida-itea.org)

## Comité Organizador

M. Blanco, I. Casasús, M. Joy, M. Salillas, A. Sanz

## Comité Científico

Secretaría de las Jornadas: D. Villalba

Coordinadores de secciones

Calidad de los productos: G. Ripoll

Genética: R. Pena

Nutrición-Alimentación: M.A. Latorre – S. Lobón

Reproducción: J. Yániz

Sanidad y Bienestar: I. Blanco-Penedo

Sistemas Ganaderos-Economía y Gestión: P. Gaspar



aida-itea.org



## Inscripción

<https://www.aida-itea.org/index.php/jornadas-aida/jornadas-2021/inscripcion>



## Instrucciones para los autores

<https://www.aida-itea.org/index.php/jornadas-aida/jornadas-2021/instrucciones-autores>

**Atención, nuevas normas**



## Plazos de envío

Comunicaciones originales  
**1 de febrero 2021**

Inscripción y comunicaciones  
corregidas  
**1 de marzo 2021**



## Cuotas

|                | Antes<br>15/3/2021 | Después<br>15/3/2021 |
|----------------|--------------------|----------------------|
| Socios de AIDA | 75€<br>0€ *        | 125€<br>50€*         |
| No socios      | 100€<br>75€ *      | 150€<br>125€*        |

\* Estudiante con acreditación posgrado



## Premio Jóvenes investigadores

Un premio de 100€ por sección, para investigadores <35 años no doctores que presenten oralmente un trabajo en calidad de primer autor



Si desea Vd. pertenecer a la Asociación debe rellenar esta ficha de inscripción y la siguiente hoja sobre Protección de datos.

## INSCRIPCIÓN EN AIDA

Si desea Vd. pertenecer a la Asociación rellene la ficha de inscripción y envíela a la siguiente dirección:

**Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA). Avenida Montañana, 930, 50059 Zaragoza.**

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

También puede hacer una transferencia a la cuenta de AIDA (Caixabank, Ag. Zuera (Zaragoza), España, nº ES70 2100 8687 2702 0001 2107) por el importe de la cuota anual. En ese caso, adjunte un comprobante de la transferencia.

|                                                  |  |                                   |         |
|--------------------------------------------------|--|-----------------------------------|---------|
| Apellidos:                                       |  | Nombre:                           |         |
| NIF:                                             |  |                                   |         |
| Dirección Postal:                                |  |                                   |         |
| Teléfono:                                        |  | Fax:                              | e-mail: |
| Empresa:                                         |  |                                   |         |
| Área en que desarrolla su actividad profesional: |  |                                   |         |
|                                                  |  | En _____, a ____ de _____ de 20__ |         |
|                                                  |  | Firma:                            |         |

### FORMA DE PAGO (COUTA ANUAL: 50 EUROS)

|                          |                                                                                        |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | Cargo a cuenta corriente (rellenar la domiciliación bancaria)                          |
| <input type="checkbox"/> | Transferencia a la cuenta de AIDA ES70 2100 8687 2702 0001 2107 (adjuntar comprobante) |

---

### DOMICILIACION BANCARIA

|                                                                                                                                                |  |                      |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------------|--|
| Sr. Director del Banco/Caja                                                                                                                    |  |                      |  |
| Muy Sr. mío,                                                                                                                                   |  |                      |  |
| Ruego a Vd. se sirva adeudar en la siguiente cuenta corriente (IBAN: 24 caracteres)                                                            |  |                      |  |
|                                                                                                                                                |  |                      |  |
| que mantengo en esa oficina, el recibo anual que será presentado por la <b>Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA)</b> . |  |                      |  |
| Atentamente,                                                                                                                                   |  |                      |  |
| En _____, a ____ de _____ de 20__                                                                                                              |  | Sello de la Entidad: |  |
| Firmado:                                                                                                                                       |  |                      |  |

## 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 estas 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 en 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 facilite 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](mailto:administracion@aidaitea.org).
- Los datos personales serán cedidos por AIDA a las entidades que prestan servicios a la misma siempre que sea estrictamente necesario para llevar a cabo los servicios ofrecidos por la Asociación. Igualmente, sus datos serán cedidos si existe una obligación legal.

Nombre y apellidos del Socio:

DNI:

Representante legal (si lo hubiere):

DNI:

En \_\_\_\_\_, a \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20 \_\_\_\_

FIRMA DEL SOCIO:

# NORMAS PARA LOS AUTORES (actualizado marzo de 2021)

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

Desde marzo de 2019, para publicar un artículo en la revista ITEA es necesario que al menos uno de los autores sea socio de AIDA, o en su caso los autores del artículo deberán abonar la cantidad de 50 euros cuando el artículo sea aceptado para su publicación en la revista ITEA. Puede consultar cómo hacerse socio de AIDA en <http://www.aida-itea.org/index.php/sobre-nosotros/hacerse-socio>.

## 1. Envío de manuscritos y evaluación

Los manuscritos originales se escribirán en español. Se recomienda la revisión del manual "Cómo traducir y redactar textos científicos en español" (<https://www.esteve.org/libros/cuaderno-traducir-textoscientificos/>). Los manuscritos se enviarán a través de la plataforma OJS de la revista ITEA (<http://recyt.fecyt.es/index.php/ITEA/user/register>). Para ello, los autores deberán registrarse en la aplicación, incluir el nombre y apellidos de todos los autores de manuscrito en los metadatos del artículo, y seguir las indicaciones pertinentes. El manuscrito se enviará como un único documento Word, incluyendo las tablas y figuras al final del mismo. Los autores deberán incluir en archivo independiente una carta de presentación en la que figure el título, los autores y un listado con 4 potenciales revisores (nombre completo, dirección postal y correo electrónico), que no deberán estar en conflicto de intereses con los autores o el contenido de manuscrito, en cuyo caso el Comité Editorial podrá negarse a colaborar con dichos revisores.

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

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

## 2. Tipos de manuscritos

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

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

Los artículos de investigación de la sección de Producción Vegetal deben contener suficientes resultados para que las conclusiones sean robustas. Para ello, como norma general, será necesario repetir el mismo ensayo dos veces en momentos o campañas diferentes. Se considerará aceptable realizar el mismo ensayo sobre dos variedades o en dos situaciones o localidades diferentes. En los ensayos de eficacia sobre malas hierbas, insectos, hongos u otros organismos, una posibilidad es obtener la dosis adecuada para el control del organismo en estudio en un ensayo de dosis-respuesta y que esta dosis sea probada de nuevo en otro ensayo, es decir, sin volver a repetir toda la batería de dosis ensayadas previamente. Los ensayos constarán de suficientes repeticiones (mínimo tres). Las condiciones ambientales deberán escribirse de manera que permitan llevar a cabo la repetición del ensayo. La mayoría de ensayos necesitarán un análisis estadístico que refuerce los resultados. En ese caso conviene que se indiquen los resultados de dicho análisis, o al menos la tabla de resultados del anova o del análisis estadístico que se realiza.

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

– **Las revisiones bibliográficas** serán una evaluación crítica de una temática que exponga los resultados de otros trabajos, el estado actual de los conocimientos en esa temática y tratará de identificar nuevas conclusiones y áreas de investigación futuras. La extensión máxima será de 35 páginas. Los apartados de los que constarán son: Introducción, seguida de los apartados que consideren oportunos los autores, Conclusiones y Bibliografía; tablas y figuras si los autores lo consideran oportuno. En caso de copia literal de una tabla o figura de otro artículo, es responsabilidad del autor del manuscrito tener el permiso expreso del autor de la tabla o figura.

## 3. Preparación del manuscrito

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

Se tratará de usar lenguaje inclusivo en todo el manuscrito. Se recomienda la revisión de los documentos "Lenguaje inclusivo con perspectiva de género" del Gobierno de Aragón ([https://www.aida-itea.org/images/Files/MANUAL LENGUAJE\\_INCLUSIVO.pdf](https://www.aida-itea.org/images/Files/MANUAL LENGUAJE_INCLUSIVO.pdf)); "Guías para el uso no sexista del lenguaje" del Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad ([https://www.aida-itea.org/images/Files/Guiaslenguajenosexista\\_.pdf](https://www.aida-itea.org/images/Files/Guiaslenguajenosexista_.pdf)) y/o visitar la página web de las Naciones Unidas "lenguaje inclusivo en cuanto al género" (<https://www.un.org/es/gender-inclusive-language/guidelines.shtml>).

Todos los manuscritos incluirán, en la primera página:

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

**Autores:** nombre completo y apellido de los autores. Si un autor desea aparecer con dos apellidos, éstos deberán unirse con un guión. Los autores penúltimo y último irán separados por una "y". En caso de que pertenezcan a distintas instituciones, señalar a cada autor con números superíndices diferentes.

El/la autor/a para correspondencia irá indicado con un asterisco. En el caso de un artículo con varios autores, el/la autor/a para correspondencia garantizará que el resto de autores están de acuerdo con el contenido del artículo y el orden de autoría. En caso de que haya habido cambios en la autoría durante la evaluación del manuscrito, el/la autor/a para correspondencia garantizará que todos los autores implicados en alguna fase del proceso de evaluación están de acuerdo con la autoría final. Una vez que un manuscrito está aceptado no se podrán modificar los autores.

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

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

Ejemplo:

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

G. Pardo<sup>1\*</sup>, A. Marí<sup>1</sup>, S. Fernández-Cavada<sup>2</sup>, C. García-Flora<sup>3</sup>, S. Hernández<sup>4</sup>, C. Zaragoza<sup>1</sup> y A. Cirujeda<sup>1</sup>

\*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 sustainability of ruminant livestock systems. A review. *Animal Research* 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: Díaz *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 □, ■, ○, ●, △, ▲, , ◆, +, y ×. No utilizar líneas de división horizontales en el gráfico. Incluir barras de error cuando no entorpezcan la interpretación de la figura. En los ejes figurarán las unidades de las medidas referidas (entre paréntesis o separadas por coma). El número de la figura y su leyenda se indicarán en la parte inferior de la misma. Si las figuras se confeccionan con un programa distinto de los del paquete Office deberán ser de una calidad de 300 píxeles por pulgada o superior o escalable. Se enviarán las fotografías por separado como archivos de imagen (jpg, tiff o similar) con una resolución final de al menos 300 ppp (píxeles por pulgada).

## 5. Normas de estilo

- Se aplicará el Sistema Internacional de Unidades.
- Los decimales se indicarán en español con una coma (,) y en inglés con un punto (.).
- Las abreviaturas se definirán la primera vez que se citen en el texto.
- Las frases no podrán comenzar con una abreviatura o un número.
- Los nombres de hormonas o productos químicos comenzarán con minúsculas (sulfato de metilo, en vez de Sulfato de Metilo).
- Los símbolos de los genes se escribirán en mayúsculas y cursivas, y los símbolos de las proteínas que codifican estos genes en mayúsculas en texto plano (no cursiva). Igualmente, cuando aparezca el nombre del gen éste irá en cursiva, mientras que su proteína irá en texto plano.
- Las fórmulas químicas se nombrarán según las normas IUPAC (p. ej. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en vez de SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub>) y los nombres comerciales comenzarán con mayúscula (p.ej. Foligón). En el caso de iones, debe indicarse el signo (p. ej. NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>).
- Los nombres científicos de organismos vivos (botánicos, microbiológicos o zoológicos) deberán incluir en su primera cita la denominación completa de género, especie y del autor. En siguientes apariciones se abreviará el género con la inicial del mismo y se mantendrá el nombre de la especie. Ejemplo: *Papaver rhoeas* L. y posteriormente, *P. rhoeas*.
- Los nombres latinos de géneros, especies y variedades se indicarán en cursiva y los nombres de cultivares entre comillas simples (p. ej. 'Sugar Baby').
- Las llamadas en nota a pie de página o cuadro deberán ser las menos posibles y, en todo caso, se indicarán mediante números correlativos entre paréntesis (p. ej. (1), (2), evitando el uso de asteriscos, letras o cualquier otro signo).
- Los niveles de significación estadística no necesitan explicación (\* = P<0,05; \*\* = P<0,01; \*\*\*= P<0,001; NS = no significativo).

Volumen 117

Número 2

Marzo 2021

# itea

información técnica económica agraria  
[www.aida-itea.org](http://www.aida-itea.org)

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO

