itea

información técnica económica agraria

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO



Volumen 116

Número 2

Junio 2020

aida-itea.org

itea

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

2020- AÑO LI Vol. 116 N.º 2 http://dx.doi.org/10.12706/itea	**DIRECCIÓN Y REDACCIÓN** Avda. Montañana, 930 50059 ZARAGOZA (ESPAÑA) Tel.: 34-976 716305 Fax.: 34-976 716335 E-mail: direccion@aida-itea.org	Depósito legal: Z-577-82 ISSN: 2386-3765 INO Reproducciones, S.A. Pol. Malpica, calle E, 32-39 (INBISA II, nave 35) 50016 Zaragoza

DIRECTOR: Albina Sanz, CITA de Aragón. España

EDITORES CIENTÍFICOS: José Manuel Alonso, CITA de Aragón. España
Javier Álvarez, Universidad de Lleida. España
Alicia Cirujeda, CITA de Aragón. España
Paula Gaspar, Universidad de Extremadura. España
Gabriel Pardo, CITA de Aragón. España
Guillermo Ripoll, CITA de Aragón. España
Ana Isabel Sanjuán, CITA de Aragón. España

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

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

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

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

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

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



Foto y texto: Ignacio Ferrando

Rebaños de ovejas en el puerto de Belagua

En la zona fronteriza entre Francia y España en el puerto de Belagua se mezcla la belleza del paisaje kárstico y los grandes bosques de hayas con zonas de abundantes pastos para el ganado. En verano los pastores suben las ovejas a estas estivas y además, en muchos casos, habitan en casas en las que también producen quesos. La producción de quesos de oveja es un recurso muy importante en la zona tanto francesa como española con denominaciones de origen como Roncal y Aspe-Ossau.

Sumario

Producción Animal

Efecto del tamaño de las reproductoras en la producción de alevines de *Cichlasoma festae* en condiciones semicontroladas en Ecuador.
Effect of the size of breeders stock in the fingerlings production of Cichlasoma festae *under semi controlled conditions in Ecuador.*
J. Rodríguez, A. González, E. Angón, R. Vivas, C. Barba, M.A. González, F. Peña y A. García 93

Lesiones macroscópicas en pulmones en ganado de lidia.
Macroscopical lung lesions in bullfighting bovine.
A. Fernandez-Novo, J.M. Lomillos-Pérez y J.A. García-García 106

¿Afectan los taninos condensados de la dieta a los resultados productivos, la composición de ácidos grasos y el color de la carne de cordero?.
Do dietary condensed tannins affect the growth performance, fatty acid composition and lamb meat colour?.
J. Álvarez-Rodríguez, D. Villalba, E. Molina, B. Serrano-Pérez, J.R. Bertolín y M. Joy 116

Bienestar y resultados zootécnicos en conejas de aptitud carne. Revisión bibliográfica.
Welfare and performance traits of meat rabbit females. A review.
M. López, C. Cervera y J.J. Pascual 131

Predicción del peso corporal de guajolotes nativos mexicanos a través de medidas morfométricas.
Prediction of body weight of native Mexican guajolotes trough morphometric measurements.
R. Portillo-Salgado, F.A. Cigarroa-Vázquez, J.G. Herrera-Haro e I. Vázquez-Martínez 150

Economía Agraria

Tendencias comerciales poscrisis en el mercado europeo de tomates.
Post-crisis trade trends in the European tomato market.
M.M. Capobianco-Uriarte, J. De Pablo-Valenciano y J. Milán-García 161

Efecto del tamaño de las reproductoras en la producción de alevines de *Cichlasoma festae* en condiciones semicontroladas en Ecuador

J. Rodríguez[1], A. González[2,*], E. Angón[2], R. Vivas[1], C. Barba[2], M.A. González[1], F. Peña[2] y A. García[2]

[1] Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Av. Quito km. 1, 1/2 vía a Santo Domingo de los Tsáchilas. Quevedo, Los Ríos, Ecuador
[2] Universidad de Córdoba-Campus Rabanales. Ctra. Madrid-Cádiz, km 5. Córdoba, España

Resumen

Cichlasoma festae es un pez nativo tropical continental de Ecuador insuficientemente conocido desde el punto de vista productivo, reproductivo y ecológico. El éxito reproductivo de la especie se considera básico para la implantación de programas de desarrollo territorial en áreas fluviales. Se seleccionaron 30 reproductoras de *C. festae* distribuidas en tres estanques en función del peso vivo (PV) con el objetivo de evaluar el efecto del peso de la reproductora sobre la producción de alevines en condiciones de cría semicontroladas. Las condiciones físico-químicas del agua fueron adecuadas y la reproducción fue progresiva en cautividad sin encontrarse diferencias significativas entre estanques ($P > 0,05$). La densidad de cría fue de 3 m^2 por reproductor, así como de 83,2, 119,17 y 151,67 g de reproductora/m^2 en el estanque 1 (T1), 2 (T2) y 3 (T3), respectivamente. La proporción de machos por hembras fue de 1:2, disponiendo durante toda la experiencia de alimento vivo y concentrado. Los alevines fueron recogidos cada cinco días, siendo la biomasa promedio de 11,14 alevines/g de PV. Las reproductoras de mayor peso (T3 = 455 g) anticiparon el desove y duplicaron la productividad numérica frente a las de menor peso (T1 = 249,6 g) ($P < 0,05$). No obstante, la biomasa total (nº de alevines por g de PV reproductora) fue homogénea en todos los casos ($P > 0,05$). El cultivo de especies nativas como *C. festae* representa una oportunidad y alternativa necesaria para la conservación de la especie, particularmente donde las poblaciones naturales están viéndose diezmadas.

Palabras clave: Reproducción, planes de conservación, cíclidos, cría en cautividad.

Effect of the size of breeders stock in the fingerlings production of *Cichlasoma festae* under semi controlled conditions in Ecuador

Abstract

Cichlasoma festae is a continental tropical native fish of Ecuador almost unknown from its productive, reproductive and ecological characteristics. The success in reproduction is essential for the development of production and conservation programs. Thirty breeders of this species distributed in three pools organized by weight were selected with the main objective of evaluating the effect of the weight of the breeding stock population on the production of fingerlings under semi controlled conditions. The phys-

* Autor para correspondencia: agmartinez@uco.es

Cita del artículo: Rodríguez J, González A, Angón E, Vivas R, Barba C, González MA, Peña F, García A (2020). Efecto del tamaño de las reproductoras en la producción de alevines de *Cichlasoma festae* en condiciones semicontroladas en Ecuador. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 116(2): 93-105. https://doi.org/10.12706/itea.2019.021

ical conditions of the water were adequate, and the reproduction was progressive in captivity without significant differences between pools (P > 0.05). The density was 3 m^2 per breeder, and the 83.2, 119.17 y 151.67 g per breeder/m^2 in pond 1 (T1), 2 (T2) and 3 (T3), respectively. The ratio of males per females was 1:2 and they were provided of live and concentrated feed during the experience. The fingerlings were collected every five days, being mean biomass of 11.14 fingerling/g of breeder weight live. Weightier breeders (T3 = 455 g) anticipated spawning and doubled the numerical productivity compared to those with lower weight (T1 = 249.6 g) (P < 0.05). However, the total biomass (number of fingerlings per g of breeder weight live) was homogeneous in all cases (P > 0.05). The aquaculture of native species such as *C. festae* represents an opportunity and alternative option for the conservation of the species, particularly where natural populations are decreasing.

Keywords: Reproduction, conservation plans, cichlids, captivity breeding.

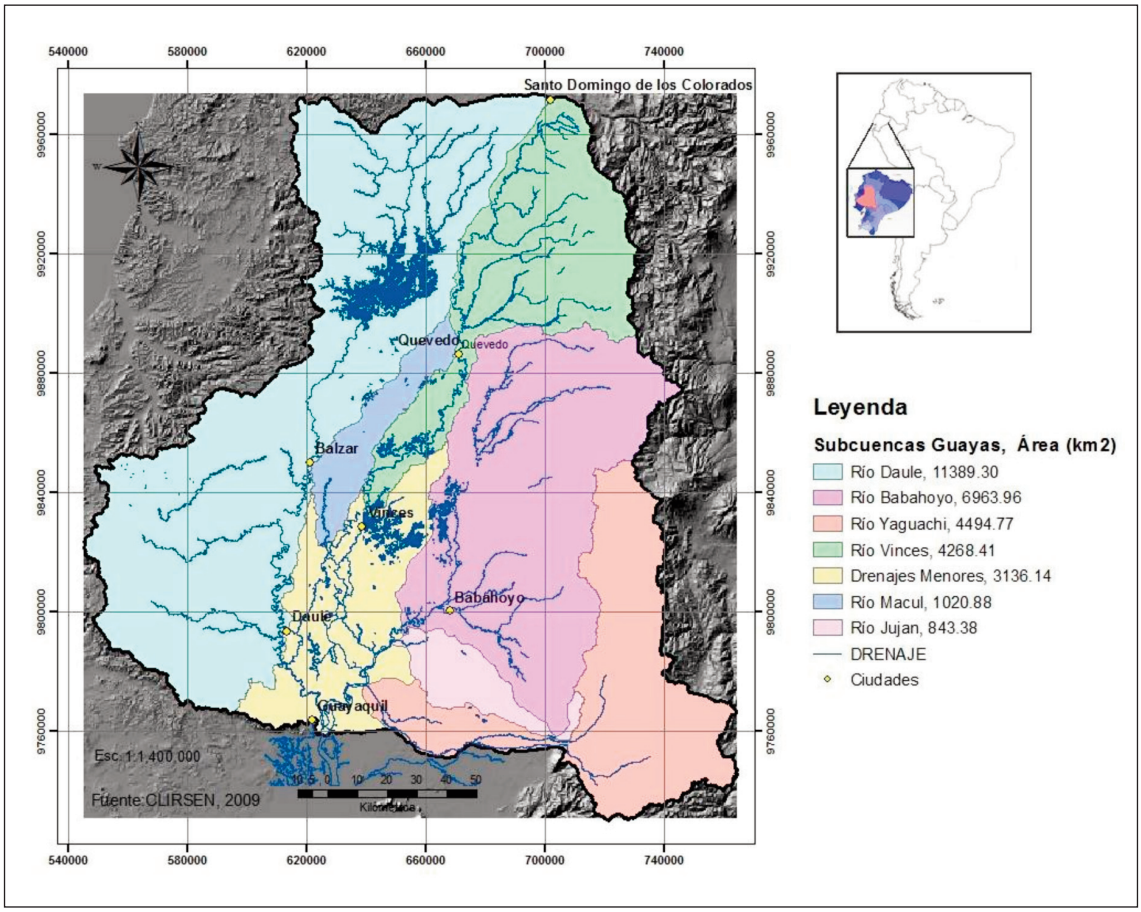
Introducción

La Cuenca Hidrográfica del Guayas (CHG) se localiza en la costa de Ecuador y cuenta con una extensión de 53.299 km^2 (Figura 1). Es la mayor cuenca de la costa del Pacífico de América del Sur y su extensa red fluvial, así como su variabilidad climática y orográfica favorecen una gran biodiversidad y la existencia de endemismos acuícolas con más de 200 especies de peces de agua dulce identificadas (Jiménez-Prado *et al.,* 2015).

Las especies nativas más frecuentes en la CHG son: Bocachico (*Ichthyoelephas humeralis*), Chame (*Dormitator latifrons*), Dama (*Brycon dentex*), Ratón (*Leporinus ecuadorienses*), Vieja Azul (*Andinocaras rivulatus*), Vieja Colorada (*Cichlasoma festae*), Guanchiche (*Hoplias microlepis*), Dica (*Curimatorbis boulengeri*), Barbudo (*Rhamdia cinerascens*) y Campeche (*Plecostomus spinosissimus*) (Prado *et al.,* 2010; Álvarez-Mieles *et al.,* 2013). De estas, Bocachico, Vieja Colorada y Vieja Azul son las especies más apreciadas por los consumidores debido a las características organolépticas de su carne (González *et al.,* 2016a y 2017).

Las especies nativas en Ecuador se concentran en zonas fluviales marginales con alta vulnerabilidad medioambiental (Jiménez-Prado *et al.,* 2015) encontrándose el 20% de los peces de agua dulce en peligro de extinción (Prado *et al.,* 2010). Según la Lista Roja de Especies Amenazadas, los principales factores de riesgo para la biodiversidad acuícola son: la modificación, fragmentación y destrucción de hábitats, la introducción de especies invasivas, la sobreexplotación pesquera, la contaminación ambiental, las prácticas forestales, la pérdida de continuidad ecológica en los ríos y el cambio climático (IUCN, 2011).

El Instituto Nacional de Pesca del Ecuador reporta una sensible reducción de la frecuencia de capturas de *Cichlasoma festae*. Asimismo, la introducción de especies foráneas, como la tilapia, diezman las especies nativas y supone una amenaza (Revelo y Esteban, 2004). La familia *Characidae* fue la más representativa de la comunidad de peces en el CHG (97%), mientras que la familia *Cichlidae,* que incluye el *C. festae,* representa el 1% y otras familias llegan al 2% (Álvarez-Mieles *et al.,* 2013). En un estudio se puso de manifiesto la merma progresiva de existencias, la situación crítica de la población de *C. festae* y la necesidad de elaborar un plan de conservación de la especie (Prado *et al*., 2010). En este sentido, el control de la reproducción es esencial para la producción de alevines y la elaboración de programas de conservación (Miranda *et al.,* 2006). La disponibilidad de alevines en condiciones naturales facilitaría la repoblación de los ríos con especies nativas en peligro de desaparición.



Fuente: Instituto Oceanográfico de la Armada INOCAR, Ecuador.

Figura 1. Cuenca Hidrográfica del Guayas.
Figure 1. Guayas Hydrographic Basin.

Cichlasoma festae, denominado Vieja Colorada, es un pez teleósteo, de aguas cálidas de la familia *cichlidae* (Luna-Figueroa *et al.,* 2003; Sparks y Smith, 2004) y endémico de la CHG (Prado *et al.,* 2010). La caracterización de los recursos zoogenéticos comprende todas las actividades asociadas con las poblaciones y su habitad natural (Schmitd y Espinós-Gutiérrez, 2011). Existen numerosos trabajos de otras especies de la familia *cichlidae: C. urophthalmus* (Martínez-Palacios *et al.,* 1996); *C. istlanum* (Luna-Figueroa *et al.,* 2003); *C. cienagae* (Barrientos-Medina y Chumba-Segura, 2007); *C. amazonarum* (Silva *et al.,* 2005); *C. monoculus* (Muñoz *et al.,* 2005); *C. trimaculatum* (Ortiz-Cruz, 2011); *Vieja synspila* (Barrientos-Medina y Chumba-Segura, 2007); *Parachromis managuensis (*Lezama y Günther, 1992); *Parachromis splendida* (García, 2003) que indican un amplio rango de variación en cada una de las especies. En el caso de *C. festae* es muy escasa la información disponible y se desconocen los parámetros fundamentales sobre su cría y reproducción (Prado *et*

al., 2012; Rodríguez *et al*., 2014; Jiménez-Prado *et al.,* 2015). Destacan los trabajos relativos a su distribución poblacional en los sistemas fluviales (Prado *et al.,* 2010), capacidad de adaptación (Moya *et al*., 2015), modelización del crecimiento en la fase juvenil (Rodríguez *et al*., 2017), caracterización morfométrica y merísticas (González *et al.,* 2016b) y de la calidad de la carne (González *et al.,* 2017). Por otra parte, hay gran interés de los productores y las instituciones para realizar una producción controlada, la recuperación de especies nativas y la repoblación de ríos (Pérez-Sánchez y Páramo-Delgadillo, 2008; Álvarez-Mieles *et al.,* 2013). El conocimiento de la cría y reproducción controlada constituye además una garantía para el desarrollo de programas de conservación de la especie (Schmitd y Espinós-Gutiérrez, 2011). Aunque esta tarea se dificulta por la dispersión del conocimiento de los factores ambientales y de manejo de *C. festae* en cautividad. De acuerdo con Zafra-Trelles y Vela-Alva (2015) es necesario profundizar en el conocimiento científico de las especies nativas desde el punto de vista reproductivo y productivo. Por otra parte, la adecuada transferencia de conocimiento determina el éxito o fracaso de la actividad acuícola y el éxito de los programas de conservación y de acuaponía (Yujra *et al.,* 2016).

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto del peso de las reproductoras de *C. festae* sobre la producción de alevines en condiciones de cría semicontroladas. Su conocimiento favorece la caracterización del sistema productivo de este cíclido y el desarrollo de planes para su conservación.

Material y métodos

Área de estudio y obtención de especímenes

Los animales utilizados en la investigación fueron capturados en la Cuenca de Daule-Peripa que se localiza en el rio Daule, subcuenca del rio Guayas en la región de costa de Ecuador (00° 55' 54,4" S y 079° 40' 16,6" O), al ser considerado un enclave de gran valor ecológico y de la biodiversidad de la ictiofauna del país (Prado *et al*., 2012; Álvarez-Mieles *et al.,* 2013).

Previamente, a partir de una metodología participativa, los pescadores de la zona fueron informados sobre los objetivos del estudio y se procedió a recopilar información relativa a la percepción de *C. festae*, motivos de preferencia, lugares más frecuentes de captura, posibles causas de disminución del censo y posibles acciones para su conservación. Seguidamente, se obtuvieron los 50 ejemplares de esta especie utilizados en el estudio mediante un programa de capturas incentivado a los pescadores, devolviendo al río aquellos ejemplares no representativos de la especie y los individuos jóvenes con un peso vivo inferior a 200 g. Los peces fueron capturados mediante un sistema tradicional de pesca denominado "despliegue en ala", que hace un barrido con la red en el sentido contrario al flujo del agua. Estos peces se depositaron en una jaula en el mismo río aneja a la red. Los reproductores se colocaron en un estanque de transición en condiciones naturales siguiendo las recomendaciones de Moya *et al.* (2015). Se seleccionaron 30 reproductoras atendiendo a su peso y con un grado de madurez sexual de tres o superior, de acuerdo a la escala de Nikolsky (1963), citada por Yujra *et al.* (2016); donde la hembra mostró un abultamiento de la región ventral con presencia de epitelio protector del poro genital. Asimismo, se consideraron otros factores en la selección: ausencia de malformaciones y signos clínicos, vivacidad, conformación, color, robustez que confirmaron su idoneidad como reproductores.

Condiciones experimentales

El presente trabajo se realizó durante la época seca del año, desde julio a septiembre de 2015, en la Universidad Técnica Estatal de

Quevedo (UTEQ), ubicada en el cantón Quevedo, provincia de Los Ríos, Ecuador. El campo experimental está ubicado a 72 m s.n.m., con una temperatura promedio anual de 25 °C y 1000 milímetros de precipitación. Esta zona se caracteriza por un clima tropical, con una marcada estación seca entre los meses de mayo a noviembre y una estación lluviosa entre los meses de diciembre a abril.

Para verificar la idoneidad de las condiciones de cría en cautividad se utilizaron tres estanques de tierra de 6 x 5 x 0,60 m, provistos de mecanismo de ingreso y salida de agua por gravedad, con un recambio diario inferior al 5%.

El peso medio de las hembras fue de 354,03 + 15,76 g (N = 30) con un coeficiente de variación del 24,37%, verificándose el ajuste de los pesos a una distribución normal mediante el test de normalidad (P > 0,05). Para evaluar el efecto del peso sobre la productividad de alevines (Moya *et al.,* 2015) las 30 hembras fueron distribuidas en tres estanques en base a su peso, de modo que el estanque número 1 contenía las 10 hembras con menor peso (237-267 g; media = 249,6 g), el estanque número 2 contenía las 10 hembras con pesos intermedios (326-380 g; media = 357,5 g) y el estanque número 3 contenía las 10 hembras más pesadas (430-478 g; media = 455,0 g). Los peces fueron pesados individualmente durante su traslado desde el estanque de transición al de reproducción. Dada la dificultad de manipular animales salvajes sólo se realizó la pesada inicial y para ello se realizó un aturdimiento natural mediante shock térmico que consistió en la introducción del pez en un recipiente que contenía agua y hielo. Los tres grupos mostraron diferencias significativas respecto al peso de las reproductoras (P < 0,01) (Tabla 1). Según el método indirecto de Cassie (1954) se estimó la edad de las reproductoras, con valores entre uno y tres años localizándose las hembras de mayor edad en el estanque número 3 (P < 0,05). Con las longitudes estándar de los reproductores se elaboró la tabla de frecuencias relativas acumuladas, donde los intervalos de clase se corresponden con las edades de las reproductoras. Una vez de-

Tabla 1. Descripción estadística del peso (g).
Table 1. Statistical description of weight (g).

Tratamiento[1]	Peso Medio (g)	Coeficiente de Variación (%)	Error Estándar	Peso Mínimo (g)	Peso Máximo (g)
T1	249,6	3,41	2,69	237	267
T2	357,5	4,37	4,94	326	380
T3	455,0	3,29	4,73	430	478
Total	354,03	24,37	15,75	237	478

[1] T1: Estanque 1; T2: Estanque 2; T3: Estanque 3.

terminados los puntos de inflexión se asignó la longitud estándar promedio de cada clase de edad, según la expresión:

$$a_{ij} = \left(n_{ij} - m_{i-1}\right)\left(\frac{100}{m_i - n_{i-1}}\right)$$

donde a_{ij}, punto del componente i, para cada j, clase de longitud estándar; n_{ij}, frecuencia acumulativa porcentual de la clase; m_i, valor del punto de inflexión superior de la componente i; m_{i-1}, valor del punto de inflexión inferior de la componente i.

De acuerdo a las recomendaciones de distintos autores en cíclidos (Günther, 1996; Cantor, 2007), fueron asignados aleatoriamente 5 machos adultos en cada estanque, con un peso superior a los 400 g, por lo que la proporción de machos por hembra fue 1:2. La densidad fue de 3 m^2 por reproductora o de 83,2 g/m^2; 119,17 g/m^2 y 151,67 g/m^2 en cada uno de los estanques, 1, 2 y 3, respectivamente.

Las hembras tuvieron una fase de acondicionamiento separadas de los machos mediante una malla en el estanque. Los animales se habituaron al consumo de alimento concentrado comercial, elaborado con subproductos de cereales, pasta de soja, harina de pescado, concentrado proteico de maíz, lecitina, aceite vegetal, carbonato cálcico, fosfato de calcio, antioxidantes y una premezcla de vitaminas y de minerales. El pienso utilizado tenía un 32% de proteína, 7% grasa, 5% de fibra, 10% de cenizas y una humedad inferior al 12%.

El pienso se administró tres veces al día durante los 30 días del pre-ensayo y los 45 días de la experiencia, ajustando inicialmente el consumo al 1,5% de la biomasa (Macintosh y Little, 1995; Bocek, 2017), aunque se disminuyó progresivamente hasta ajustarlo, evitando la presencia de alimento sobrante. Por otro lado, los animales dispusieron durante la experiencia del alimento natural existente en los estanques.

Transcurridos diez días tras el agrupamiento de machos y hembras se hizo la primera recogida de alevines en dos etapas. En primer lugar, se utilizó una red recoge hojas de base ancha con cesta de poliéster y se recogieron las puestas completas. Posteriormente, se capturaron los alevines dispersos mediante una malla de 1 mm de diámetro que se arrastró superficialmente desde ambos extremos del estanque. Los alevines fueron capturados y se trasladaron a un acuario para su posterior conteo. Se realizó un control cada cinco días con el mismo procedimiento de recogida y recuento de alevines, hasta la finalización de la experiencia en el día 45.

Diariamente, por la mañana, se registró la temperatura externa y los parámetros de calidad del agua en cada uno de los estanques: temperatura del agua, pH, oxígeno disuelto (DO) y ratio de sólidos disueltos (SDR). El análisis de amoniaco y nitritos fue realizado semanalmente.

Se comprobó la adecuación de las condiciones experimentales del hábitat utilizado mediante la respuesta reproductiva de las hembras en cada estanque y la no existencia de diferencias en los parámetros de calidad del agua mediante comparación de medias ($P > 0,05$).

Análisis estadístico

Para evaluar el efecto del peso de la reproductora sobre la productividad se realizó un análisis de varianza de una vía y ante la existencia de diferencias significativas se utilizó el test LSD de rangos múltiples ($P < 0,05$). Las variables de respuesta utilizadas fueron: Desove (si o no); Caracteres físico-químicos del agua; Peso de las hembras al inicio de la experiencia (g); Tasa de natalidad o supervivencia, el número de alevines en cada control; Producción total (alevines/estanque); Productividad numérica o supervivencia (alevines/día); Densidad de crías por m^2 de super-

ficie de estanque (alevines/m^2); Biomasa o productividad numérica por gramo de peso vivo de reproductora (alevines/g PV). Para los análisis estadísticos fue utilizado el programa SPSS versión 19.0.

Resultados y discusión

Condiciones de reproducción en confinamiento

El ensayo realizado fue de carácter exploratorio y los resultados mostraron que las condiciones físico-químicas del agua y de manejo del hábitat fueron adecuadas para la reproducción de la *C. festae* en confinamiento. No hubo diferencias significativas (P > 0,05) entre los datos físico-químicos de calidad del agua entre los tres estanques a lo largo de la experiencia (Tabla 2).

Las condiciones físico-químicas del agua se mantuvieron dentro del rango descrito para cíclidos (Pérez-Sánchez y Páramo-Delgadillo, 2008). La temperatura promedio fue de 24,7 °C, adecuada para el *C. festae* cuyo hábitat natural incluye pozas y lagunas de inundación con bajo nivel de oxígeno y alta temperatura en la época seca (Günther, 1996). Este valor de temperatura fue inferior a lo reportado en *V. synspila* (26-31 °C) (Páramo-Delgadillo, 1984) y en *C. istlanum* (32,6 °C) (Luna-Figueroa y Figueroa-Torres, 2000). Además, Jiménez (2004) indica que los mejores resultados en reproducción se obtendrían entre 31-34 °C. Por el contrario, Bocek (2017) indica un posible efecto adverso del incremento de la temperatura sobre el nivel de amoniaco en agua. El pH medio fue de 7,30 y el oxígeno disuelto 6,9 mg/l, estando este último valor dentro del rango (3,5 y 7 mg/l) indicado para distintos cíclidos del sureste de México (Pérez-Sánchez y Páramo-Delgadillo, 2008). Por otra parte, se valoraron los sólidos disueltos en agua (<500 mg/l) y la transparencia del agua del estanque con el disco Secchi (28,22 cm), signo de alta visibilidad y baja turbidez del agua (Cantor, 2007).

En estas condiciones del hábitat *C. festae* desarrollaron su actividad reproductiva y definieron zonas de desove, no observándose comportamientos anómalos en el transcurso de la experiencia. La densidad de cría y la relación de un macho cada dos hembras fue adecuada (Cantor, 2007; Zafra-Trelles y Vela-Alva, 2015; Yujra *et al.,* 2016). Estos valores, posiblemente, han evitado la aparición de situaciones de territorialidad, agresividad e incluso de canibalismo. Por otra parte, el agrupamiento de los animales en lotes homogéneos de peso, posiblemente favoreció y estimuló el comportamiento reproductivo. Estudios similares mostraron que la disponibilidad de vegetación en los estanques favorece la construcción de nidos y la búsqueda de zonas de descanso y refugio (Núñez *et al.,* 2011). Los machos fueron distribuidos aleatoriamente, de modo que había grandes y pequeños en cada estanque.

Los reproductores mostraron preferencia por el alimento vivo existente en el estanque (*Culex Daphnia,* Artemia y fitoplacton), por lo que acudían al alimento concentrado de modo secundario, de acuerdo a lo indicado por Schmitd y Espinós-Gutiérrez (2011), Cerón-Ortiz *et al.* (2015) en *Cambarellus montezumae* y Zafra-Trelles y Vela-Alva (2015) en *P. scalare*. La disponibilidad de alimento concentrado favorecería la recuperación reproductiva y a la vez evitaría la competencia y la territorialidad, además de asegurar la corrección de carencias en aminoácidos, minerales y vitaminas (Baltazar, 2007; Zafra-Trelles y Vela-Alva, 2015). Sin embargo, el conocimiento de los requerimientos y necesidades nutricionales específicos de cada especie deberían ser determinado previamente para poder desarrollar de modo exitoso la reproducción en condiciones controladas. Los niveles de proteína del 30% aceleran el crecimiento y la madurez reproductiva, y mayores niveles pro-

vocan un retraso en la actividad (Watanabe *et al.,* 1992). Asimismo, respecto a la composición de la dieta, una mezcla de harina de pescado y soja era más efectiva que los alimentos que contenían harina de pescado o harina de soja exclusivamente y además recomiendan el uso de aceites vegetales para aumentar la frecuencia de puesta y el número de alevines, factores que fueron considerados al diseñar la dieta (Cerón-Ortiz *et al.,* 2015).

Productividad y biomasa

La producción de alevines empieza tras el agrupamiento de machos y hembras. La recogida de alevines fue realizada cada cinco días ("*clutch-removal*"), reduciendo así el efecto del "*maternal age*", hecho que acelera la recuperación de la actividad reproductiva y evita el canibalismo entre alevines (Núñez *et al*., 2011). Además, si se utiliza técnicas de extracción y retirada temprana de las larvas se obtiene un mayor número de alevines, mayores tasas de supervivencia y menor intervalo entre desoves (Watanabe *et al.,* 1992) y favorece la sincronización reproductiva de las hembras (Baltazar, 2007). La máxima producción de alevines se alcanzó entre los días 20 y 30, si bien posteriormente disminuyó la colecta (Tabla 3). La curva de desove mostró forma de parábola invertida en cada estanque; se inicia de modo ascendente y tras alcanzar un máximo decrece en el tiempo (Figura 2). A los 35 días cae la producción de alevines. En los tres estanques se obtuvieron a los 45 días valores menores a 150 alevines por control, lo que significa el inicio del periodo de inactividad reproductiva. No se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$) en el número de alevines por colecta. Estudios experimentales realizados en periodos de cuatro meses, asocian tasas elevadas de mortalidad con sistemas de reproducción continua (Yujra *et al.,* 2016). Los resultados obtenidos dan continuidad a los desarrollados en "pejerrey" (Miranda *et al.,* 2006) y contrastan con otros autores que indican la gran dificultad de tener éxito en la reproducción en cautividad, la alta variabilidad de resultados y los bajos índices productivos (García, 2003; Schmitd y Espinós-Gutiérrez, 2011).

Los tres lotes de hembras se comportaron de modo similar, aunque las reproductoras del estanque 3, con mayor peso, anticiparon el desove frente al estanque 1 y 2 ($P < 0,05$). Se obtuvieron diferencias significativas en el número de alevines según el peso de la reproductora ($P < 0,05$) (Tabla 3). A medida que se incrementa el peso vivo aumenta el número de alevines recogidos por control, estando en consonancia con estudios realizados en distintos cíclidos (Baltazar, 2007; Pérez-Sánchez y Páramo-Delgadillo, 2008).

La producción por metro cuadrado fue superior en el estanque 3 con hembras de mayor tamaño, desde 9,52 alevines/m^2 en el estanque 1; 13,12 en el estanque 2 y 18,92 en el estanque 3, aunque dichas diferencias no fueron significativas ($P > 0,05$). Por último, al referir los datos de producción de alevines a biomasa (número de alevines por g de peso vivo de reproductora) no se obtuvieron diferencias significativas según el peso vivo ($P > 0,05$) (Tabla 3). Los resultados fueron superiores a los encontrados en México, Ecuador y Honduras (García, 2003) y similares a los obtenidos en tilapias, donde las de mayor peso producen más huevos por puesta que las de menor tamaño, aunque la misma biomasa por unidad de peso vivo (Miranda *et al.,* 2006). Resultados contradictorios con los reportados por Macintosh y Little (1995) que describieron que las tilapias pequeñas (peso medio de hembras 207 g) producían más alevines que las grandes (peso medio de hembras 262 g).

Nogueira *et al.* (2015) indican la existencia de correlación positiva entre el incremento de la edad y la calidad de los huevos en *Oreochromis niloticus* pero sin evidencias de diferencias significativas entre la fecundidad y los diferentes grupos de edad. Por el contrario, otros

Tabla 2. Parámetros de la calidad del agua durante la experiencia.
Table 2. Water quality parameters during the experience.

Variable	Media ± DT (% CV)	Tratamiento[1]			P valor[2]
		T1	T2	T3	
		Media ± DT	Media ± DT	Media ± DT	
Temperatura ambiente (°C)	25,6 ± 0,72 (2,73)	24,8 ± 1,17	24,7 ± 1,18	24,87 ± 1,15	P > 0,05
Temperatura del agua (°C)	24,7 ± 0,65 (2,6)	25,8 ± 1,17	25,7 ± 1,18	25,87 ± 1,15	P > 0,05
pH	7,30 ± 0,14 (1,97)	7,2 ± 0,36	7,37 ± 0,28	7,37 ± 0,26	P > 0,05
Oxígeno disuelto (mg/l)	6,9 ± 0,4 (5,88)	6,9 ± 0,41	6,97 ± 0,42	6,87 ± 0,37	P > 0,05
Transparencia (cm)	28,22 ± 3,83 (13,57)	28,2 ± 3,83	28,37 ± 3,78	29,17 ± 3,36	P > 0,05
Amonio (mg/l)	<2	1,2 ± 0,31	1,27 ± 0,24	1,27 ± 0,28	P > 0,05
Nitritos (mg/l)	<1	0,3 ± 19	0,37 ± 0,20	0,37 ± 0,13	P > 0,05
Sólidos disueltos (mg/l)	<500	543,6 ± 80,3	543,07 ± 85,2	544,07 ± 77,4	P > 0,05

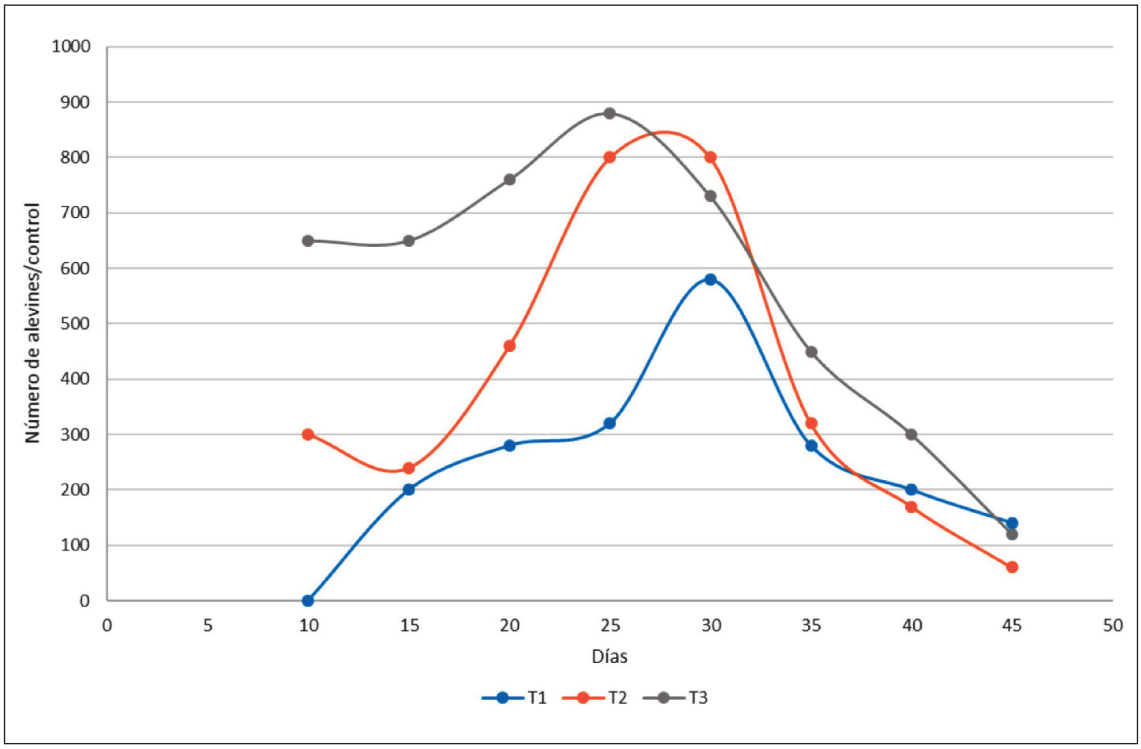
[1] T1: Estanque 1; T2: Estanque 2; T3: Estanque 3; [2] P < 0,05 Muestra diferencias significativas entre estanques de reproducción.

Tabla 3. Producción de alevines de *Cichlasoma festae* en condiciones semicontrolada.
Table 3. Production of Cichlasoma festae *fingerlings in semi-controlled conditions.*

Tratamiento[1]	Peso reproductoras (g)	Recogida de alevines por control (d)								Producción total (alevines)	Productividad (alevines /d)	Densidad (alevines /m^2)	Biomasa (alevines /g PV)
		10	15	20	25	30	35	40	45				
T1	250	0	200	280	320	580	280	200	140	2000	250^{a}	9,52^{a}	10,02^{a}
T2	350	300	240	460	800	800	320	170	60	3150	394^{ab}	13,12^{a}	11,01^{a}
T3	450	650	650	760	880	730	450	300	120	4540	567^{b}	18,92^{a}	12,47^{a}
Total		950	1090	1500	2000	2110	1050	670	320	9690	403,79	14,04	11,14

[1] T1: Estanque 1; T2: Estanque 2; T3: Estanque 3.

[a,b] Grupos en la misma columna con distintos superíndices son estadísticamente diferentes (p < 0,05).



T1: Estanque 1; T2: Estanque 2; T3: Estanque 3.

Figura 2. Comparación de curvas de producción de alevines.
Figure 2. Comparison of fingerlings production curves.

estudios realizados con *O. niloticus,* proponen utilizar tilapias de un año de edad como futuras reproductoras (Watanabe *et al.,* 1992).

El cíclido *C. festae* presentó buen comportamiento reproductivo en condiciones experimentales semicontroladas en confinamiento. El estudio realizado fue de carácter empírico exploratorio y los factores del hábitat registrados no actuaron como limitantes. Se logró evitar situaciones de *stress* y se potenciaron aquellas condiciones de manejo y alimentación que favorecieron el desarrollo del comportamiento reproductivo natural de la especie.

Este estudio preliminar abre expectativas a la implementación de programas de reproducción de *C. festae* orientados a la conservación de la especie y al mantenimiento de las poblaciones nativas, pero es preciso conocer los factores determinantes que garanticen el óptimo nutricional, la maduración y la reproducción en *C. festae* (Izquierdo y Fernández-Palacios, 2004).

Por todo ello, se precisa de más estudios para conocer la fecundidad real de las reproductoras y la supervivencia de alevines de *C. festae* y su relación con las características físicoquímicas del medio.

Conclusiones

Las reproductoras de mayor peso anticiparon, concentraron el desove y duplicaron la productividad numérica frente a las de menor peso. No obstante, la biomasa total (número de alevines por g de peso vivo de reproductora) fue homogénea en todos los casos. El cultivo de especies nativas como *C. festae* representa una oportunidad y alternativa necesaria para la conservación de la especie, particularmente donde las poblaciones naturales están viéndose diezmadas.

Referencias bibliográficas

Álvarez-Mieles G, Irvine K, Griensven A, Arias-Hidalgo M, Torres A, Mynett A (2013). Relationships between aquatic biotic communities and water quality in a tropical river–wetland system (Ecuador). Environmental Science & Policy 34: 115-127. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2013.01.011

Baltazar P (2007). La Tilapia en el Perú: acuicultura, mercado, y perspectivas. Revista Peruana de Biología 13: 267-273.

Barrientos-Medina RC, Chumba-Segura L (2007). Empirical management of an endemic cichlid fish, *Cichlasoma cienagae.* Tropical and Subtropical Agroecosystems 7: 47-51.

Bocek A (2017). Producción de larvas y alevines de *Oreochromis niloticus* en tanques. International Center for Aquaculture and Aquatic Environments. Auburn University, Alabama, USA. [publicación en línea]. Disponible en: https://cals.arizona.edu/azaqua/AquacultureTIES/publications/Spanish%20WHAP/TIL8%20Tanques.pdf (Consultado: 11 noviembre 2019).

Cantor F (2007). Manual de producción de Tilapia. Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla. México.

Cassie RM (1954). Some uses of probability paper in the analysis of size frequency distributions. Australian Journal of Marine and Freshwater Research 5: 513-522. https://doi.org/10.1071/MF9540513

Cerón-Ortiz AN, Moctezuma-Reséndiz O, Ángeles-Monroy MA, Montufar-Serrano E, León-Escamilla JA (2015). Interactive effect of food and water quality on growth and survival of the crayfish *Cambarellus montezumae*. Revista Mexicana de Biodiversidad 86: 131-142.

García MA (2003). Determinación de la temperatura preferencial y metabolismo de la rutina de la tenguayaca (*Petenia splendida,* Gunther, 1862). Tesis de Licenciatura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México, 42 pp.

González MA, Rodríguez J, López M, Vergara G, García A (2016a). Estimación del rendimiento y valor nutricional de la Vieja Azul (*Andinoacara rivulatus*). Revista de Investigación Talentos 3(2): 36-42.

González MA, Rodríguez JM, Angón E, Martínez A, García, Peña F (2016b). Characterization of morphological and meristic traits and their variations between two different populations (wild and cultured) of *Cichlasoma festae*, a species native to tropical Ecuadorian rivers. Archiv fur Tierzucht, 59: 435-444. https://doi.org/10.5194/aab-59-435-2016.

González MA, Angón E, Rodríguez J, Moya A, García A, Peña F (2017). Yield, flesh parameters, and proximate and fatty acid composition in muscle tissue of wild and cultured Vieja Colorada (*Cichlasoma festae*) in tropical Ecuadorian river. Spanish Journal of Agricultural Research 15(3): e0604. https://doi.org/10.5424/sjar/2017153-10271

Günther J (1996). Crecimiento del guapote tigre, *Cichlasoma managuense* (Pisces: Cichlidae) bajo régimen de cultivo intensivo en estanques de tierra. Revista de Biología Tropical 44(2): 813-818.

IUCN (2011). Red List of Threatened Species Version 2011. Disponible en: www.iucnredlist.org (consultado: 9 de Mayo 2019).

Izquierdo M, Fernández-Palacios (2004). Importancia de la nutrición en la reproducción de peces. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 100A(3): 289-296.

Jiménez C (2004). Efecto de la temperatura en el crecimiento de crías de la mojarra tenguayaca (*Petenia splendida*, Gunther, 1862), (Pises, Cich-

lidae). Tesis profesional. División Académica de Ciencias Biológica. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Jiménez-Prado P, Aguirre W, Laaz-Moncayo E, Navarrete-Amaya R, Nugra-Salazar F, Rebolledo-Monsalve E, Zárate-Hugo E, Torres-Noboa A, Valdiviezo-Rivera J (2015). Guía de peces para aguas continentales en la vertiente occidental del Ecuador. Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas (PUCESE); Universidad del Azuay (UDA) y Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (MECN) del Instituto Nacional de Biodiversidad. Esmeraldas, Ecuador. 416 pp.

Lezama E, Günther J (1992). The routine metabolism of guapote, *Cichlasoma managuense* (Günther, 1869), related to body weight and temperature. Journal of Fish Biology 41: 373-380. https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1992.tb02666.x

Luna-Figueroa J, Figueroa-Torres J (2000). Reproducción y crecimiento en cautiverio de la mojarra criolla *Cichlasoma istlanum* (Pisces: Cichlidae). AquaTIC; 10: 1-13.

Luna-Figueroa J, Díaz F, Espina S (2003). Preferred temperature of the Mexican native cichlid *Cichlasoma istlanum* (Jordan and Snider, 1899). Hidrobiológica 13: 271-275.

Macintosh D, Little D (1995). Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). En: Broodstock Management and Egg and Larval Quality (Eds. N.R. Bromage and R.J. Roberts). pp. 277-320. Blackwell Science, London.

Martínez-Palacios CA, Chávez-Sánchez MC, Ross LG (1996). The effects of water temperature on food intake, growth and body composition of *Cichlasoma urophthalmus* (Günther) juveniles. Aquaculture Research 27: 455-461. https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.1996.tb01275.x

Miranda LA, Berasain GE, Velasco CAM, Shirojo Y, Somoza GM (2006). Natural spawning and intensive culture of pejerrey *Odontesthes bonariensis* juveniles. Biocell 30(1): 157-162.

Moya A, Gallegos M, Gómez J, Rodríguez J, Ledesma L, Rodríguez J, Angón E (2015). Adaptación y curvas de crecimiento de la vieja azul (*Andinoacara rivulatus*) y vieja colorada (*Cichlasoma festae*), cultivadas bajo condiciones controladas. Libro de Proceedings III Congreso Internacional de Ciencia Tecnología, Innovación y Emprendimiento. 12-13 noviembre de 2015, Bolívar, Ecuador. pp. 209.

Muñoz H, Van Damme P, Duponchelle F (2005). Comportamiento reproductivo del tucunaré (*Cichla monoculus*) en el Río Paraguá, Santa Cruz, Bolivia. Coloquio Internacional de Biología de las Poblaciones de Peces de la Amazonía y Piscicultura de la Red de Investigación sobre la Ictiofauna Amazónica. 27 junio – 1 julio de 2005, Iquitos, Perú. pp. 18-23.

Nikolsky GV (1963). The Ecology of Fishes. Academic Press, London.

Nogueira F, Ferreira do Nascimento N, Cristina da Silva R, Akira-Tsuji E, Faria-Paes MC, Ribeiro-Dias TC, Okada-Nakaghi LS (2015). Maternal age influences on reproductive rates in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Revista Brasileira de Zootecnia 44(4): 161-163.

Núñez J, Chu-Koo F, Berland M, Arévalo L, Ribeyro O, Duponchelle F, Renno JF (2011). Reproductive success and fry production of the paiche or pirarucu, *Arapaima gigas* (Schinz), in the region of Iquitos, Perú. Aquaculure Research 42: 815-822. https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.02886.x

Ortiz-Cruz VM (2011). Análisis del crecimiento y madurez sexual de *Cichlasoma trimaculatum* (Günter, 1867) de la Subcuenca Río Atoyac-Paso de la Reina de la Cuenca Río Atoyac, Oaxaca. Tesis de Maestría del Instituto Politécnico Nacional. Oaxaca, México.

Páramo-Delgadillo S (1984). Ictiofauna del Río González y lagunas adyacentes. Universidad y Ciencia 1: 2-20.

Pérez-Sánchez E, Páramo-Delgadillo S (2008). The culture of cichlids of southeastern Mexico. Aquaculture Research 39: 777-783. https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.01929.x

Prado M, Bucheli R, Calderón G (2010). Composition, distribution and abundance of plankton in the river system of the province Los Rios-Ecuador. Boletín Científico y Técnico 20(6): 1-52.

Prado M, Revelo W, Castro R, Bucheli R, Calderón G, Macías P (2012). Caracterización química y biológica de sistemas hídricos en la Provincia de Los Ríos-Ecuador. Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, Ecuador.

Revelo W, Esteban E (2004). Aspectos biológicos de los principales recursos de aguas continentales, durante febrero y marzo del 2004 en la provincia de los Ríos. Informe técnico. Instituto Nacional de Pesca.

Rodríguez JM, Vivas R, González MA, Moya A, Barrera A, González A, García A (2014). Adaptación de juveniles de Vieja Colorada a la cría en condiciones experimentales controladas. Book of Proceedings 4th Simposium of the Latinoamerican Asociation in Animal Sciencie, Alpa-Ecuador. 13-15 de noviembre de 2014, Quevedo, Ecuador. pp. 35-40.

Rodríguez JM, Angón E, González MA, Perea J, Barba C, García A (2017). Allometric relationship and growth models of juveniles of *Cichlasoma festae* (Perciforme: Cichlidae), a freshwater species native in Ecuador. Revista de Biología Tropical 65(3): 1185-1193. https://doi.org/10.15517/rbt.v65i3.26173

Schmitd G, Espinós-Gutiérrez FJ (2011). Diversificación en acuicultura: Una herramienta para la sostenibilidad. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Secretaría General Técnica. Madrid, España.

Silva M, Alcántara F, Aguila M (2005). Biología reproductiva del Bujurqui *Cichlasoma amazonarum* (Kullander, 1983) en ambientes controlados. Coloquio Internacional de Biología de las Poblaciones de Peces de la Amazonía y Piscicultura de la Red de Investigación sobre la Ictiofauna Amazónica. 27 junio – 1 julio de 2005, Iquitos, Perú. pp. 24-29.

Sparks JS, Smith WL (2004). Phylogeny and biogeography of cichlid fishes (Teleostei: Perciformes). Cladistics 20: 501-517. https://doi.org/10.1111/j.1096-0031.2004.00038.x

Watanabe WO, Smith SJ, Wicklund RI, Olla BL (1992). Hatchery production of Tilapia roja de Florida seed in brackishwater Tanques under natural-mouthbrooding and clutch-removal methods. Aquaculture 102: 77-88. https://doi.org/10.1016/0044-8486(92)90290-2

Yujra E, Amaru Chambilla G, Segura Zamudio M, Villanueva Quispe C, Siguayro Mamani H, Chura Cruz R (2016). Experimental production of fingerlings *Odontesthes bonariensis* (silverside) under productive management in captivity and laboratory, Puno-Peru. Campus Lima, Perú 21: 49-56.

Zafra-Trelles A, Vela-Alva K (2015). Producción de semilla de *Pterophyllum scalare* "pez ángel" en sistema cerrado, Trujillo-Perú. Rebiol 35(1): 91-98.

(Aceptado para publicación el 11 de noviembre de 2019)

Lesiones macroscópicas en pulmones en ganado de lidia

A. Fernandez-Novo[1,*], J.M. Lomillos-Pérez[1] y J.A. García-García[2]

[1] Departamento de Producción y Sanidad Animal, Salud Pública Veterinaria y Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Universidad CEU Cardenal Herrera, C/ Tirant lo Blanc, 7. 46115 Alfara del Patriarca, Valencia, España

[2] La Tejera SLP. C/ de la Cruz, 15. 28710 El Molar, Madrid, España

Resumen

El pulmón es el órgano encargado del intercambio gaseoso y de asegurar buena disponibilidad de oxígeno en situaciones de máximo ejercicio como es el espectáculo taurino. Por ello, presenta especial interés conocer cuáles son las principales afectaciones pulmonares vistas en canales *post-mortem* para así poder realizar mejoras a nivel productivo y de manejo, entre otras. En el presente trabajo se ha estudiado durante cinco años la aparición de lesiones pulmonares analizando 251 bovinos de lidia, evaluando la presencia de lesiones macroscópicas (enfisema, hemorragia, congestión y bronconeumonía) en pulmones de bovinos de diferentes edades y sexos. Metodología: se llevó a cabo en la comunidad de Madrid (Julio-Septiembre de los años 2013-2017). Resultados: n = 251 animales en los cinco años, 87/251 presentaron lesiones y alteraciones anatomopatológicas macroscópicas. Dentro de las lesiones y hallazgos agónicos observados: 22/87 correspondieron a enfisema pulmonar, 36/87 hemorragia, 24/87 congestión pulmonar, 4/87 bronconeumonía fibrinosa y 1/87 bronconeumonía supurativa. Los novillos (machos de dos-tres años) presentaron mayor frecuencia de lesiones (44,30 *vs.* 34,66%; $P = 0,013$). La aparición de enfisema fue más frecuente en vacas que en otro tipo de animal (53,33%; $P = 0,023$). La hemorragia apareció menos en vacas que en otro tipo de animal (13,33%; $P = 0,023$), y tendencia a que apareciera menos en toro de capea ($P = 0,023$). El presente estudio ha revelado que dos de cada tres bóvidos de raza de lidia no presentan lesiones macroscópicas pulmonares, así como que la lesión agónica más frecuente fue la hemorragia pulmonar, seguida de congestión y enfisema sin observarse elevados porcentajes de bronconeumonía. Teniendo en cuenta que un 94,25% de los hallazgos observados corresponden a lesiones agónicas (presuntamente no correspondientes a patología previa incluyendo enfisema, hemorragia y congestión pulmonar), sólo un 5,75% de las lesiones denotarían patología previa. Estos resultados podrían reflejar las condiciones de extensividad y máximos estándares de bienestar animal correspondientes a la tradición histórica de crianza del ganado bravo en dehesas.

Palabras clave: Espectáculo taurino, enfisema, hemorragia, bronconeumonía, *post-mortem.*

Macroscopical lung lesions in bullfighting bovine

Abstract

The lung is the organ in charge of gas exchange and ensuring good availability of oxygen in situations of maximum exercise such as the bull fight. For this reason, it s interesting to know which are the main pulmonary affectations seen in *post-mortem* carcasses in order to be able to make improvements. In the present work, the frequency of lung lesions has been studied for five years analyzing 251 fighting cat-

* Autor para correspondencia: aitor.fernandeznovo@uchceu.es

Cita del artículo: Fernandez-Novo A, Lomillos-Pérez JM, García-García JA (2020). Lesiones macroscópicas en pulmones en ganado de lidia. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 116(2): 106-115. https://doi.org/10.12706/itea.2019.022

tle, evaluating the presence of macroscopic lesions (emphysema, hemorrhage, congestion and bronchopneumonia) in the lungs of bovines of different ages and sexes. Methodology: it was carried out in the community of Madrid (July-September of the years 2013-2017). Results: n = 251 animals in the five years, 87/251 presented lesions and anatomopathological changes. Among the lesions and *post-mortem* changes observed: 22/87 correspond to pulmonary emphysema, 36/87 hemorrhage, 24/87 pulmonary congestion, 4/87 fibrinous bronchopneumonia and 1/87 suppurative bronchopneumonia. Steers (two-three year old males) presented a higher frequency of injuries (44.30 *vs.* 34.66%; $P = 0.013$). The probability of suffering lung injury in steers, compared to bulls, turned out to be statistically significant, proving to be a protective factor the fact of being a bull (OR = 0.389; 95% CI; 44.30 *vs.* 23.63%). The occurrence of emphysema was more frequent in cows than in other type of animal (53.33%; $P = 0.023$). Hemorrhage appeared less in cows than in other types of animals (13.33%; $P = 0.023$), and tendency to appear less in bullfight calves ($P = 0.023$). The present study has revealed that two out of every three bovine breed cattle do not present macroscopic lung lesions, as well as that the most frequent lesion is pulmonary hemorrhage, followed by congestion and emphysema without observing high percentages of bronchopneumonia.

Taking into account that 94.25% of the observed findings correspond to agonizing lesions (presumably not corresponding to previous pathology, including pulmonary emphysema, bleeding and congestion), only 5.75% of the lesions would denote previous pathology.These results could reflect the conditions of extensity and maximum standards of animal welfare corresponding to the historical tradition of breeding wild cattle in pastures.

Keywords: Bull fight, emphysema, hemorrhage, bronchopneumonia, *post-mortem.*

Introducción

La raza de lidia representa un elevado porcentaje del número de animales en España, habiendo actualmente 206.385 cabezas de ganado en nuestro país, siendo la segunda raza en pureza después del ganado frisón (MAPA, 2019). Es una raza capaz de aprovechar gran variedad de terrenos, ocupar un elevado porcentaje de la dehesa española y perpetuar población en zonas más deshabitadas. Sus condiciones de manejo difieren del resto de la cabaña ganadera, pues viven de manera prácticamente silvestre, con poco contacto con el ser humano y en convivencia con la naturaleza (Edwards, 2010). De este modo, el índice de patologías por hacinamiento, contacto con otros rebaños y estrés es mínimo, no como sucede en otras poblaciones bovinas dedicadas a producción lechera o cárnica (Caucci *et al.,* 2018).

No obstante, el destino final de la crianza de la raza de lidia se fundamenta en el espectáculo taurino, que ha ido evolucionando a lo largo de la historia hasta tal punto que, en la actualidad, se exigen animales con mayor capacidad de rendimiento debido al alargamiento de la duración del espectáculo. La selección genética, la implantación de programas de manejo y la mejora en la nutrición han ayudado a conseguir aumentar estos rendimientos físicos de la cabaña de lidia muy notablemente (Cortés *et al*., 2008 y 2011; Lomillos *et al*., 2013).

De especial importancia es la perfecta funcionalidad pulmonar para lograr un adecuado estado físico para sobreponerse al ejercicio intenso del espectáculo. Por ello, el estudio de hallazgos patológicos pulmonares *post-mortem* (Wittum *et al.,* 1996; Schneider *et al.,* 2009) puede arrojar datos para orientar la mejora de la raza y del espectáculo. Conociendo la incidencia y prevalencia de las principales lesiones pulmonares, se podrían tomar medidas de prevención y mejora para maximizar la salud pulmonar.

El pulmón bovino presenta diferencias anatómicas respecto a otras especies, con una marcada individualización de los lobulillos pulmonares por una mayor proporción de tejido conjuntivo en las paredes interlobulillares. Esto hace que el pulmón bovino sea más vulnerable a procesos inflamatorios y enfisema. Por otro lado, las neumonías son especialmente frecuentes en terneros de cebo. Tradicionalmente los procesos neumónicos en bovino se clasifican en bronconeumonía supurativa, bronconeumonía fibrinosa, neumonía intersticial o neumonitis, neumonía embolica y neumonía granulomatosa (López, 2011). En ganado de lidia estos patrones de lesiones pulmonares se documentan como hallazgos *post-mortem* muy infrecuentes, siendo los dos únicos representantes la neumonía supurativa y fibrinosa, ambas con un bajo porcentaje. Sin embargo, el esfuerzo que sufren pulmones previamente sanos, puede dar lugar a otro tipo de lesiones, especialmente frecuentes en este tipo específico de aptitud productiva, difícilmente extrapolables de lo descrito para el bovino de producción láctea o cárnica. Conocer cómo afecta el proceso de crianza, entrenamiento y mejora del toro en su hábitat específico, la dehesa, que difiere completamente de otros bovinos, y donde la información y el conocimiento científico son escasos, es de gran interés.

Por todo ello, se plantea la necesidad de estudiar, describir y discutir cuáles son los principales procesos patológicos pulmonares *post-mortem* que se aprecian en ganado de lidia después del espectáculo

Objetivo

El objetivo del presente estudio fue describir el alcance de las diferentes lesiones macroscópicas en pulmones observadas en desolladero después de la lidia en la Comunidad de Madrid durante los años 2013 a 2017 y relacionarla con los factores epidemiológicos recogidos.

Material y métodos

El estudio se realizó en la Comunidad Autónoma de Madrid, en plazas de toros con desolladero durante los meses de julio, agosto y septiembre, de los años 2013 a 2017. Los animales lidiados fueron vacas de suelta (hembras entre dos y doce años de edad), toros de capea (machos de tres años), toros de corrida de toros (machos entre cuatro y cinco años de edad) y novillos de novilladas picadas (machos de tres años) y no picadas (machos de dos años).

Todos los animales fueron supervisados por el mismo veterinario durante el desollado tras el sacrificio en el espectáculo taurino. Se realizó un análisis pormenorizado de canales, órganos y vísceras, con el objetivo de describir lesiones compatibles con decomiso de piezas, según establece legislación vigente en materia de salud pública (Orden 8345/1999, de 25 de noviembre del Consejo de Economía y Empleo; Real Decreto 260/2002, de 8 de marzo; Real Decreto 87/2014, de 24 de enero). Además, se examinaron detalladamente cada uno de los lóbulos pulmonares de cada animal, describiéndose las lesiones encontradas y recogiendo toda la información informáticamente. Se encuadró el tipo de lesión apreciada en el pulmón del animal en función de la siguiente clasificación (Sánchez-Pérez, 2012):

- **Enfisema**: acumulación patológica de aire el tejido pulmonar, debido a la dilatación de los alveolos o a la destrucción de sus paredes.
- **Hemorragias**: extravasación de sangre al parénquima o tejido pulmonar. Macroscópicamente la imagen varía desde pequeñas áreas de lesión (petequias) hasta lóbulos completos de color rojo intenso.
- **Congestión pulmonar**: acumulación de líquido en los pulmones, que da lugar a deterioro del intercambio gaseoso e hipoxemia arterial. Macroscópicamente, en la congestión aguda los pulmones presentan un aspecto similar a la hiperemia (color rojo oscuro).

Por el tipo de sacrificio del ganado de lidia, ya bien por bala cautiva o estoque, el enfisema, las hemorragias y la congestión pulmonar se pueden producir como alteración *post-mortem* por muerte agónica (Fernández y Villalón, 1999; Pizarro *et al.*, 2006).

- **Bronconeumonía fibrinosa (**Figura 1): lesión exudativa que comienza en la unión bronquiolo-alveolar y desde allí se extiende a bronquios y alveolos. El tipo de exudado es fibrinoso. Generalmente, localizada en lóbulos craneales (craneoventral) de uno o ambos pulmones, aunque en ocasiones puede extenderse hacia los principales. Lesión macroscópica: el aspecto varía en función de la evolución. En fases iniciales el pulmón posee una coloración rojiza intensa. Rápidamente la fibrina se deposita sobre la superficie pleural, y puede conferirle un aspecto de cristal esmerilado o formar placas de coloración amarillenta. Es frecuente observar un exudado fibrinoso en la cavidad pleural.
- **Bronconeumonía supurativa** (Figuras 2 y 3): lesión exudativa purulenta o mucopurulenta que comienza en la unión bronquiolo-alveolar y desde allí se extiende a bronquios y alveolos. La principal localización es en los lóbulos craneales (craneoventral) de uno o ambos pulmones. Las lesiones macroscópicas predominantes son: lobulillos consolidados, con una coloración que varía según progresa la lesión, de rojo intenso en fases tempranas (hiperemia y edema), a rosa grisáceo en fases instauradas (colapso de los alveolos por el exudado purulento) y gris pálido (semejante a carne de pescado fresco) en fases crónicas.

Se analizaron un total de 251 canales en diferentes salas autorizadas para el desollado de los animales tras el festejo (Real Decreto 260/2002, de 8 de marzo). De estas, 87/251 presentaron algún tipo de lesión verdadera o agónica.

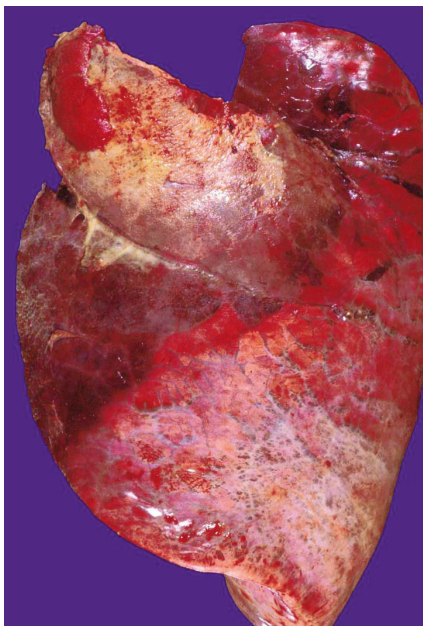


Figura 1. Pulmón con lesión de tipo bronconeumonía fibrinosa.
Figure 1. Lung with fibrinous bronchopneumonia lesion.

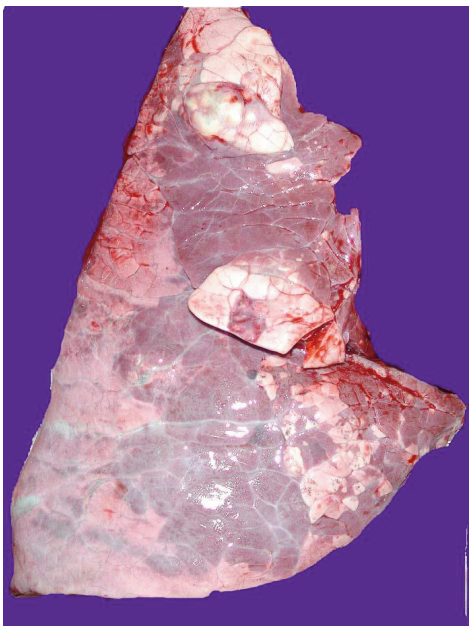


Figura 2. Pulmón con lesión de tipo bronconeumonía supurativa.
Figure 2. Lung with supurative bronchopneumonia lesion.



Figura 3. Sección transversal de lóbulo pulmonar con lesión de tipo bronconeumonía supurativa.
Figure 3. Transverse section of pulmonary lobe with suppurative bronchopneumonia lesion.

La información se procesó estadísticamente con IBM-SPSS®v25.0 (IBM, Armonk, New York, USA), mediante la prueba de chi-cuadrado y análisis de regresión logística.

Resultados

Los resultados obtenidos tras el estudio se recogen en las tablas 1 (categoría de animal, presencia de lesión y año de estudio) y 2 (categoría de animal y tipo de lesión o alteración agónica *–post-mortem–*).

La frecuencia de las lesiones y hallazgos patológicos observados por cada año no presentó diferencias estadísticamente significativas ($P = 0,364$), si bien por tipo de animal, los toros (bovinos machos mayores de cuatro años de edad usados en corridas de toros) sí presentaron significativamente una menor frecuencia de lesiones que el resto (23,63 *vs*. 34,66%; $P = 0,013$) y los novillos (machos de dos a tres años lidiados en novilladas), fueron los animales que presentaron mayor frecuencia de lesiones verdaderas y agónicas (44,30 *vs.* 34,66%; $P = 0,013$). La frecuencia de alteraciones agónicas *–post-mortem–* fue del 36,27% (82/251) sobre el total de los animales, mientras que del 94,25% (82/87) sobre el total de hallazgos anatomopatológicos. Se consideraron el conjunto de lesiones halladas en desolladero, tanto lesiones agónicas como reales. El análisis una vez descartadas las lesiones agónicas como no lesión verdadera, suponía la pérdida de potencia estadística, ya que la cantidad de pulmones con lesiones patológicas reales era reducida ($P > 0,5$).

La probabilidad de padecer algún tipo de lesión o alteración *post-mortem* pulmonar en novillos, respecto a los toros, resultó ser estadísticamente significativa,siendo los animales de mayor edad (los toros de 4 y 5 años) los que menores lesiones presentaron, reduciéndose en ellos un 60%, aproximadamente (OR = 0,389; CI 95%, 44,30 *vs*. 23,63%). Las otras dos categorías (novillos *vs*. vaca y toro de capea, OR = 0,992 y OR = 0,883; CI 95%, 44,30 *vs.* 44,11%; 44,30 *vs.* 39,28%, respectivamente), comparadas con novillos, no mostraron diferencias significativas ($P > 0,5$).

No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre la aparición de un tipo de alteración agónica *–post-mortem–* o lesión en función del año ($P = 0,714$).

La aparición de enfisema fue más frecuente en vacas que en otros tipos de animales, con una afectación media del 53,33% de los individuos en el periodo estudiado ($P = 0,023$). Sin embargo, existe una tendencia a aparecer menos lesiones enfisematosas en novillos que en otro tipo de animal de lidia, con un alcance del 14,28% de los individuos en el periodo estudiado ($P = 0,023$).

Tabla 1. Relación de animales analizados con presencia de lesión o alteración *post-mortem* por categoría de animal y año.
Table 1. List of animals analyzed with presence of injury or post-mortem *changes by animal category and year.*

Tipo de animales	n	2013	2014	2015	2016	2017	Totales
Vacas suelta	34	16,66% (1/6)	50,00% (4/8)	50,00% (4/8)	42,85% (3/7)	60,00% (3/5)	44,11% (15/34)[e]
Toros capea	28	33,33% (2/6)	16,66% (1/6)	42,85% (3/7)	60,00% (3/5)	50,00% (2/4)	39,28% (11/28)[d]
Toros	110	17,39% (4/23)	22,72% (5/22)	21,73% (5/23)	27,27% (6/22)	30,00% (6/20)	23,63% (26/110)[c]
Novillos	79	37,50% (6/16)	38,88% (7/18)	40,00% (6/15)	56,25% (9/16)	50,00% (7/14)	44,30% (35/79)
Totales	251	25,49% (13/51)[a]	31,49% (17/54)[a]	33,96% (18/53)[a]	42,00% (21/50)[a]	41,86% (18/43)[a]	34,66% (87/251)[a]

Significación estadística: [a] $P = 0,364$; [b] $P = 0,013$; [c] OR = 0,389 (CI 95%, 44,30 *vs*. 23,63%); [d] OR = 0,883 (CI 95%, 44,30 *vs*. 39,28%); [e] OR = 0,992 (CI 95%, 44,30 *vs*. 44,11%).

Tabla 2. Relación de animales analizados por categoría de animal y tipo de alteración agónica –*post-mortem*– * o lesión patológica, macroscópica.
Table 2. List of animals analyzed by animal category and type of post-mortem *changes or macroscopic lesion*.

		Vacas suelta	Toros capea	Toros	Novillos	Totales
Totales	Animales con alt. agónica / total animales	41,17% (14/34)	32,14% (9/28)	22,72% (25/110)	43,03% (34/79)	32,67% (82/251)
	Animales con lesión / total animales	2,94% (1/34)	7,14% (2/28)	0,90% (1/110)	1,26% (1/79)	1,99% (5/251)
	Animales con lesión y alt. agónica / total animales	44,11% (15/34)	39,28% (11/28)	23,63% (26/110)	44,30% (35/79)	34,66% (87/251)
Tipo de alteración agónica	Enfisema	53,33% (8/15)[a]	45,45% (5/11)	15,38% (4/26)	14,28% (5/35)[a]	25,28% (22/87)
	Hemorragia	13,33% (2/15)[a]	18,18% (2/11)[a]	53,84% (14/26)	51,42% (18/35)	41,37% (36/87)
	Congestión	26,66% (4/15)	18,18% (2/11)	26,92% (7/26)	31,42% (11/35)	27,58% (24/87)
Tipo de lesión patológica	Bronconeumonía fibrinosa	6,66% (1/15)	9,09% (1/11)	3,84% (1/26)	2,85% (1/35)	4,59% (4/87)
	Bronconeumonía supurativa	0,00% (0/15)	9,09% (1/11)[a]	0,00% (0/26)	0,00% (0/35)	1,14% (1/87)

*Se considera alteración agónica: enfisema, hemorragia y congestión pulmonar. Significación estadística: [a] $P = 0,023$.

La hemorragia fue observada menos en vacas que en otro tipo de animal, con una repercusión del 13,33% en el periodo estudiado (*P* = 0,023). Igualmente se demostró una tendencia a que apareciera menos en toro de capea (*P* = 0,023).

La bronconeumonía supurativa apareció más en toro de capea que en otro tipo de animal de lidia, con una frecuencia de aparición del 9,09% en el periodo estudiado (*P* = 0,023).

Discusión

El presente estudio ha revelado que dos de cada tres bóvidos de raza de lidia no presentan lesiones macroscópicas pulmonares, así como que la lesión más incidente es la hemorragia pulmonar, seguida de congestión.

Por otra parte, prácticamente no se observan casos de bronconeumonías (4,59% fibrinosa y 1,14% supurativa). Estos resultados podrían reflejar las condiciones de extensividad y máximos estándares de bienestar animal correspondientes a la tradición histórica de crianza del ganado bravo en dehesas.

Los factores limitantes del toro durante la lidia se pueden resumir en disminución de la volemia y número de glóbulos rojos, lesión muscular, deshidratación, fatiga, acidosis y fuerte depleción del glucógeno muscular, entre otros (Agüera Buendía y Requena Domenech, 2011). Esto hizo pensar a los ganaderos en entrenar al toro bravo antes del espectáculo como método de aumento de su eficiencia en plaza, no obstante, la poca bibliografía existente arroja resultados dispares (Escribano *et al*., 2010; Requena, 2012). Escalera-Valente *et al.* (2008) por su parte, estudiaron el efecto de la lidia sobre los gases sanguíneos, cuyas concentraciones reflejaron una inadaptación del animal al ejercicio llevado a cabo en el ruedo, aun habiendo sido entrenados físicamente antes del festejo. A su vez, el estudio de Martínez-Gomariz *et al.* (1999) puso de manifiesto algunas lesiones musculares acompañadas de alteraciones del tejido conectivo del toro tras la lidia.

En nuestro estudio, la aparición de lesiones pulmonares de cualquier tipo (incluidas las agónicas) se situó en el 34,66% de las 251 canales analizadas. Comparativamente este dato es menor a los obtenidos en otros trabajos recientes (Caucci *et al.*, 2018) en vacuno de carne, en los que describieron tasas del 64% de uno o ambos pulmones con algún tipo de afección o lesión. Además, si consideramos lesiones agónicas las de tipo hemorrágico, congestivo y enfisematoso, se reduciría el porcentaje de lesiones reales al 5,75% de los individuos. Esto podría reflejar el impacto positivo que tiene el hábitat durante toda la vida productiva de esta raza en comparación con otras razas cárnicas. Aunque el estudio previamente citado (Caucci *et al.*, 2018) reveló que la presencia de lesiones pulmonares no está directamente relacionada con deterioros en la calidad de la canal de los animales, ésta sí repercute de manera negativa en los índices de conversión así como en la rentabilidad por kg de canal, pues lesiones pulmonares aumentan los índices de conversión, y por ende, empeoran el rendimiento económico (Thompson *et al.*, 2006).

La aparición de enfisema en nuestro estudio, es más frecuente en vacas que en los otros tipos de animales de lidia (53,33% *vs.* 25,28%; *P* = 0,023). Lo podemos atribuir a que estos animales, de conformidad con la Orden 8345/1999*,* deben ser sometidos a procedimientos de aturdimiento mecánico previo al sacrificio. Gomes *et al.* (1999) demostraron que el enfisema intersticial se produce por una inspiración forzada observado en aquellos bovinos aturdidos de manera incorrecta; esta lesión se denomina enfisema agónico (Ríos *et al.*, 2012). Porcentajes mayores de incidencia de lesiones enfisematosas se han descrito en algunos mataderos, pudiendo llegar al 60% (Oviedo-Socarrás *et al.*, 2016).

El bajo número de lesiones hemorrágicas registradas en vaca y toro de capea, en comparación con el resto de animales, puede estar causado por el tipo de sacrificio que se realiza con cada animal, pues vacas y toros de capea, según legislación vigente se sacrifican con bala cautiva, mientras que novillos y toros, dedicados a novilladas y corridas de toros, respectivamente, se sacrifican con estoque. Por ende, aparecen con mayor frecuencia lesiones hemorrágicas en pulmón en estos animales (Pizarro *et al*., 2006).

Las bronconeumonías supurativas del ganado bovino están producidas principalmente por *Pasteurella multocida*, *Actinomyces pyogenes* o *Mycoplasma bovis* y las bronconeumonías fibrinosas por *Mannhemia haemolytica, Mycoplasma mycoides* y *Histophylussommi* (Bagnis *et al.*, 2006). En cebaderos de Canadá se observó que entre el 41-45% de neumonías fibrinosas se ocasionan por *Mannhemia haemolytica* (Radostits, 2007). En nuestro trabajo, sin haber realizado un estudio microbiológico, se aprecia una baja frecuencia de aparición en ambos tipos de bronconeumonía (supurativa 1,14 y fibrinosa 4,59%), con lo que entendemos un bajo nivel de infección por estos agentes, probablemente debido al hábitat y sistema de manejo extensivo que ocupan todos los animales de la raza de lidia. El medio en el que viven (ecosistema de dehesa, en total convivencia con fauna silvestre y entorno natural) les previene de los factores predisponentes de las neumonías (Edwards, 2010), como estrés, falta de higiene y hacinamiento, inclemencias climatológicas, alimentación, etc. En vacuno lechero (González-Martín y Pérez-Villalobos, 2015) describen morbilidades de neumonías desde el 3,3% hasta el 20%; si bien, estas prevalencias son mayores a las observadas por nosotros debido, probablemente, a las condiciones de intensividad del ganado vacuno lechero. En vacuno de cebo se describen diferentes prevalencias en función de las condiciones de manejo, metafilaxia, prevención vacunal, hacinamiento, instalaciones y alimentación (Edwards, 2010). Además, se debe tener en cuenta el momento del sacrificio para consumo, pues en cebaderos está entorno a doce – catorce meses en su mayoría, sin embargo, en ganado bravo depende del tipo de festejo taurino al que se vaya a dedicar esa res (3-4 años novillos, 4-6 años toros y vacas de suelta de todas las edades). Thompson *et al.* (2006) describen una repercusión del 29,7% de lesiones pulmonares en animales con patologías pulmonares subclínicas, y del 22,6% en animales ya con cuadro clínico. Leruste *et al.* (2012) obtiene valores máximos de afectación del 28% de los animales en cebo a las tres semanas de edad, mientras que al final del cebo señala valores máximos del 39% de animales con sintomatología pulmonar. Dichos datos contrastan con los obtenidos en el estudio, en animales de mayor edad, donde fueron registrados menos casos (4,59 y 1,14% respectivamente), siendo los animales de capea los que presentaron un mayor porcentaje, ya que con este tipo de animales no se tiene un manejo sanitario tan cuidado como en los novillos y toros destinados a festejos mayores (corridas y novilladas). La principal hipótesis de esta disparidad de datos está en las condiciones de manejo y edades de sacrificio: el ganado de lidia vive en condiciones de extensividad, frente a la intensificación de los cebaderos; además, los tiempos de sacrificio son muy dispares, como hemos comentado anteriormente.

Finalmente, cabe destacar la baja aparición de lesiones pulmonares halladas tras este estudio, aun habiendo incorporado a la estadística lesiones que se pueden considerar como alteraciones *post-mortem*. Por lo tanto, la frecuencia real sería aún más baja de lo descrito, 5,75%, lo cual apoya los máximos estándares de bienestar animal, manejo y hábitat característico en gran parte de las explotaciones de ganado de lidia en nuestro país. Por ello, se

debe promocionar el entorno y manejo al que están sometidos estos animales, pues se corresponde con unas excelentes condiciones de productividad.

Futuros estudios incluyendo datos de edad, encaste, situación geográfica de la explotación, así como de otras variables, ayudarán a definir aún más la frecuencia de lesiones pulmonares y su etiología.

Conclusiones

La frecuencia de aparición de lesiones pulmonares en ganado bovino de lidia es inferior a la descrita por otros autores en vacuno lechero, vacuno de carne adulto en extensivo y vacuno de cebo.

El tipo de lesiones se mantiene con poca variación a lo largo de los años estudiados.

Agradecimientos

Gracias a todos los ganaderos, compañeros veterinarios y empresarios taurinos por las facilidades en la toma de datos durante todos estos años.

La elaboración de este estudio se ha realizado sin financiación de ningún ente, ni organismo público, ni privado.

Referencias bibliográficas

Agüera Buendía E, Requena Domenech F (2011). Factores limitantes del rendimiento físico del toro bravo durante la lidia. Anales Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Orienta 24(1): 193-211.

Bagnis G, Rabaglino MB, Raviolo JM, Schleef N (2006). Estudio histopatológico, etiológico e inmunohistoquímico de lesiones compatibles con neumonías intersticiales en el ganado bovino. Revista Electrónica de Veterinaria 7(9): 1-7.

Caucci C, Di Martino G, Schiavon E, Garbo A, Soranzo E, Tripepi L, Stefani AL, Gagliazzo L, Bonfanti L (2018). Impact of bovine respiratory disease on lung lesions, slaughter performance and antimicrobial usage in French beef cattle finished in North-Eastern Italy. Italian Journal of Animal Science 17(4): 1065-1069. https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1426395

Cortés O, Tupac-Yupanqui I, Dunner S, García-Atance MA, García D, Fernández J, Cañón J (2008). Ancestral matrilineages and mitochondrial DNA diversity of the Lidia cattle breed. Animal Genetics 39(6): 649-654. https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2008.01782.x

Cortés O, Tupac-Yupanqui I, Dunner S, Fernández J, Cañón J (2011). Y chromosome genetic diversity in the Lidia bovine breed: a highly fragmented population. Journal of Animal Breeding and Genetics 128(6): 491-496. https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.2011.00951.x

Edwards TA (2010). Control methods for bovine respiratory disease for feedlot cattle. Veterinary Clinics: Food Animal Practice 26(2): 273-284. https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2010.03.005

Escalera-Valente F, González-Montaña JR, Alonso de la Varga ME, Lomillos-Pérez JM, Gaudioso-Lacasa VR (2013). Influence of intense exercise on acid–base, blood gas and electrolyte status in bulls. Research in Veterinary Science 95; 623-628. http://dx.doi.org/10.1016/j.rvsc.2013.03.018

Escribano B, Tunez I, Requena F, Rubio M, De Miguel R, Montilla P, Tovar P, Aguera E (2010). Effects of an aerobic training program on oxidative stress biomarkers in Bulls. Veterinarni Medicina 55(9): 422-428. https://doi.org/10.17221/2979-VETMED

Fernández J, Villalón J (1999). Estudio de las lesiones producidas por suerte de varas en la segunda parte de la feria de San Isidro 1998. Revista de estudios taurinos 9: 113-140.

Gomes NBN, Rostagno MH, Santos GJVG, Aguiar PHP (1999). Frecuencia de las lesiones en bovinos en el matadero municipal de la ciudad de Labras, MG. Veterinaria noticias 5(1): 41-46.

González-Martín JV, Pérez-Villalobos N (2015). Etiopatogenia. En: Síndrome Respiratorio Bovino. pp. 24-28. Edit. Servet.

Leruste H, Brscic M, Heutinck LFM, Visser EK, Wolthuis-Fillerup M, Bokkers EAM, Stockhofe-Zurwieden N, Cozzi G, Gottardo F, Lensink BJ, van Reenen CG (2012). The relationship between clinical signs of respiratory system disorders and lung lesions at slaughter in veal calves. Preventive Veterinary Medicine 105(1-2): 93-100. https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2012.01.015

Lomillos JM, Alonso ME y Gaudioso V (2013). Análisis de la evolución del manejo en las explotaciones de toro de lidia. Desafíos del sector. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 109(1): 49-68.

López A (2011). Respiratory System, Mediastinum and Pleurae. En: Pathological Basis of Veterinary Disease, 5th Edition. (Eds Zachary J, Mc Gavin M) pp. 458-538. Eds. Elsevier.

MAPA (2019). Raza bovina LIDIA, Catálogo oficial de razas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/razas-ganaderas/razas/catalogo/autoctona-fomento/bovino/lidia/iframe-ejemplo-arca.aspx (Consultado: 15 abril 2019).

Martínez-Gomariz F, Vázquez JM, Gil F, Moreno F, Ramírez G, Latorre R, López Albors O (1999). Lesiones musculares en el toro bravo (*Bos Taurus ibericus*) después de la lidia. Anales de Veterinaria de Murcia 15: 17-24.

Oviedo-Socarrás T, Vargas-Viloria M, Cardona JA (2016). Frecuencia de lesiones macroscópicas en pulmones de bovinos tipo explotación faenados en el frigorífico del municipio de Montería, Colombia. Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia 63(1): 30-38.

Pizarro M, Castaño M, Mazzuchelli F, García IR, Parrilla G (2006). Significación sanitaria de las lesiones más frecuentes en el desolladero. Calidad y características de la carne de lidia. Bovis 131: 59-71.

Radostits OM, Gay CC, Hinchcliff KW, Constable PD (2007). Diseases associated with Pasteurella species. En: Veterinary Medicine: A textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs and goats. 10ª ed. pp. 921-962. Saunders Elsevier.

Requena F (2012). Evaluación de la capacidad física tras la lidia con el entrenamiento. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba.

Ríos FG, Estrada A, Hernández J, Pérez C, Portillo JJ, Robles JC (2012). Factores que influyen en la emesis post-aturdimiento en bovinos. Revista mexicana de ciencias pecuarias 3(3): 343-356.

Sánchez-Pérez MA (2012). Anatomía patológica del aparato respiratorio. Cátedra de anatomía patológica de la Universidad Complutense de Madrid.

Schneider MJ, Tait RG, Busby WD, Reecy JM (2009). An evaluation of bovine respiratory disease complex in feedlot cattle: Impact on performance and carcass traits using treatment records and lung lesion scores. Journal of Animal Science 87(5): 1821-1827. https://doi.org/10.2527/jas.2008-1283

Thompson PN, Stone A, Schultheiss WA (2006). Use of treatment records and lung lesion scoring to estimate the effect of respiratory disease on growth during early and late finishing periods in South African feedlot cattle. Journal of Animal Science 84(2): 488-498. https://doi.org/10.2527/2006.842488x

Wittum TE, Woollen NE, Perino LJ, Littledike ET (1996). Relationships among treatment for respiratory tract disease, pulmonary lesions evident at slaughter and rate of weight gain in feedlot cattle. Journal of the American Veterinary Medical Association 209(4): 814-818.

(Aceptado para publicación el 14 de octubre de 2019)

¿Afectan los taninos condensados de la dieta a los resultados productivos, la composición de ácidos grasos y el color de la carne de cordero?

J. Álvarez-Rodríguez[1,*], D. Villalba[1], E. Molina[1], B. Serrano-Pérez[1], J.R. Bertolín[2] y M. Joy[2]

[1] Universitat de Lleida, Departament de Ciència Animal, Avda. Rovira Roure, 191. 25198 Lleida, España
[2] Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA) – Instituto Agroalimentario de Aragón (IA2), Unidad de Producción y Sanidad Animal, Avda. Montañana, 930. 50059 Zaragoza. España

Resumen

Este meta-análisis evaluó el efecto de los taninos condensados (TC) (polifenoles formados a partir de monómeros flavan-3-ol) sobre los resultados productivos, la composición de ácidos grasos y el color de la carne de cordero, a partir de los resultados de 41 publicaciones (años 1998-2019) que permitieron realizar hasta 67 comparaciones entre lotes de corderos experimentales comparados con un lote control dentro del mismo ensayo. Estos lotes se dividieron en dos grupos, según la diferencia de contenido de TC entre el lote control y el experimental (nivel medio, 16 g/kg MS o alto, 25 g/kg MS). Se calculó la diferencia de medias entre cada lote experimental y su lote control para ganancia media diaria, consumo medio de alimento, índice de conversión, grasa intramuscular, perfil de ácidos grasos y coordenadas cromáticas de color de la carne. No se han observado diferencias significativas en los resultados productivos por la inclusión de TC en la dieta, siendo de mayor importancia el efecto de otros nutrientes de la dieta, como la proteína bruta y la grasa bruta. Se ha observado una reducción consistente de la ratio ácidos grasos saturados/ácidos grasos poliinsaturados y el contenido de ácido ruménico de la carne al incluir TC en la dieta. Sin embargo, la inclusión de TC en la dieta no mejoró significativamente los atributos de color de la carne respecto al lote control.

Palabras clave: Ovino, nutrición, perfil de ácidos grasos, biohidrogenación ruminal, color de la carne.

Do dietary condensed tannins affect the growth performance, fatty acid composition and lamb meat colour?

Abstract

This meta-analysis evaluated the effect of condensed tannins (TC) (polyphenols formed from flavan-3-ol monomers) on the growth performance, fatty acid composition and lamb meat colour, based on the results of 41 publications (years 1998-2019) that allowed making up to 67 comparisons between batches of experimental lambs compared with a control lot within the same trial. These lots were divided into

* Autor para correspondencia: javier.alvarez@udl.cat

Cita del artículo: Álvarez-Rodríguez J, Villalba D, Molina E, Serrano-Pérez B, Bertolín JR, Joy M (2020). ¿Afectan los taninos condensados de la dieta a los resultados productivos, la composición de ácidos grasos y el color de la carne de cordero?. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 116(2): 116-130. https://doi.org/10.12706/itea.2019.024

two groups, according to the dietary TC content difference between the control and experimental batch (medium level, 16 g/kg DM or high, 25 g/kg DM). The mean difference between each experimental group and its control lot was calculated for average daily gain, average feed intake, feed conversion rate, intramuscular fat, fatty acid profile and chromatic meat colour attributes. No significant differences were observed in the growth performance due to dietary TC inclusion, being much important the effect of other nutrients, such as crude protein and crude fat. A consistent reduction in the ratio of saturated fatty acids/polyunsaturated fatty acids and rumenic acid content in meat was observed. However, dietary inclusion of TC did not improve meat colour attributes compared to control groups.

Keywords: Sheep, nutrition, fatty acid profile, rumen biohydrogenation, meat colour.

Introducción

Los taninos condensados (TC) o proantocianidinas son compuestos secundarios de alto peso molecular que protegen a las plantas de patógenos, insectos y herbívoros, gracias a su habilidad de formar complejos con las proteínas, polisacáridos y minerales (Mueller-Harvey, 2006). Por ello, los TC son más abundantes en las partes más vulnerables de las plantas (hojas jóvenes y flores) (Terrill *et al.*, 1992; Frutos *et al.*, 2004). Los TC son polímeros que generalmente están formados por 4 subunidades de monómeros (flavan-3-ol). A su vez, estos polímeros se dividen en proantocianidinas, cuando la estructura del flavan-3-ol es catequina y epicatequina, o prodelfinidinas, cuando la estructura del flavan-3-ol es galocatequina o epigalocatequina (Zeller, 2019). Estos polifenoles, siempre que no se consuman a dosis excesivamente altas, pueden ser beneficiosos para la nutrición y la salud animal. Entre sus propiedades destacan: la reducción de la degradabilidad ruminal de la proteína ingerida, que incrementa la cantidad de aminoácidos de la dieta que alcanzan el intestino delgado para ser absorbidos (Wang *et al.*, 1996), la prevención del meteorismo al reducir la rápida lisis de las células vegetales y con ello la solubilidad de las proteínas de la dieta en el rumen, y la inhibición de la metanogénesis (Patra y Saxena, 2011). También presentan propiedades antihelmínticas y antibióticas, lo que a su vez reduce el riesgo de contaminación de la canal durante el sacrificio (Hoste *et al.*, 2005; Huang *et al.*, 2018). Por otro lado, los TC pueden alterar la biohidrogenación (BH) ruminal de la grasa de la dieta, lo que se traduciría en cambios en la composición de los ácidos grasos (AG) de la carne, con un mayor contenido de AG trans de interés para la salud humana, como son los isómeros del ácido linoleico conjugado (Patra y Saxena, 2011).

Además, los TC podrían tener un efecto positivo sobre la conservación de la carne, debido a su capacidad antioxidante (Soobrattee *et al.*, 2005). Aunque existen otros compuestos naturales que podrían tener un modo de acción similar, por ejemplo, la vitamina E (especialmente, el α-tocoferol), el selenio, los carotenoides, y la vitamina C (ácido ascórbico), los compuestos fenólicos son un grupo amplio que ha ganado interés para mejorar el color de la carne durante su vida útil. Dichos compuestos engloban los polifenoles más comunes (flavonoides y TC, mayoritariamente), los ácidos fenólicos comúnmente aislados en los aceites esenciales de plantas aromáticas (ácido carnósico, ácido rosmarínico, y carvacrol, entre otros) (Zhang y Tsao, 2016) y otros compuestos fenólicos como el hidroxitirosol, presente en la aceituna (Martínez *et al.*, 2018). Además, la inclusión de polifenoles en la dieta del cordero resulta de mayor interés que su adición en el procesado de la carne, debido a su integración uniforme en los fosfolípidos de la membrana celular, lo que le permite reemplazar los antioxidantes

y antimicrobianos sintéticos usados en la industria alimentaria, como el butilhidroxitolueno, el galato de propilo y los sulfitos (Muela *et al.*, 2014; Ortuño *et al.* 2015; Bellés *et al.*, 2019a). Los TC pueden proceder de ingredientes ricos en estos polifenoles o extractos de estos mismos ingredientes, que son declarados en el Registro Comunitario de Aditivos Alimentarios como "productos naturales definidos botánicamente", y son incluidos en la categoría de "aditivos organolépticos", según el Reglamento (CE) 831/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de septiembre de 2003 sobre los aditivos en la alimentación animal (DOCE, 2003).

Aunque se han realizado algunas revisiones bibliográficas sobre este tema (Vasta *et al.* 2008; Vasta y Luciano, 2011; Morales y Ungerfeld, 2015; Jenko *et al.*, 2018), únicamente se ha encontrado un meta-análisis que determine la magnitud de respuesta de los resultados productivos frente al consumo de TC (Méndez-Ortiz *et al.*, 2018). El presente meta-análisis se centrará en el efecto de los TC sobre los resultados productivos y, además, sobre la composición de ácidos grasos y color de la carne de cordero.

Material y métodos

Se realizó una revisión sistemática de publicaciones sometidas a revisión por pares y recogidas en la base de datos en línea Web of Science™. Se realizaron varias búsquedas en octubre de 2018, utilizando como palabras clave "diet", "dietary", "feed", "lamb", "meat" y "tannins". La base de datos contenía publicaciones desde 1998 hasta algunas en prensa con fecha de publicación en 2019. De un total de 69 registros, se seleccionaron 41 publicaciones que cumplieron los siguientes criterios: a) el material animal fue de la especie ovina; b) estudios que contenían un lote control sin TC con la misma composición nutricional de la dieta que el lote tratamiento; c) eran artículos de investigación; d) aportaban el tamaño de muestra (n), la variabilidad de la media (desviación o error estándar), la duración del estudio, y el peso final de los corderos al sacrificio; e) aportaban información sobre de valor nutritivo de la dieta; f) contenían resultados de, al menos, uno de los conceptos que se presentan en el Suplemento 1 sobre composición de los compuestos estudiados, rendimiento, cantidad y calidad de grasa y características de la carne.

Finalmente, se construyó una base de datos a partir de los resultados de esas 41 publicaciones (Suplemento 2), que permitieron realizar hasta 67 comparaciones entre lotes de corderos experimentales comparados con un lote control dentro del mismo ensayo. Se consideraron los estudios que incluyeron los polifenoles mediante ingredientes o extractos purificados de los mismos. En todos los casos, el músculo utilizado para las determinaciones de carne fue el lomo (*Longissimus thoracis et lumborum*). Estos lotes se dividieron en dos grupos, según la diferencia de contenido de TC entre el lote control y el experimental (nivel medio o alto, a partir de la mediana de distribución de medias de TC) (Tabla 1). Se calculó la diferencia de medias entre cada lote experimental y su lote control (expresada como porcentaje de la diferencia respecto a control) para cada variable respuesta recogida en la base de datos.

Las variables independientes (respuesta) incluidas en los modelos fueron la media del lote experimental, así como su diferencia con el lote control de ganancia media diaria (GMD), consumo medio de alimento (CMA), índice de conversión (IC) calculado como CMA/GMD, grasa intramuscular (GIM), AGPI n-6 y n-3, AGS, y c9t11-C18:2 (ácido ruménico) de la carne, y coordenadas cromáticas de color (CIELab) de la carne. Se planteó un modelo de mínimos cuadrados a partir de los datos medios de cada lote ponderados con su

tamaño de muestra. El modelo incluía como variable explicativa el nivel de TC (medio *vs*. alto), y como covariables se consideraron el nivel de proteína bruta (PB) y grasa bruta (GB) de la dieta. Los datos se analizaron con El programa estadístico JMP (13.0.01 version; SAS Institute Inc., Cary, NC, EEUU). A partir de las coordenadas a* (rojo) y b* (amarillo), se calculó el ángulo de tono como $h_{ab} = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \cdot 57{,}29$ (expresado en grados), y la intensidad de color como $C_{ab} = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$.

Los resultados de estos modelos se muestran como medias mínimo cuadráticas y su error estándar. El efecto de la inclusión de TC respecto al lote control se evaluó, para cada variable, con los intervalos de confianza de la diferencia de medias. El nivel de significación se estableció en P < 0,05.

Resultados

Resultados productivos

En la Tabla 2 se describen los resultados productivos de los corderos cuyas dietas contenían niveles medios o altos de TC. La GMD, el CMA y el IC no se vieron afectados por la inclusión de TC ni fueron diferentes entre los niveles medios y altos de TC (P > 0,10). No obstante, el incremento del nivel de PB de la dieta redujo significativamente el IC (P < 0,001), mientras el aumento del nivel de GB de la dieta incrementó la GMD y el CMA (P < 0,001), aunque esta diferencia no mejoró el IC (P > 0,10).

Contenido y perfil de ácidos grasos de la carne

El contenido de GIM y la proporción de AGS, AGPI n-6 y n-3, y c9t11-C18:2 de la carne de cordero se muestran en la Tabla 3. La inclusión (variación respecto al lote control) y el nivel de TC (medio *vs*. alto) no afectó ni al contenido de GIM (P > 0,10), ni a la proporción de AGS en la carne (P > 0,10). Sin embargo, la inclusión de TC se tradujo en una reducción de la ratio AGS/AGPI y un aumento del contenido de c9t11-18:2 en la carne, en comparación con el lote control (Figura 1, P < 0,05).

En cuanto a la variación entre niveles de TC (medio *vs*. alto), la concentración de AGPI n-6 en la carne fue superior con el nivel medio que con un nivel alto de TC (P < 0,01), aunque dicha variación, en términos proporcionales respecto al lote control, no fue significativa (P > 0,10). Por su parte, el incremento proporcional de AGPI n-3 en la carne tendió a ser inferior con el nivel medio que alto de TC (P = 0,10). Sin embargo, la ratio AGPI n-6/n-3 y el contenido de c9t11-18:2 de la carne no fueron diferentes entre niveles de TC (P > 0,10).

El aumento del nivel de PB de la dieta incrementó el contenido de AGPI n-6 (P < 0,01) y tendió a reducir la ratio AGS/AGPI en la carne (P = 0,08), aunque su variación proporcional respecto al lote control no fue diferente (P > 0,10). Por su parte, el aumento del nivel de GB de la dieta redujo el contenido de AGPI n-6 (P < 0,01), pero no afectó a su variación proporcional respecto al lote control (P > 0,10). Sin embargo, el aumento del nivel de GB en la dieta incrementó la concentración absoluta y proporcional respecto al lote control del contenido de AGS de la carne (P < 0,01), lo que se tradujo, a su vez, en un incremento de la ratio AGS/AGPI de la carne (P < 0,05). El nivel de PB y GB de la dieta no afectaron a la ratio AGPI n-6/n-3 y el contenido de c9t11-C18:2 de la carne (P > 0,10).

Color de la carne

Las coordenadas de color de la carne de cordero según el nivel de TC en la dieta se exponen en la Tabla 4. La inclusión de TC, con respecto al lote control, no afectó a ninguna coordenada cromática de la carne (P > 0,10). En cuanto a la variación entre niveles de TC

Tabla 1. Características de los estudios realizados en corderos de cebo usando dietas con un nivel medio o alto de polifenoles y taninos condensados (TC) (media aritmética ± desviación estándar, a partir de la bibliografía).
Table 1. Database traits of animal studies using medium and high level of dietary polyphenols and condensed tannins (TC) in finishing lambs (arithmetic mean ± standard deviation, based on literature references).

	Nivel de TC	
	Medio	Alto
Número de publicaciones	24 (años 1998-2018)	17 (años 2005-2019)
Número de comparaciones	38	29
Polifenoles (g/kg MS) en las dietas experimentales	22 ± 28	32 ± 21
Diferencia de polifenoles respecto a control (%)	62,5 ± 22,2	98,0 ± 5,0
TC (g/kg MS)	16 ± 11	25 ± 23
Diferencia de TC respecto a control (%)	75,5 ± 24,9	99,9 ± 0,2
Nivel de inclusión del ingrediente/ extracto (g/kg)	209 ± 147	93 ± 157
PB dieta (g/kg MS)	164 ± 20	169 ± 38
GB dieta (g/kg MS)	36 ± 18	34 ± 16
Forma de presentación de la dieta (nº lotes)	Pienso compuesto (P) (24) Pienso compuesto (P) (14)	Mezcla completa (M) (14) Mezcla completa (M) (8) Forraje (F) (7)
Fuentes de polifenoles y TC (forma de presentación y nº lotes)[1]	Acacia australiana (*Acacia mearnsii*) (M) (1)	Ababán (*Caesalpinia coriaria*) (M) (1)
	Cascarilla de algodón (*Gossypium spp*.) (o mezcla con hojas de enebro) (P) (2), (M) (1)	Babassu (*Orbignya phalerata)* (M) (1) Du-Zhong (*Eucommia ulmoides*) (M) (2)
	Ensilado de granada (*Punica granatum*) (M) (2)	Ensilado de esparceta (*Onobrychis viciifolia*) (F) (1)
	Garrofa (*Ceratonia siliqua*) (vaina, pulpa, mezclada con pulpa de naranja, o mezcla con polietilenglicol, PEG) (P) (10)	Lotus (*Lotus corniculatus*) (F) (1) Madera de castaño (*Castanea sativa*) (M) (2)
	Hojas de enebro agoriza (*Juniperus pinchotii*) (M) (2)	Mofumbo (*Combretum leprosum*) (M) (1)
	Jara pringosa (*Cistus ladanifer*) (P) (3) M (1)	Orujo de granada (*Punica granatum*) (P) (2)

Tabla 1. Características de los estudios realizados en corderos de cebo usando dietas con un nivel medio o alto de polifenoles y taninos condensados (TC) (media aritmética ± desviación estándar, a partir de la bibliografía) (continuación).
Table 1. Database traits of animal studies using medium and high level of dietary polyphenols and condensed tannins (TC) in finishing lambs (arithmetic mean ± standard deviation, based on literature references) (continuation).

	Nivel de TC	
	Medio	Alto
	Orujo o extracto de semilla de uva (*Vitis vinífera*) (P) (2), (M) (1)	Orujo, extracto de uva negra (*Vitis vinífera*) (sola, con trébol blanco o raigrás inglés) (P) (5); M (2); (F) (2)
	Pulpa de cítricos (*Citrus spp.)* (P) (5) Quebracho (*Schinopsis lorentzii*) (P) (2)	Quebracho (*Schinopsis lorentzii*) (P) (6)
	Subproducto de pistacho (*Pistacia vera*) (seco o ensilado) (M) (6)	Zulla (*Hedysarum coronarium*) (o mezcla con PEG) (F) (3)
Duración de la dieta (días)	63,0 ± 18,4	53,2 ± 14,7
Tipo genético (nº estudios)[1]	Local (28)	Local (18)
	Mejorado (10)	Mejorado (11)
Peso sacrificio (kg)	34,1 ± 10,0	32,6 ± 10,5

[1] *Local* = Balouchi (Irán), Barbaresca (Italia), Churra (España), Churra Tensina (España), Comisana (Italia), cruce desconocido (México), Florina (Grecia), Huzhou (China), Kermani (Irán), Manchego (España), Mehraban (Irán), Merino Branco (Portugal), Rasa Aragonesa (España), Ujumqin (China), Alpino blanco (Suiza); *Mejorado* = Awassi (Israel), Dohne Merino (Sudáfrica), Dorper x Small (Sudáfrica), Finn-Columbia-Polypay-Suffolk (EEUU), Rambouillet (EEUU), Santa Inês (Brasil), Sarda × Comisana (Italia), cruce neozelandés (Nueva Zelanda).

(medio *vs*. alto), la luminosidad (L*) de la carne fue menor con niveles altos que con niveles medios de TC ($P < 0,05$). Por su parte, el incremento proporcional del índice de rojo (a*) de la carne, respecto al lote control fue superior con niveles altos que medios de TC ($P < 0,05$). El índice de amarillo (b*) no se vio afectado por el nivel de TC de la dieta ($P > 0,10$). El tono (h_{ab}) fue superior mientras la intensidad de color (C_{ab}) fue inferior con niveles altos que medios de TC ($P < 0,05$), aunque estas diferencias no fueron significativas con respecto a su variación proporcional respecto al lote control ($P > 0,10$).

El incremento del nivel de PB de la dieta únicamente incrementó la luminosidad (L*) de la carne ($P < 0,001$), mientras el aumento del nivel de GB de la dieta redujo el índice de amarillo (b*) ($P < 0,001$) y la intensidad de color (C_{ab}) de la carne ($P < 0,01$).

Tabla 2. Ganancia media diaria (GMD), consumo medio de alimento (CMA) e índice de conversión (IC) de corderos de cebo según el nivel de taninos condensados (TC) en la dieta (media cuadrática ± error estándar, a partir de la bibliografía).
Table 2. Average daily gain (GMD), average feed intake (CMA), and feed conversion rate (IC) in finishing lambs according to dietary level of condensed tannins (TC) (least square means ± standard error, based on literature references).

	Nivel de TC		Nivel de significación (valor P)		
	Medio	Alto	Nivel TC	Covariable PB dieta[1]	Covariable GB dieta
Ganancia media diaria (GMD)					
Número de comparaciones	34	27	–	–	–
GMD (g/día)	235 ± 15	226 ± 17	NS	NS	29 ± 6***
Δ respecto a control (%)	-1,2 ± 4,8	-9,7 ± 5,5	NS	NS	4 ± 2^{t}
Consumo medio de alimento (CMA)					
Número de comparaciones	34	19	–	–	–
CMA (kg/día)	1,27 ± 0,06	1,25 ± 0,08	NS	NS	0,11 ± 0,03***
Δ respecto a control (%)	4,1 ± 2,1	4,0 ± 2,9	NS	NS	NS
Índice de conversión (IC)					
Número de comparaciones	33	18	–	–	–
IC (kg/kg)	5,39 ± 0,20	5,40 ± 0,28	NS	-0,29 ± 0,09**	NS
Δ respecto a control (%)	3,57 ± 2,16	-1,14 ± 3,00	NS	NS	NS

[1] Cuando las covariables han resultado significativas (^{t} indica una tendencia P = 0,06; **: p < 0,01; ***: p < 0,001), se indican los coeficientes de regresión (media cuadrática ± error estándar) por cada unidad porcentual adicional de Proteína Bruta (PB) o Grasa Bruta (GB) en la dieta.

Tabla 3. Grasa intramuscular (GIM), ácidos grasos poli-insaturados (AGPI) n-6 y n-3, ácidos grasos saturados (AGS), y ácido ruménico (c9t11-C18:2) de la carne (*L. lumborum et thoracis*) de cordero según el nivel de taninos condensados (TC) en la dieta (media cuadrática ± error estándar, a partir de la bibliografía).
*Table 3. Intramuscular fat (GIM), polyunsaturated fatty acids (AGPI) n-6 and n-3, saturated fatty acids (AGS), and rumenic acid (c9t11-C18:2) in lamb meat (*L. lumborum et thoracis*) according to dietary level of condensed tannins (TC) (least square means ± standard error, based on literature references).*

	Nivel de TC		Nivel de significación (valor P)		
	Medio	Alto	Nivel TC	Covariable PB dieta[1]	Covariable GB dieta
Grasa intramuscular (GIM)					
Número de comparaciones	21	16	–	–	–
GIM (g/kg carne)	28,6 ± 3,7	25,5 ± 4,2	NS	NS	NS
Δ respecto a control (%)	+3,6 ± 5,7	-11,3 ± 6,5	NS	NS	NS
AGS					
Número de comparaciones	18	11	–	–	–
AGS (g/kg AG)	408 ± 16	433 ± 20	NS	NS	+18,1 ± 6,3**
Δ respecto a control (%)	-2,2 ± 1,7	-3,4 ± 2,2	t	NS	+2,9 ± 0,7***
AGPI n-6					
Número de comparaciones	18	13	–	–	–
AGPI n-6 (g/kg AG)	159 ± 10	110 ± 12	**	+13,3 ± 3,9**	–13,1 ± 3,8**
Δ respecto a control (%)	+2,1 ± 4,9	+8,1 ± 5,9	NS	NS	NS
AGPI n-3					
Número de comparaciones	16	11	–	–	–
AGPI n-3 (g/kg AG)	62 ± 10	54 ± 13	NS	NS	NS
Δ respecto a control (%)	+8,4 ± 4,9	+22,8 ± 6,4	t	NS	NS
Ratio AGS/AGPI					
Número de comparaciones	18	11	–	–	–
Ratio AGS/AGPI	2,4 ± 0,2	2,7 ± 0,3	NS	–0,16 ± 0,09t	+0,26 ± 0,08**
Δ respecto a control (%)	-2,3 ± 6,1	-25,2 ± 8,7	*	NS	+5,8 ± 2,5*
Ratio n-6/n-3					
Número de comparaciones	18	11	–	–	–
Ratio n-6/n-3	12,5 ± 6,5	3,2 ± 8,5	NS	NS	NS
Δ respecto a control (%)	-9,9 ± 14,9	-34,4 ± 19,5	NS	NS	NS
c9,t11-C18:2					
Número de comparaciones	17	10	–	–	–
c9,t11-C18:2 (g/kg AG)	8,7 ± 0,9	9,1 ± 1,4	NS	NS	NS
Δ respecto a control (%)	+10,6 ± 8,0	+32,1 ± 12,4	NS	NS	NS

[1] Cuando las covariables han resultado significativas (t indica una tendencia P < 0,10; **: p < 0,01; ***: p < 0,001), se indican los coeficientes de regresión (media cuadrática ± error estándar) por cada unidad porcentual adicional de Proteína Bruta (PB) o Grasa Bruta (GB) en la dieta.

Tabla 4. Coordenadas cromáticas (escala CIELab) de la carne (*L. lumborum et thoracis*) de cordero según el nivel de taninos condensados (TC) en la dieta (media cuadrática ± error estándar, a partir de la bibliografía) en medidas realizadas a los 3 ± 2 días después del despiece.
*Table 4. Chromatic attributes (CIELab scale) on finishing lamb meat (*L. lumborum et thoracis*, measured 3 ± 2 days after carcass jointing) according to dietary level of condensed tannins (TC) (least square means ± standard error, based on literature references).*

	Nivel de TC		Nivel de significación (valor P)		
	Medio	Alto	Nivel TC	Covariable PB dieta[1]	Covariable GB dieta
Número de comparaciones	20	16	–	–	–
Luminosidad (L*)					
L*	43,6 ± 1,1	39,6 ± 1,0	*	+1,5 ± 0,4***	NS
Δ respecto a control (%)	+0,3 ± 1,0	+2,1 ± 1,0	NS	NS	NS
Índice de rojo (a*)					
a*	14,4 ± 1,0	9,9 ± 1,0	**	NS	NS
Δ respecto a control (%)	-5,7 ± 1,8	+1,6 ± 1,8	*	NS	NS
Índice de amarillo (b*)					
b*	8,1 ± 0,7	8,4 ± 0,7	NS	NS	-0,9 ± 0,3***
Δ respecto a control (%)	-7,1 ± 4,5	-0,6 ± 4,4	NS	NS	NS
Tono (h_{ab})					
h_{ab} (%)	28,2 ± 5,0	43,0 ± 4,8	*	NS	NS
Δ respecto a control (%)	-0,7 ± 2,3	2,4 ± 2,3	NS	NS	NS
Intensidad de color (C_{ab})					
C_{ab} (%)	16,8 ± 0,5	13,8 ± 0,5	***	NS	-0,6 ± 0,2**
Δ respecto a control (%)	-6,0 ± 3,3	-3,5 ± 3,2	NS	NS	NS

[1] Cuando las covariables han resultado significativas (**: p < 0,01; ***: p < 0,001), se indican los coeficientes de regresión (media cuadrática ± error estándar) por cada unidad porcentual adicional de Proteína Bruta (PB) o Grasa Bruta (GB) en la dieta.

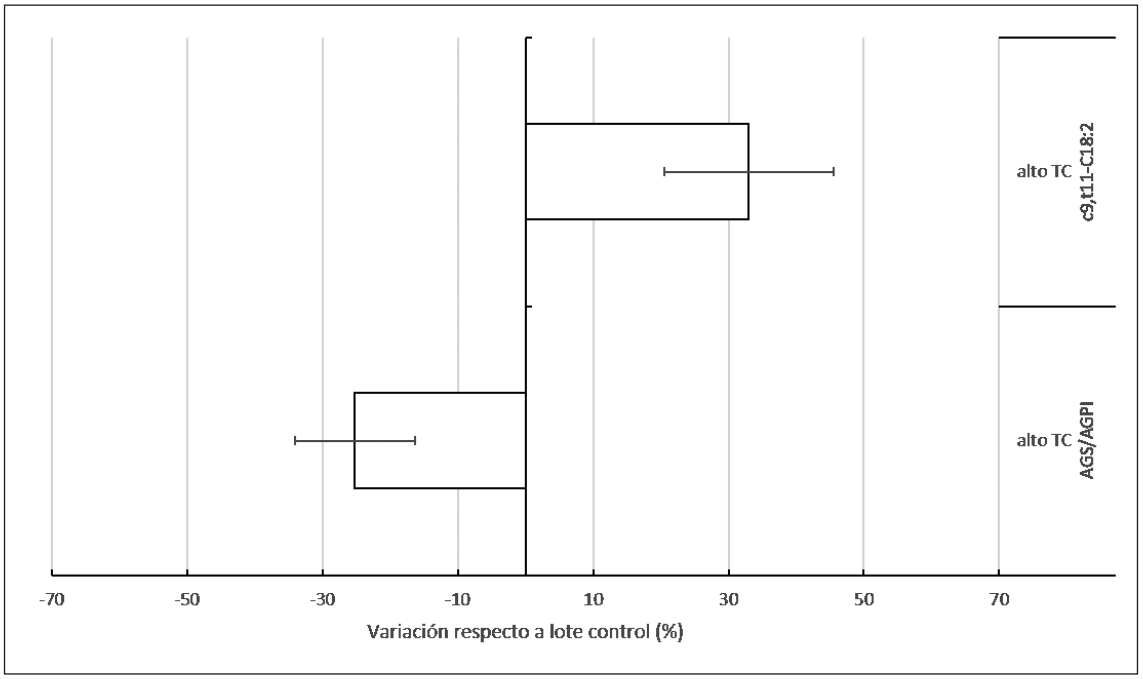


Figura 1. Variables respuesta que se vieron significativamente afectadas por la inclusión de taninos condensados (TC) (test de diferencia de medias, diferente a 0, P < 0,05): ácido ruménico (c9,t11-C18:2) y ratio de ácidos grasos saturados (AGS)/ácidos grasos poli-insaturados (AGPI) en carne de cordero.
Figure 1. Response variables that were significantly affected by dietary condensed tannins (TC) (mean difference test, different to 0, P < 0.05): rumenic acid (c9,t11-C18:2) and saturated fatty acids (AGS)/ polyunsaturated fatty acids (AGPI) ratio in lamb meat.

Discusión

En el presente meta-análisis no se han observado diferencias significativas en los resultados productivos de los corderos por la inclusión de TC a dosis medias-altas (16-25 g de TC/kg MS), siendo de mayor importancia el efecto de otros nutrientes de la dieta, como la PB y la GB. En este sentido, el índice de conversión de alimento se relacionó positivamente con el nivel de PB de la dieta, mientras la ganancia de peso y el consumo de alimento mejoraron cuanto mayor fue la GB de la dieta. En rumiantes de cebo en condiciones comerciales, no es recomendable la inclusión de altas cantidades de GB (>60 g/kg de MS consumida) por la reducción de la función ruminal (Toral *et al.*, 2018), aunque en algunos estudios se ha recomendado incrementar la GB de la dieta hasta 80 g/kg de MS para ofrecer una cantidad suficiente de sustrato de AGPI para la BH ruminal (Francisco *et al.*, 2018).

El contenido de TC en la dieta afecta a la digestión y los resultados productivos del animal. Cuando la concentración de TC en la dieta es excesivamente elevada, el consumo de alimento se resiente, debido a su carácter astringente, y la digestión de proteína y otros nutrientes se reduce debido a su "sobreprotección". Además, se produce un efecto negativo sobre la actividad microbiana ruminal e inhibe la actividad de las enzimas digestivas

endógenas, lo que en conjunto afecta negativamente a los resultados productivos. A pesar de que la inclusión de TC a las concentraciones presentadas en esta revisión no presenta un efecto sobre el consumo de alimento y los cambios de peso vivo, el consumo de TC supone un coste metabólico en condiciones de bajo nivel de PB de la dieta (Méndez-Ortiz *et al.*, 2018), que según estos autores, se definiría como la cantidad de energía y proteína adicional que un animal necesita para superar el efecto adverso de reducción de la digestibilidad causado por la inclusión de TC.

En los últimos años, las recomendaciones para reducir el consumo de grasas saturadas en nutrición humana han conllevado a una búsqueda de dietas que favorezcan la presencia de grasas insaturadas. Esta premisa es difícil de cumplir en la carne de los rumiantes, que contienen, en general, una menor proporción de grasas insaturadas que la carne de cerdo y pollo. En este sentido, los TC en la dieta de rumiantes se han utilizado para mejorar el perfil AG tanto en leche como en carne (Morales y Ungerfeld, 2015). En este meta-análisis se ha observado una reducción consistente de la ratio AGS/AGPI al incluir un nivel alto de TC en la dieta del cordero.

El isómero de ácido graso trans-C18:1 más importante en el rumen de animales con dietas forrajeras es el t11-C18:1 (Alves *et al.*, 2013), que a su vez, se acumula en la leche y/o la carne. Posteriormente, el t11:C18:1 se convierte parcialmente en c9t11-C18:2, al que se le atribuyen efectos beneficiosos para la salud humana (Den Hartigh, 2019). La acumulación de C18:0 en los tejidos se considera un indicador del grado de BH o de la inhibición de su paso terminal, mientras el incremento de t10-C18:1 reflejaría una modificación hacia rutas alternativas (Toral *et al.*, 2018), que se producen en situaciones de pH bajos por dietas ricas en almidón o suplementadas con AGPI (Bauman y Griinari, 2003). En este meta-análisis se ha evidenciado un incremento significativo del contenido de c9t11-C18:2 en la carne al incluir un alto nivel de TC en la dieta, en comparación con los lotes control, pero no se han observado diferencias en este ácido graso entre el nivel medio y alto de TC. Por tanto, para mejorar de forma consistente el perfil lipídico de la carne de cordero sería necesario suplementar la dieta con niveles altos de TC (≥25 g/kg MS).

El papel de los TC en la BH ruminal no ha podido aclararse hasta el momento, debido a los diferentes planteamientos experimentales (*in vivo vs. in vitro*), de la dosis utilizada y, sobre todo, a la variación de sus características estructurales y su reactividad (dependiente de sus métodos de extracción, variedades y partes de las plantas) (Toral *et al.*, 2018). En este sentido, Alves *et al.* (2017) han comprobado que los TC de jara pringosa (*Cistus ladanifer*) provocan una BH incompleta que incrementa la acumulación de intermediarios de C18 en el rumen, abomaso y plasma. Sin embargo, cuando la dieta basal es rica en concentrado (≥50%) en vez de forraje, se produce un incremento de t10-C18:1 (ácido graso trans desfavorable para la salud humana) a expensas de t11-C18:1 (ácido vaccénico), lo que puede suponer un limitante para el enriquecimiento de carne de cordero con ácido ruménico (c9,t11-C18:2) (Bessa *et al.*, 2015). En la revisión de Toral *et al.* (2018) se reconoce la ausencia de estudios que detecten los ácidos grasos intermediarios de rutas alternativas de BH (t10-C18:1).

En este meta-análisis únicamente se observaron diferencias significativas en las variaciones proporcionales del índice de rojo (a*) de la carne, que aunque no difirió respecto al lote control al incluir TC en la dieta, fue menor con niveles medios en comparación con los niveles altos de TC en la dieta. En términos absolutos, la luminosidad y la intensidad de color fueron más elevadas y el ángulo de tono (h_{ab}) fue inferior en los tratamientos

con un nivel medio que alto de TC en la dieta. Se asume que h_{ab} es un parámetro que indica el cambio de color hacia la decoloración y que valores más elevados indican un color menos rojo y con mayor contenido de metamioglobina (AMSA, 2012). De modo que la carne de cordero procedente de niveles medios mostraría una apariencia de color más favorable que la de niveles altos de TC en la dieta, aunque estos resultados no llegaron a diferir significativamente respecto al lote control.

Se ha comprobado una interacción positiva entre el contenido de polifenoles de la pulpa seca de cítricos (*Citrus spp.*) (Luciano *et al.*, 2017) y el extracto de tara (*Caesalpinia spinosa*) (Valenti *et al.*, 2019) con el contenido de la vitamina E del músculo y, específicamente, con el α-tocoferol, que es su isómero con mayor capacidad antioxidante (Bellés *et al.*, 2019b). Estos estudios confirman el papel sinérgico entre los TC y otros compuestos que realizan la función de barrido de radicales libres en la carne. Valenti *et al.* (2019) sugieren que existe un mayor efecto antioxidante cuando la proporción de TC en relación al total de polifenoles de la dieta es menor (un 68,5% en vez de un 86,5%) ya que presenta una mayor estabilidad del color de la carne. En el presente meta-análisis los estudios presentaron proporciones de entre el 72,7% (±28,2%) (nivel medio de TC) y el 78,1% (±26,3%) (nivel alto de TC) de TC sobre el total de polifenoles. A su vez, las dietas del grupo medio presentaban un mayor nivel de inclusión del producto rico en TC que las dietas con el nivel alto, debido a que estas últimas recibieron en muchos casos el suplemento en forma de extracto en vez de como ingrediente del pienso o mezcla completa. Por tanto, la utilización de ingredientes ricos en polifenoles y/o TC (excepto en el caso de plantas forrajeras) no permitirá enriquecer las dietas hasta un nivel alto de TC a no ser que se empleen extractos purificados u orujos concentrados de los mismos. Posiblemente existían diferencias de AGPI y α-tocoferol en las dietas usadas en los diferentes ensayos que pueden haber afectado a las diferencias de color de la carne al incluir TC. De hecho, en el grupo alto de TC contenía una pequeña proporción de lotes (7/29) cuya fuente de TC eran forrajes, que podían presentar, a su vez, un mayor contenido de otros antioxidantes que en las formas de presentación de los ingredientes del grupo con un nivel medio de TC.

Se cree que la oxidación de la mioglobina durante la conservación de carne estaría causada por la formación de compuestos derivados de la oxidación lipídica (por ejemplo, aldehídos) (Suman *et al.*, 2007), por lo que ambos procesos tienen lugar de forma concurrente (Luciano *et al.*, 2009). Por tanto, los polifenoles y, concretamente, los TC de la dieta únicamente reducirían la oxidación lipídica de la carne si la deposición de agentes pro-oxidantes (como los AGPI) no rompe el equilibrio aportado por los agentes antioxidantes (como el α-tocoferol). Esto coincidiría con el sugerido efecto indirecto de los TC sobre la capacidad antioxidante de los tejidos, al no haber observado degradación ni absorción de polifenoles de quebracho (*Schinopsis lorentzii*) en el tracto digestivo de corderos, aunque sí mejoró la capacidad antioxidante del hígado y el plasma (López-Andrés *et al.*, 2013). Sin embargo, recientemente se ha descrito una desaparición de TC procedentes de esparceta (*Onobrychis viciifolia*) granulada y piel de avellana (*Corylus avellana*) a lo largo del tracto digestivo de corderos (entre el 61% y el 85%), lo que sugiere que algunos de ellos sufren modificaciones de su estructura, se degradan o son absorbidos durante la digestión (Quijada *et al.*, 2018).

Como conclusión, la inclusión de TC en la dieta no ha provocado diferencias significativas en los resultados productivos de los corderos pero sí una reducción consistente de la ratio ácidos grasos saturados/ácidos grasos poliin-

saturados y el contenido de ácido ruménico de la carne. Sin embargo, la inclusión de TC en la dieta no mejoró los atributos de color de la carne respecto al lote control. Teniendo en cuenta la variedad de ingredientes que contienen TC, se requeriría confirmar su papel antioxidante para amortiguar la oxidación lipídica y la formación de metamioglobina en la carne, que podría estar solapado con la vitamina E, o bien mimetizado por la reducción del potencial pro-oxidante al formarse ácidos grasos intermediarios (trans).

Material complementario

El material complementario de este artículo se puede consultar en la URL https://doi.org/10.12706/itea.2019.024

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado en el marco del proyecto RTA2017-00008-C02-02 (Financiado por el MINECO-INIA).

Referencias bibliográficas

Alves SP, Santos-Silva J, Cabrita ARJ, Fonseca AJM, Bessa RJB (2013). Detailed dimethylacetal and fatty acid composition of rumen content from lambs fed lucerne or concentrate supplemented with soybean oil. PLOS ONE 8: e58386. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0058386

Alves SP, Francisco A, Costa M, Santos-Silva J, Bessa RJB (2017). Biohydrogenation patterns in digestive contents and plasma of lambs fed increasing levels of a tanniferous bush (*Cistus ladanifer* L.) and vegetable oils. Animal Feed Science and Technology 225: 157-172. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.01.018

AMSA (2012). Meat color measurement guidelines. Ed. American Meat Science Association: Champaign, IL, EEUU. 136 pp.

Bauman DE, Griinari JM (2003). Nutritional regulation of milk fat synthesis. Annual Review of Nutrition 23: 203-227. https://doi.org/10.1146/annurev.nutr.23.011702.073408

Bellés M, Alonso V., Roncalés P, Beltrán JA (2019a). Sulfite free lamb burger meat: antimicrobial and antioxidant properties of green tea and carvacrol. Journal of the Science of Food and Agriculture 99: 464-472. https://doi.org/10.1002/jsfa.9208

Bellés M, Campo MM, Roncalés P, Beltrán JA (2019b). Supranutritional doses of vitamin E to improve lamb meat quality. Meat Science 149: 14-23. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.11.002

Bessa RJB, Alves SP, Santos-Silva J (2015). Constraints and potentials for the nutritional modulation of the fatty acid composition of ruminant meat. European Journal of Lipid Science and Technology 117: 1325-1344. https://doi.org/10.1002/ejlt.201400468

Den Hartigh LJ (2019). Conjugated linoleic acid effects on cancer, obesity, and atherosclerosis: a review of pre-clinical and human trials with current perspectives. Nutrients 11: 370. https://doi.org/10.3390/nu11020370

DOCE (2003) Reglamento (CE) No 1831/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de septiembre de 2003 sobre los aditivos en la alimentación animal. Diario Oficial de la Unión Europea, Serie L núm. 268, de 18 de octubre de 2003, pp. 29-43.

Francisco A, Alves SP, Portugal PV, Dentinho MT, Jerónimo E, Sengo S, Almeida J, Bressan MC, Pires VMR, Alfaia CM, Prates JAM, Bessa RJB, Santos-Silva J (2018). Effects of dietary inclusion of citrus pulp and rockrose soft stems and leaves on lamb meat quality and fatty acid composition. Animal 12(4): 872-881. https://doi.org/10.1017/S1751731117002269

Frutos P, Hervás G, Giráldez FJ, Mantecón AR (2004). Review. Tannins and ruminant nutrition. Spanish Journal of Agricultural Research 2(2): 191-202. https://doi.org/10.5424/sjar/2004022-73

Hoste H, Gaillard L, Le Frileux Y (2005). Consequences of the regular distribution of sainfoin hay on gastrointestinal parasitism with nema-

todes and milk production in dairy goats. Small Ruminant Research 59: 265-271. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.05.011

Huang QQ, Liu XL, Zhao GQ, Hu T, Wang Y (2018). Potential and challenges of tannins as an alternative to in-feed antibiotics for farm animal production. Animal Nutrition 4: 137-150. https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.09.004

Jenko C, Bonato P, Fabre R, Perlo F, Tisocco O, Teira G (2018). Adición de taninos a dietas de rumiantes y su efecto sobre la calidad y rendimiento de la carne. Ciencia, Docencia y Tecnología 29 (56): 224-241.

López-Andrés P, Luciano G, Vasta V, Gibson TM, Biondi L, Priolo A, Mueller-Harvey I (2013). Dietary quebracho tannins are not absorbed, but increase the antioxidant capacity of liver and plasma in sheep. British Journal Nutrition 110: 632-639. https://doi.org/10.1017/S0007114512005703

Luciano G, Monahan FJ, Vasta V, Pennisi P, Bella M, Priolo A. (2009). Lipid and colour stability of meat from lambs fed fresh herbage or concentrate. Meat Science 82: 193-199. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.01.010

Luciano G, Roscini V, Mattioli S, Ruggeri S, Gravador R, Natalello A, Lanza M, De Angelis A, Priolo A (2017). Vitamin E is the major contributor to the antioxidant capacity in lambs fed whole dried citrus pulp. Animal 11(3): 411-417. https://doi.org/10.1017/S1751731116001683

Martínez L, Ros G, Nieto G (2018). Hydroxytyrosol: Health benefits and use as functional ingredient in meat. Medicines 5: 13. https://doi.org/10.3390/medicines5010013

Méndez-Ortiz FA, Sandoval-Castro CA, Ventura-Cordero J, Sarmiento-Franco LA, Torres-Acosta JFJ (2018). Condensed tannin intake and sheep performance: A meta-analysis on voluntary intake and live weight change. Animal Feed Science and Technology 245: 67-76. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.09.001

Morales R, Ungerfeld EM (2015). Use of tannins to improve fatty acids profile of meat and milk quality in ruminants: A review. Chilean Journal of Agricultural Research 75(2): 239-248. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392015000200014

Muela E, Alonso V, Campo MM, Sañudo C, Beltrán JA (2014). Antioxidant diet supplementation and lamb quality throughout preservation time. Meat Science 98(2): 289-295. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.035

Mueller-Harvey I (2006). Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. Journal of the Science of Food and Agriculture 86: 2010-2037. https://doi.org/10.1002/jsfa.2577

Ortuño J, Serrano R, Bañón S. (2015). Antioxidant and antimicrobial effects of dietary supplementation with rosemary diterpenes (carnosic acid and carnosol) vs vitamin E on lamb meat packed under protective atmosphere. Meat Science 110: 62-69. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.07.011

Patra AK, Saxena J (2011). Exploitation of dietary tannins to improve rumen metabolism and ruminant nutrition. Journal of the Science of Food and Agriculture 91: 24-37. https://doi.org/10.1002/jsfa.4152

Quijada J, Drake C, Gaudin E, El-Korso R, Hoste H, Mueller-Harvey I (2018). Condensed tannin changes along the digestive tract in lambs fed with sainfoin pellets or hazelnut skins. Journal of Agricultural and Food Chemistry 66 (9): 2136-2142. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b05538

Soobrattee MA, Neergheen VS, Luximon-Ramma A, Aruoma OI, Bahorun T (2005). Phenolics as potential antioxidant therapeutic agents: Mechanism and actions. Mutation Research – Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis 579: 200-213. https://doi.org/10.1016/j.mrfmmm.2005.03.023

Suman SP, Faustman C, Stamer SL, Liebler DC (2007). Proteomics of lipid oxidation-induced oxidation of porcine and bovine oxymyoglobins. Proteomics 7: 628-640. https://doi.org/10.1002/pmic.200600313

Terrill TH, Rowan AM, Douglas GB, Barry TN (1992). Determination of extractable and bound condensed tannin concentrations in forage plants, protein concentrate meals and cereal grains. Journal of the Science of Food and Agriculture 58(3): 321-329. https://doi.org/10.1002/jsfa.2740580306

Toral PG, Monahan FJ, Hervás G, Frutos P, Moloney AP (2018). Review: Modulating ruminal lipid metabolism to improve the fatty acid composition of meat and milk. Challenges and opportunities. Animal 12(S2): s272-s281. https://doi.org/10.1017/S1751731118001994

Valenti B, Natalello A, Vasta V, Campidonico L, Roscini V, Mattioli S, Pauselli M, Priolo A, Lanza M, Luciano G (2019). Effect of different dietary tannin extracts on lamb growth performances and meat oxidative stability: Comparison between mimosa, chestnut and tara. Animal 13(2): 435-443. https://doi.org/10.1017/S1751731118001556

Vasta V, Nudda A, Cannas A, Lanza M, Priolo A (2008) Alternative feed resources and their effects on meat and milk quality from small ruminants. Animal Feed Science and Technology 147: 223–246. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.09.020

Vasta V, Luciano G (2011). The effects of dietary consumption of plants secondary compounds on small ruminants' products quality. Small Ruminant Research 101: 150-159. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.09.035

Wang Y, Waghorn GC, Mcnabb WC, Barry TN, Hedley MJ, Shelton ID (1996). Effects of condensed tannins in *Lotus corniculatus* upon the digestion of methionine and cysteine in the small intestine of sheep. Journal of Agricultural Science 127: 413-421. https://doi.org/10.1017/S0021859600078576

Zeller WE (2019). Activity, purification, and analysis of condensed tannins: Current state of affairs and future endeavors. Crop Science 59: 886-904. https://doi.org/10.2135/cropsci2018.05.0323

Zhang H, Tsao R (2016). Dietary polyphenols, oxidative stress and antioxidant and anti-inflammatory effects. Current Opinion in Food Science 8: 33-42. https://doi.org/10.1016/j.cofs.2016.02.002

(Aceptado para publicación el 24 de diciembre de 2019)

Bienestar y resultados zootécnicos en conejas de aptitud carne. Revisión bibliográfica

M. López[1,*], C. Cervera[2] y J.J. Pascual[2]

[1] Dpto. Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza, Miguel Servet 177. 50013 Zaragoza, España
[2] Instituto de Ciencia y Tecnología Animal, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n. 46022 Valencia, España

Resumen

El manejo de reproductoras en grupo o semigrupo, con objeto de mejorar su bienestar, proporciona solo un ligero enriquecimiento del comportamiento locomotor y social, y algunos resultados zootécnicos próximos pero estadísticamente inferiores a los obtenidos en jaula individual, sin conseguir así compensar los resultados negativos del método: mayor mortalidad de gazapos lactantes, estrés, agresividad, heridas y mortalidad de las madres, unido a la complejidad, tiempo y trabajo requeridos por este manejo. Enriquecer la jaula individual mediante plataforma no deteriora los resultados zootécnicos, permite incrementar la movilidad y el repertorio comportamental de las conejas (saltar, erguirse), aumentando además la superficie disponible, pero empeora la higiene y aumentan los problemas sanitarios (pododermatitis, fracturas). Reposapatas y elementos para roer, así como refinar el enriquecimiento en las jaulas estándar, parece una vía útil para mejorar el bienestar mientras se profundiza en la gestión de la respuesta agresiva, así como en la idoneidad y en el modelo de grupo en las reproductoras de carne.

Palabras clave: Conejas reproductoras, enriquecimiento jaula individual, manejo en grupo, comportamiento, agresividad, salud.

Welfare and performance traits of meat rabbit females. A review

Abstract

Continuous and part-time group housing systems have been tested to improve the welfare of reproducing rabbit does. Part-time group provides some improvements in locomotor and social behavior, some good reproductive results –still significantly lower than individual cages–, without making up for its negative effects: higher kit mortality, rates of aggression, injured and does mortality, on top of the complexity, time and effort invested. The continuous group system increases more the aforementioned problems. Individual cages enriched by a platform have no negative effect on productive performances, provide more opportunities for movements and behavioral repertoire in does (jumping, stand up), increase space availability, but deteriorate hygiene and health (pododermatitis, fractures). Plastic footrests, gnawing blocks, have a positive impact on improving welfare in rabbits. In conclusion, refining the enrichment of standard cages seems a useful way to improve welfare while studying how to reduce aggression, as well as the suitability of the breeding group and the group model in the meat rabbit does.

Keywords: Rabbit does, enrichment individual cages, group-housing, behavior, aggression and injuries, health.

* Autor para correspondencia: marina@unizar.es

Cita del artículo: López M, Cervera C, Pascual JJ (2020). Bienestar y resultados zootécnicos en conejas de aptitud carne. Revisión bibliográfica. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 116(2): 131-149. https://doi.org/10.12706/itea.2020.002

Introducción

El bienestar animal es un factor más de la producción ganadera, como la alimentación, la genética, o la reproducción. Al igual que en estas otras disciplinas, el bienestar se ha procurado de manera intuitiva, empírica y en base al sentido común en sus inicios, y ahora empieza a ser aplicado de forma reglada, deseablemente en función de los resultados de los trabajos técnico-científicos. Pero para establecer reglas es necesario encontrar respuestas a las preguntas y a los problemas que se plantean, y, como ambos son numerosos y las respuestas frecuentemente urgentes, nos encontramos en la vorágine de prestar atención a los acontecimientos y al cuestionamiento generalizado. Esto ocurre especialmente en la especie cunícola, para la que "intrínsecamente se relaciona el estar en una jaula con falta de bienestar", como han señalado algunos expertos. En efecto, las jaulas individuales de alambre galvanizado constituyen el alojamiento habitual de la coneja y su camada hasta el destete, tanto en la producción de carne en granjas intensivas como en la mayoría de los núcleos de autoconsumo o en cunicultura alternativa (González-Redondo *et al.,* 2015). Aunque no se han encontrado indicadores de graves problemas de bienestar de los animales, este modelo de producción ha sido cuestionado porque la estancia en la jaula individual limita los comportamientos de locomoción y de contacto social reconocidos en los conejos silvestres, y habitualmente se hace la comparación directa entre ambos grupos, como si la adaptación y la habituación de los animales a su entorno consecuentes a la domesticación no hubieran existido, lo cual es erróneo (Carneiro *et al.,* 2014). Esta sistemática comparación se debe a que los conejos domésticos mantienen comportamientos similares a los silvestres, por ejemplo, en las relaciones materno-filiales (lactación de alrededor de cinco minutos cada 24 horas, escasa atención al nido aparentemente, …), reproducción (elevada tasa de aceptación al macho inmediatamente después del parto, …), o alimentación (práctica de la cecotrofia, …). Como expondremos en la presente revisión, también sus relaciones sociales son comparables, caracterizándose las conejas silvestres por el establecimiento de un rígido orden de jerarquías (separadamente del de los machos), presentando las subordinadas alto nivel de estrés, menor éxito reproductivo y reducción de la vida reproductiva respecto a las dominantes (von Holst *et al*., 1999; DiVincenti y Rehrig, 2016). Estas similitudes no dejan de ser lógicas ya que se trata de una única especie.

A estas características peculiares de producción en la especie cunícola, se añade la singular gestión político/social del bienestar animal, aspecto también especialmente interesante, pues mientras que hay relativamente poca legislación a aplicar en granja en relación con la ciencia zootécnica bien establecida –genética, reproducción o alimentación–, en relación con bienestar se pretenden aplicar normativas en muchos casos con escaso fundamento científico, ocasionando problemas innecesarios que acaban repercutiendo de forma negativa sobre la salud y el propio bienestar de las reproductoras. En esta especie, la salud, o mejor, la *mortalidad* ha sido reconocida como el primer indicador de bienestar en los conejos (Hoy y Verga, 2006). Los otros indicadores son, por este orden: *morbilidad* (patologías; heridas); *fisiología* (niveles hormonales; tasa cardiaca; respuestas inmunológicas); *comportamiento* (etograma; test de comportamiento); y *resultados productivos* (crecimiento; conversión alimenticia; tasa de fertilidad).

En el presente trabajo se revisan los resultados de experimentos destinados a mejorar las condiciones de bienestar de las conejas reproductoras de aptitud carne. Las innovaciones que se estudian sobre estas conejas con

vistas a su implementación en la cunicultura intensiva hacen referencia al manejo de las conejas en grupo, usualmente de 4 a 8 conejas, como contraposición al manejo individual mencionado (aspecto relativo a la mejora del comportamiento social), al aumento del tamaño de las jaulas estándar (aspecto relacionado con la mejora del comportamiento locomotor y con la disponibilidad de espacio) y, por último, al enriquecimiento de las jaulas estándar (con fines de entretenimiento y desarrollo de comportamientos específicos). También se mencionan algunas condiciones de manejo relacionadas con la actividad reproductiva de las conejas (duración del ciclo productivo, uso de feromonas, vía de utilización de la hormona GnRH) que podrían influir sobre el bienestar de las mismas. Los objetivos de los experimentos que se presentan se dirigen a la valoración del enriquecimiento etológico que dichas innovaciones aportan así como a la evaluación del nivel de estrés, el control de los resultados productivos y de la viabilidad de los animales.

Peculiaridades de la especie cunícola en relación con el bienestar animal

Además de su presencia en la naturaleza en estado silvestre, otra faceta que diferencia a esta especie de la mayoría de las otras de interés zootécnico en relación con el bienestar animal es su cada vez más extendida presencia como animal de compañía. En esta aptitud, el carácter social de los conejos está ampliamente considerado, indicando Mullan y Saunders (2019) que su motivación para la compañía de otros conejos es casi tan alta como la del alimento. Para facilitar este comportamiento sin problemas de agresividad, la *Rabbit Welfare Association & Fund* (RWAF) (RWAF, 2019) indica que "*Castrating male rabbits and spaying females is vital for many reasons, one of which is that it will help reduce aggressive behaviour, particularly towards each other*". Similar procedimiento sugiere el Gobierno Escocés en su reciente guía para el bienestar de los conejos de compañía (Scottish Government, 2018), así como los expertos en *pet rabbits* antes mencionados, Mullan y Saunders (2019). Como ventajas que se indican en estos textos, se destaca que en machos la castración facilita la vida social, reduce las peleas con otros machos, aminora los *sprays* de orina y el comportamiento sexual con los humanos; en hembras también facilita la vida social, previene carcinomas uterinos, impide la preñez si están con machos enteros, y puede reducir las agresiones a los dueños.

En su faceta como animal de laboratorio, a pesar de muchos intentos de alojamiento en grupo, el éxito ha sido pequeño, relegando a estos conejos a espacios individuales en los centros de investigación según indican DiVincenti y Rehrig (2016). También se ha propuesto la castración como procedimiento para evitar la agresividad cuando se forman grupos, pero ya hace años se señaló que esta práctica podría modificar la fisiología de los conejos y, consecuentemente, los resultados de las pruebas experimentales (BVAAWF / FRAME / RSPCA /UFAW, 1993), planteando estos autores si el uso de un sistema de alojamiento determinado justifica una intervención quirúrgica. No conocemos estudios científicos que comparen la castración con otros procedimientos en relación con el enriquecimiento de la vida social de estos conejos, pero tal estado sin duda reduce los comportamientos naturales que la sociedad quiere potenciar en los animales de producción. En la presente revisión solo se hará referencia a estos últimos, concretamente a los destinados a la producción de carne, como previamente se ha indicado.

Manejo de las reproductoras en grupo

En relación con el manejo en grupo, una opinión extendida en la sociedad occidental es creer apropiado que los conejos domésticos vivan y críen en colonias, imitando el vivar comunal de los conejos silvestres. Las cuestiones a resolver aplicando este manejo serían, en primer lugar, comprobar si se enriquece el patrón de comportamientos cuando varias conejas domésticas se reproducen en una misma jaula, y, en segundo y más importante, si efectivamente mejora su bienestar respecto a la jaula individual. Es necesario considerar ambos aspectos pues, aunque referido a los gazapos de cebo, hace años que Mirabito *et al*. (2000) indicaban que "desde el punto de vista etológico algunos autores piensan que poner madera o alfalfa a disposición de los gazapos es un manejo adecuado. Nuestros resultados muestran que desde el punto de vista del bienestar esto no es así, porque hay mayores niveles de mortalidad o mayor riesgo".

De acuerdo con lo anterior, los diseños experimentales han evolucionado empujados por las respuestas comportamentales de las conejas, especialmente por las respuestas negativas, las cuales están claramente ligadas a la agresividad propia del comportamiento jerárquico de las conejas silvestres y domésticas siempre que dos o más adultos comparten espacio. Así, se ha observado que las reproductoras alojadas en grupo pelean entre sí, se provocan heridas y sufren un importante estrés crónico, pues presentan concentraciones tan elevadas como 175 nmol/g de corticosterona fecal en grupos constituidos por 4 hembras y 1 macho (monta en libertad), respecto a los 54 y 61 nmol/g mostrados por conejas en jaula individual manejadas en ciclo de 42 (inseminación día 11 post-parto) y 33 días (inseminación día 2 post-parto), respectivamente (Szendrö *et al.*, 2013). La reproducción en grupo también aumenta la frecuencia de pseudo-gestaciones (23 *vs*. 0% en jaula individual), en gran parte como consecuencia del comportamiento de monta de las otras conejas del grupo (Rommers *et al.*, 2006). Además crece la mortalidad de los gazapos, multiplicándose globalmente por dos respecto a las jaulas individuales según resultados de Mirabito *et al.* (2005a), pudiendo ser todavía más elevada (38,5 *vs.* 15,2%) (Szendrö *et al*., 2013). Esta alta mortalidad se atribuye a la frecuente concurrencia de dos o incluso tres partos en el mismo nidal (Mirabito *et al.*, 2005a), así como a la libre entrada de las conejas al nidal de las otras (Ruis y Coenen, 2004), y a que los gazapos mayores invaden nidos ajenos ocupados por camadas más jóvenes (Ruis *et al.*, 2005), acumulándose más de 20 gazapos en algunos nidales mientras otros quedan vacíos (Machado *et al.*, 2016). Como factores responsables de la baja tasa de supervivencia también se han señalado la competencia por la leche de las madres (Cervera *et al.*, 2016), la competencia por los nidos (Mirabito *et al.*, 2005a; Szendrö *et al.*, 2013), así como el comportamiento agresivo, pues, en ocasiones, los gazapos se encuentran en el suelo fuera de los nidales debido a que los adultos los echan de los mismos (Szendrö *et al.*, 2013), o hay episodios de ataques de las hembras a los gazapos ajenos, particularmente cuando han nacido en distinto momento (Ruis, 2006).

Previamente al inicio de la actividad reproductiva, en experimentos con grupos de cuatro conejas nulíparas se ha observado que, si tienen posibilidades de elegir, su preferencia por permanecer solas en su propia jaula o con una única compañera es más elevada que su estancia en los espacios comunes (Matics *et al.*, 2017). A su vez, trabajando con conejas de recría entre 12 y 18 semanas de vida, Martínez-Paredes *et al.* (2019) han encontrado que el alojamiento en grupos grandes (16 a 24 individuos) penaliza el crecimiento y aumentan las lesiones presentes en el momento de la inseminación respecto a los grupos reducidos (2 a 4 animales), y el efecto es mayor cuanto mayor es la densidad.

En función de los resultados mencionados, el diseño de las experiencias para el estudio de las reproductoras en grupo ha evolucionado notablemente. Así, desde los trabajos iniciales caracterizados por el uso de recintos con cama de paja y grupos constituidos por dos, tres o cuatro conejas y presencia continua de un macho para conseguir monta natural espontánea (Hoy y Schuh, 2004; Ruis y Coenen, 2004; Szendrö *et al.*, 2010), que normalmente acontece en el post-parto (Ruis, 2006; Szendrö *et al.,* 2013), se ha pasado en la actualidad a la utilización de inseminación artificial, manejo en ciclos de 42 días mayoritariamente y posibilidades de identificación individual electrónica para que cada hembra pueda acceder a un único nidal (Ruis, 2006; Rommers *et al.*, 2012). Asimismo, se ha cambiado de mantener a las reproductoras continuadamente en grupo al estudio del manejo en grupo temporal, es decir, las conejas comparten jaula en una fase del ciclo y en la otra fase cada coneja ocupa una jaula individual. Este sistema se conoce como "semigrupo" o "part-time". Su objetivo es evitar las peleas ligadas al parto y a la protección de la reciente prole, de modo que las conejas están separadas desde 3 días antes del parto hasta que los gazapos empiezan a salir del nido, lo que acontece hacia los 18 días de edad (Andrist *et al.*, 2012; Machado *et al.*, 2016; Cervera *et al.*, 2017). De este modo, las reproductoras están en sus jaulas individuales durante 21 días y en la jaula colectiva los otros 21 días del ciclo, si bien en los trabajos más recientes se acorta el tiempo de estancia en grupo porque se retrasa el momento del reagrupamiento de las conejas al 21 o 23 días de edad de los gazapos (Maertens y De Bie, 2017; Rommers y de Greef, 2017). La razón para este retraso es que con 18 días algunos gazapos de pequeño tamaño no encuentran el bebedero, además de permanecer mucho tiempo en el nidal y tener, consecuentemente, menor probabilidad de amamantarse durante el alojamiento en grupo (Maertens y de Bie, 2017). Además, los gazapos de 18 días de edad son inmaduros y su ingesta de sólidos es escasa, incluso 21 días no parece todavía edad idónea para constituir el grupo, mientras que con 23 días ya se estiman suficientemente maduros (Rommers y de Greef, 2017). Para conseguir este agrupamiento temporal, se favorece o se impide el contacto entre las hembras mediante paredes móviles en las jaulas, o mediante puertas que puedan cerrarse o abrirse, permitiendo la formación del grupo o la individualización de las reproductoras a juicio del cuidador. No obstante, sea cual sea el protocolo, la agresividad y las lesiones consecuentes al restablecimiento de la jerarquía (Buijs *et al.*, 2015) así como el estrés, medido en función de la evolución de la temperatura corporal (Graf *et al*., 2011; Andrist *et al*., 2014) (Figura 1) y del nivel de glucocorticoides (Szendrö *et al.*, 2016; Ródenas *et al.*, 2019), se reactivan cada vez que las hembras vuelven a reunirse. Estas manifestaciones negativas son especialmente frecuentes en las conejas más jóvenes (Ródenas *et al.*, 2019) y también cuando los grupos no son estables porque se incorpora reposición (Andrist *et al.*, 2012). Además, agresividad, lesiones y estrés se observan incluso cuando se enmascaran los aromas naturales del grupo mediante determinadas sustancias como vinagre o alcohol (Andrist *et al.*, 2014).

El diseño de la jaula individual y de su transformación a colectiva parece que podría condicionar la respuesta agresiva de las conejas según Rommers y de Greef (2017). Estos autores realizan varias pruebas modificando de manera sencilla el diseño de su prototipo de jaula (colocación de paneles de madera sobre o bajo la plataforma, en dirección transversal u horizontal, eliminación de la paredes laterales de los nidales…) y encuentran que, en sus condiciones, el número de conejas heridas se reduce cuando se retiran las paredes de los nidales, es decir, cuando la jaula colectiva pasa a tener un diseño comparable a un parque de cebo.

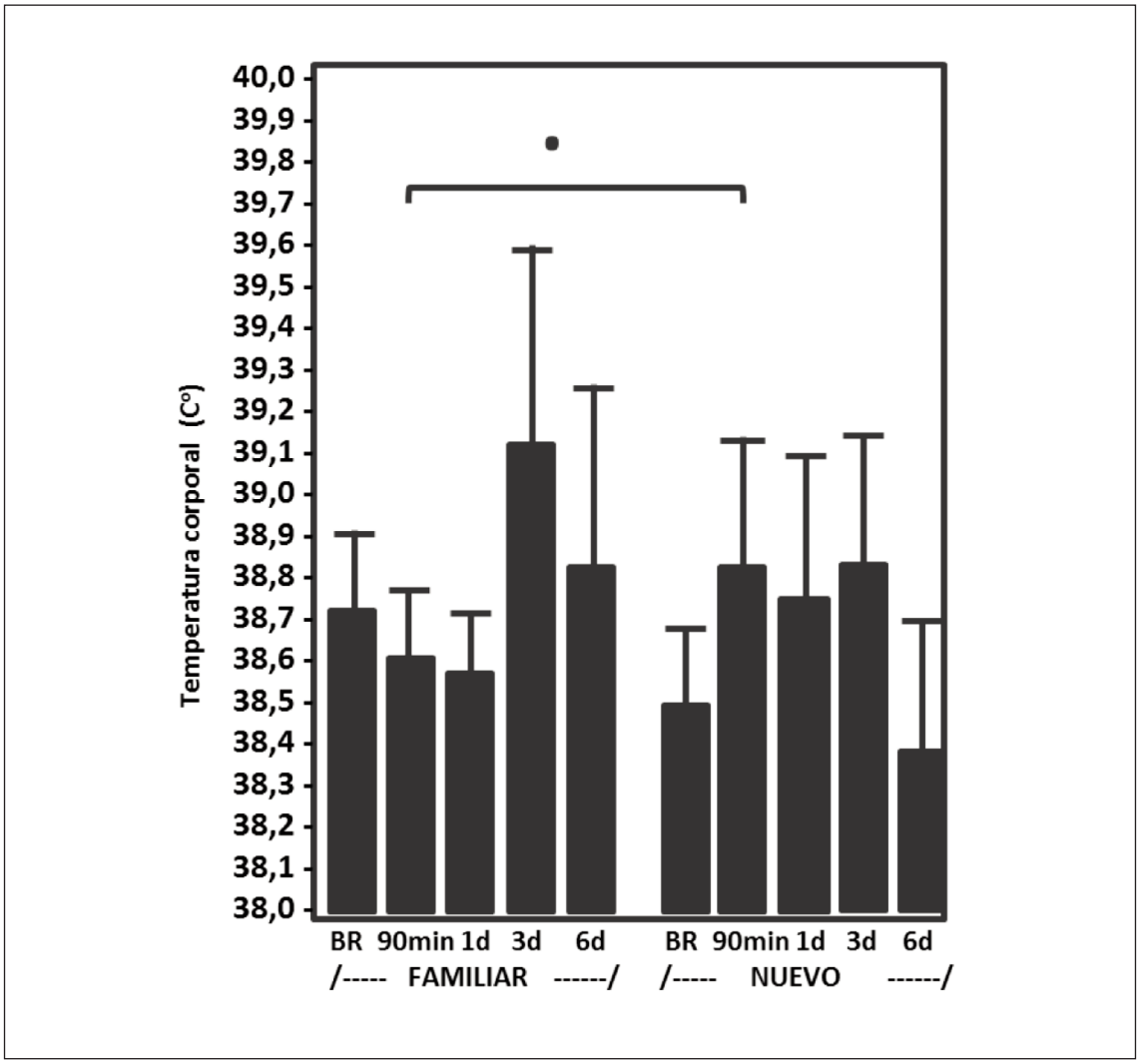


Figura 1. Evolución de la temperatura corporal, determinada mediante monitorización, en conejas manejadas en grupo que se reagrupan en el parque que habían compartido antes de la separación (familiar) o se reagrupan en un parque diferente, limpio y desinfectado (nuevo). BR (antes del reagrupamiento); 90 min, 1d, 3d, 6d (90 minutos, 1 día, 3 días, 6 días tras el reagrupamiento). • Significativamente distinto (P < 0,05). Figura obtenida de Graf *et al*. (2011).

Figure 1. Evolution of body temperature monitored in rabbit females managed in group housing, that are regrouped using the pen they had shared before the separation (familiar) or are regrouped in a different clean and disinfected pen (nuevo). Before (BR) and 90 min, 1 d, 3 d and 6 d after regrouping. • Significant differences (P < 0.05). Figure obtained from Graf et al. *(2011).*

Criterios productivos importantes como la prolificidad o el crecimiento de la camada lactante obtenidos en algunos de los trabajos de cría en grupo o semi-grupo no difieren de los presentados por conejas alojadas continuamente en jaula individual (Mirabito *et al.*, 2005a; Ruis, 2006). Por el contrario, se ha observado una importante reducción de la fertilidad tanto en el experimento de Mirabito *et al.* (2005a), estudiando grupos de 4 conejas con inseminación artificial y ciclo de 42 días (51 *vs.* 80%), como en el de Rommers *et al.* (2006), con grupos de 8 conejas y similar manejo reproductivo (55,6 *vs.* 84,2%) (Tabla 1). Szendrö *et al.* (2013) comparan los resultados de grupos formados por 4 hembras y un macho con monta natural respecto a los de conejas que ocupan una jaula individual y se inseminan a los 2 o a los 11 días post parto, encontrando tasas de fertilidad muy bajas en el primer tratamiento (45,6%), respecto a los otros (77,6 y 85,2%, respectivamente). La baja fertilidad se explica en parte por las pseudo-gestaciones antes mencionadas (23% en grupo *vs.* 0% en jaula individual) (Rommers *et al.*, 2006). También se ha observado un menor número de gazapos vivos al nacimiento (Semigrupo: Machado *et al.*, 2016) o inferior tamaño y/o peso de la camada al destete (Grupo: Ruis *et al.*, 2005; Rommers *et al.*, 2006; Semigrupo: Cervera *et al.*, 2017), tal vez porque las hembras en grupo muestran amamantamientos cortos y con intervalos de más de 24h entre ellos, según constatan Rommers *et al*. (2012). Como excepción, en el experimento en semigrupo de Machado *et al.* (2016) se han hallado pesos al destete más elevados en los gazapos

Tabla 1. Resultados reproductivos y evolución de la camada hasta el destete en conejas alojadas en jaula individual vs. conejas mantenidas en grupo continuo constituido por ocho hembras. Reproducción mediante inseminación artificial día 11-post-parto, ciclo de 42 días. Tabla obtenida de Rommers *et al*. (2006).
Table 1. Reproductive performance of rabbit females and evolution of their litter until weaning when housed in an individual cage vs. a continuous group of eight females. Reproduction by AI at 11 days postpartum, with a cycle of 42 days. Table obtained from Rommers et al. *(2006).*

	Tratamiento		*P*
	Individual	Grupo	
Camadas (n)	101	102	
Fertilidad (%)	84,2	55,6	0,001
Gazapos:			
Nacidos total (n)	8,9 ± 0,3	8,4 ± 0,3	0,19
Nacidos vivos (n)	8,4 ± 0,3	7,7 ± 0,3	0,16
Mortalidad 14 d (%)	7,4	10,1	0,15
Peso 14 d (g)	241 ± 11	233 ± 12	0,60
Destetados (n)	6,9 ± 0,2	6,6 ± 0,5	0,58
Peso destete (g)	841 ± 12	720 ± 25	0,001

P: significación estadística (P < 0,05).

nacidos en jaulas colectivas. Los autores atribuyen este resultado a una mayor ingesta, tanto por parte de los gazapos como de sus madres, y a pérdidas de reservas más acusadas en el alojamiento en semigrupo que las de conejas alojadas continuamente en jaula individual.

Otros resultados que cuestionan el sistema de manejo en grupo o semigrupo serían el acortamiento de la vida productiva que encuentran Ródenas *et al.* (2019), así como el mayor número de reproductoras eliminadas o muertas, llegando solo 4 reproductoras al final del experimento entre las alojadas en grupo (21%) respecto a 8 en las situadas en jaula individual (42%) en el trabajo de Cervera *et al.* (2017) (Tabla 2). También Szendrö *et al.* (2013) encuentran tasas de supervivencia de 50% en grupo *vs.* 71-81% en jaula individual. La elevada mortalidad de gazapos lactantes (17,6% en parque colectivo de cuatro conejas *vs.* 10,6% en jaulas con plataforma con dos reproductoras *vs.* 8,7% en jaula individual estándar; Mirabito *et al.*, 2005a), el riesgo de coccidiosis cuando en el suelo de la jaula colectiva se usa cama de paja, y la presencia de pododermatitis aún con suelos de rejilla plástica, posiblemente por falta de higiene (Ruis, 2006), son también resultados que limitan el sistema. En algún experimento se suman la mayoría de los problemas. Por ejemplo, Szendrö *et al.* (2010) encuentran que más de la mitad de las conejas del grupo no pare, por lo que la fertilidad es baja, la mortalidad en nido es elevada y el número de destetados/m^2 inferior al 20% de los obtenidos en jaula individual; además de que la supervivencia es escasa en las conejas por la alta tasa de sacrificios consecuentes a heridas (50% de las conejas del grupo) y sus niveles de corticoides en heces muy elevados, tal como antes hemos indicado (Szendrö *et al.*, 2013).

Por todas estas razones, Mirabito *et al*. (2005a, 2005b), Szendrö y McNitt (2012) y Matics *et al.* (2017), entre otros autores, no recomiendan el sistema de cría en grupo o semigrupo ni desde la óptica del bienestar, ni de los resultados productivos y sanitarios, indicando que, si bien vivir en colonias es decisivo para la supervivencia en los conejos silvestres, para los conejos domésticos solo debería proponerse el alojamiento individual (Szendrö, 2009). Alguna experiencia ha tenido éxito desde el punto de vista productivo según indican sus autores, pues con manejo de 21 días en grupo y 21 días en jaula individual, inseminación artificial y sistema "todo dentro todo fuera" han conseguido resultados generales muy buenos y bastante cercanos, aunque estadísticamente inferiores, a los de las jaulas individuales (fertilidad entre 83 y 90%, 12 gazapos nacidos vivos, 10 gazapos destetados/parto; Maertens y Buijs, 2016). Estos autores también observan una mejora del comportamiento locomotor y de las interacciones sociales, pero concluyen que dicha mejora es pequeña, no encontrando una clara evidencia de que los cambios conductuales que generan compensen, en términos de bienestar animal, el alto porcentaje de conejas heridas (Buijs *et al.*, 2015; Maertens *et al.*, 2015), o la mortalidad de los gazapos lactantes (Maertens y De Bie, 2017) consecuentes al reagrupamiento temporal. Estos resultados y conclusiones son similares a los mencionados en los trabajos iniciales de mejora del bienestar mediante cría colectiva en grupos de cuatro conejas (Mirabito *et al.*, 2005b), y confirman también los problemas de mortalidad, peleas y aptitudes defensivas, sobre todo en el periodo de partos, descritos a principios de los años 60 (Paillard, 1970) y 70 (Lecerf, 1982, cit. Mirabito *et al.,* 2005a) en el sistema de producción "en colonia", inconvenientes que condujeron a la desaparición del sistema (Mirabito *et al*, 2005a).

Szendrö *et al.* (2016) indican que para los conejos silvestres la vida en grupo tiene una relación beneficio/coste muy positiva, porque los costes correspondientes a la agresividad

Tabla 2. Resultados reproductivos y evolución de la camada hasta el destete en conejas alojadas en jaula individual *vs.* conejas mantenidas en semi-grupo de seis hembras. Reproducción mediante inseminación artificial día 11 post-parto, ciclo de 42 días (21 días en jaula individual, desde 3 preparto hasta 18 post-parto, y 21 días en grupo). Tabla obtenida de Cervera *et al.* (2017).
Tabla 2. Reproductive performance of rabbit females and the evolution of the litters until weaning when housed in an individual cage vs. a semi-group of six females. Reproduction by AI 11 days post-partum, with a cycle of 42 days (21 days in individual cage, from 3 pre-partum to 18 post-partum, and 21 days in group). Table obtained from Cervera et al. *(2017).*

	Individual	Semi-grupo	ES	P
Conejas (n):	19	19		
Vida (días)	180	152	22,0	0,3804
Finalizan 5 partos	8	4		
Partos (n):	58	44		
Inseminaciones	1,5	1,6	0,09	0,5265
Nacidos totales	9,9	10,5	0,7	0,4345
Nacidos vivos	8,9	9,5	0,6	0,5071
Peso gazapo vivo (g)	58	56	2,05	0,2976
Lactación coneja:				
Peso (g)	4514	4416	40	0,0919
Consumo (g MS)	344	317	4,8	0,0001
Grosor depósitos grasos (mm)	7,0	6,7	0,08	0,0390
Camadas:				
Tamaño a 18 días	10,1	9,4	0,15	0,0100
Tamaño destete	10,0	9,2	0,15	0,0100
Mortalidad parto a 18 días (%)	9,8	14,3		0,0814
Mortalidad 18 a 28 días (%)	0,6	1,8		0,0214
Peso gazapo a 18 días (g)	264	253	6,8	0,2118
Peso gazapo a destete (g)	531	492	6,8	0,0204

ES: error estándar. *P*: significación estadística (P < 0,05). MS: materia seca.

resultante de la competitividad (por comida, apareamiento, nidales...) y a la existencia de individuos dominados (más estresados, con menos fertilidad, prolificidad y viabilidad, menor esperanza de vida…), se acompañan de beneficios importantes, tales como el menor riesgo de predación, la cooperación en la construcción de la madriguera y la protección y supervivencia en la misma, rico comportamiento social, dominio de un territorio, etc. Sin embargo, en el caso de los conejos domésticos a costes "biológicos" similares para

el animal (más un incremento en la complejidad o en el tiempo de trabajo por parte del cuidador, así como un aumento del coste de producción que acompaña al sistema de grupo) le corresponde únicamente un cierto aumento del comportamiento locomotor y de interacción social, lo cual se traduce en un escaso peso en esa relación beneficio/coste, por lo que su papel en la mejora de las condiciones reales de bienestar de los individuos y de la población es cuestionado.

Enriquecimiento de la jaula maternal mediante aumento del espacio disponible

Antes de revisar este apartado es importante indicar que en algunos experimentos las conejas no muestran preferencia por las jaulas de mayor tamaño y su elección parece estar relacionada con factores como el tamaño de la jaula en la que hicieron el parto (Mikó *et al.*, 2012), aunque otros autores han constatado la elección de espacios más amplios mediante la aplicación de test específicos de preferencia y motivación (Cervera *et al.*, 2018). Por otra parte, no está claro que las conejas modifiquen sus comportamientos o sus resultados productivos como consecuencia del aumento de la superficie (3420 *vs.* 5855 cm^2) (Mirabito *et al.*, 2005c), ni tampoco que precisen jaulas de más de 40 cm de altura para posicionarse sobre sus patas traseras, porque no le dan uso ni en el 1% de su tiempo, según observan Negretti *et al.* (2010).

A pesar de lo indicado, el incremento de la superficie de la jaula estándar se ha considerado otro procedimiento para mejorar el bienestar de las conejas. A nivel práctico se ha propuesto este aumento mediante la colocación en el interior de la jaula de una plataforma situada a 30-40 cm de altura sobre el suelo de la jaula. Hoy y Verga (2006) recomiendan unas dimensiones de 50 cm de anchura y 30 cm de profundidad para la plataforma. A título indicativo, en España la legislación para la protección de los conejos utilizados en experimentación y otros fines científicos, indica que estos animales deben contar con plataformas situadas a 25-30 cm de altura, que no deben cubrir más del 40% del suelo y que tendrán unas dimensiones desde 55 x 25 cm hasta 60 x 35 cm, en función de la edad y del peso de los animales (Villalba, 2019).

Este elemento permite aumentar el repertorio de comportamientos específicos, como saltar o erguirse sobre sus patas posteriores, mientras que, paralelamente, se incrementa, la superficie real disponible. A nivel de granja la presencia de plataforma permite mayor movilidad, enriquece el repertorio comportamental de las conejas (Alfonso-Carrillo *et al.*, 2014a) y parece reducir las agresiones consecuentes al reagrupamiento de reproductoras en el sistema de semigrupo (Rommers *et al.*, 2014a). La plataforma es más utilizada por la coneja si es de material plástico respecto al alambre (Mikó *et al.*, 2012), acortando el tiempo de utilización tanto del reposapatas como del suelo de rejilla de la jaula (Figura 2). Además, la plataforma puede permitir a la coneja separarse de su camada cuando los gazapos empiezan a salir del nidal y molestan a la madre porque se acercan a mamar (Mirabito, 2003; Alfonso-Carrillo *et al.*, 2014a) (Figura 3), objetivo insuficientemente conseguido en algunos experimentos pues los gazapos suben a la plataforma ya con 17 días de edad, y cada vez la ocupan con más frecuencia hasta el destete (Mikó *et al.*, 2012), sobre todo si es de plástico como se ha indicado. Por otra parte, jaulas con plataforma se han utilizado para valorar el interés de colocar comederos específicos para gazapos desde los 14 días de edad, diferenciados de otros comederos situados a 32 cm del suelo y sólo accesibles para la coneja, con repercusión positiva sobre el crecimiento de los gazapos lactantes y, por tanto, en su bienestar (Mirabito y Boquier, 2005).

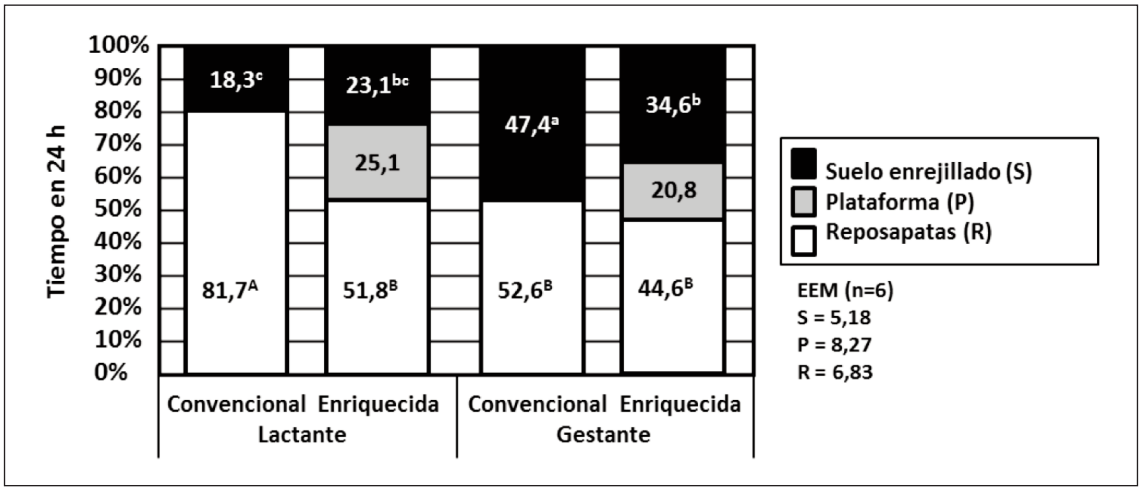


Figura 2. Localización durante 24 h de conejas lactantes o gestantes alojadas en jaulas estándar *vs.* jaulas con plataforma, ambas provistas de reposapatas. [a, b, c] Valores para el suelo enrejillado no compartiendo superíndice difieren significativamente (P < 0,05). [A, B] Valores para el reposapatas no compartiendo superíndice difieren significativamente (P < 0,05). EEM: Error estándar de la media. Figura obtenida de Alfonso *et al*. (2011).
Figure 2. Location during 24 h of lactating or pregnant rabbit females housed in standard cages vs. cages with platform, both provided with footrests. [a, b, c] *Means for the gridded floor not sharing superscript differ significantly (P < 0.05).* [A, B] *Means for the footrest not sharing superscript differ significantly (P < 0.05). EEM: standard error of the mean. Figure obtained from Alfonso* et al. *(2011).*

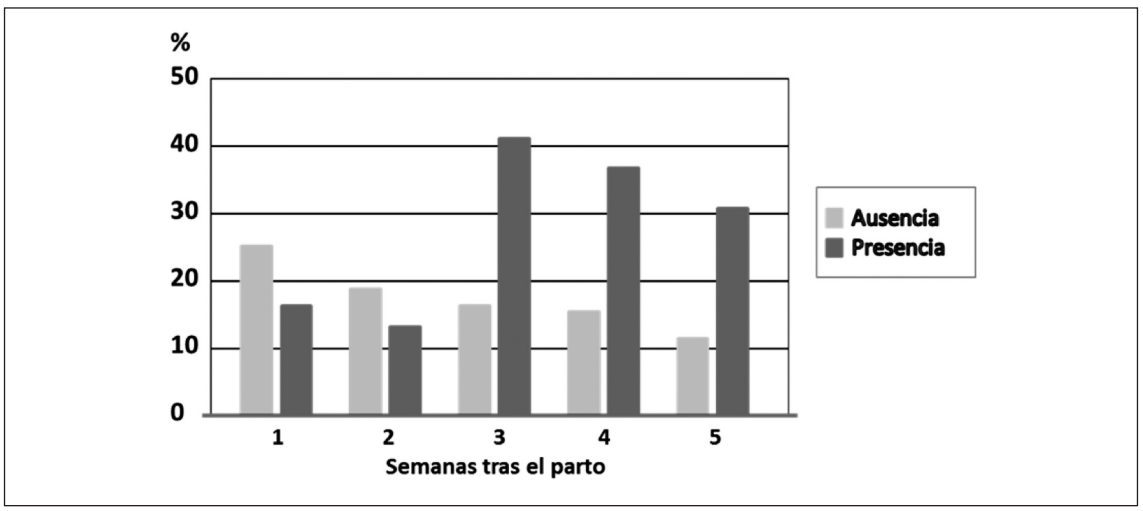


Figura 3. Porcentaje de tiempo que las conejas utilizan la plataforma durante la lactación en función de que sus gazapos estén presentes en la jaula (*Presencia*) o se coloquen en otra jaula y solo se les lleve a mamar una vez cada 24 horas (*Ausencia*). Figura obtenida de Mirabito (2003).
Figure 3. Percentage of time that rabbit females use the platform during lactation depending on whether their rabbits are present in the cage (Presencia) *or placed in another cage and are only allowed to suckle once every 24 h* (Ausencia)*. Figure obtained from Mirabito (2003).*

Los primeros experimentos con la plataforma ya indicaron que el problema más importante es la falta de higiene en la jaula por la caída de heces y orina sobre los animales situados debajo de la misma y por el acúmulo de heces sobre ella, así como la presencia de pododermatitis y de fracturas que no se producen en las jaulas estándar (Olivas *et al.*, 2010). También más recientemente se han señalado éstos y otros problemas: peores condiciones higiénicas (Alfonso-Carrillo *et al.*, 2014a; López *et al.*, 2019), mayor frecuencia de episodios de agresividad frente al cuidador (López *et al.*, 2019), aumento del tiempo de trabajo y muy elevada tasa de pododermatitis respecto a jaulas estándar (Lagardera *et al.*, 2014).

Su efecto sobre los rendimientos productivos es, sin embargo, prácticamente nulo, pues se aproximan a los obtenidos en jaulas comerciales *flat-deck* en la mayoría de las experiencias. En algunos trabajos recientes se ha señalado un efecto positivo sobre el peso de la camada a las tres semanas de edad así como al destete (Barge *et al.*, 2008), que se mantiene incluso hasta el final del periodo de cebo y está ligado a un mayor consumo y una tendencia a un menor índice de conversión (Alfonso-Carrillo *et al.*, 2014b), pero en otros el efecto es justo el contrario (López *et al.*, 2019). Índices importantes como fertilidad, prolificidad o mortalidad no han resultado diferentes a los de las jaulas convencionales prácticamente en ninguno de los experimentos de reproductoras en jaula con plataforma, pero lo encuentran Barge *et al.* (2008) en la mortalidad de la línea Bianca Italiana respecto a la línea Macchiata Italiana cuando ambas ocupan jaulas con plataforma, mostrando la primera una menor mortalidad durante toda la lactación (19,9 *vs.* 29,0%) y, particularmente, al nacimiento y entre los 21-35 días postparto. Por el contrario, la línea Bianca Italiana reacciona negativamente en las jaulas estándar principalmente al nacimiento (12,0 *vs.* 7,2% de mortinatalidad). Los autores sugieren que podría haber líneas más apropiadas para la plataforma que producirían menos gazapos muertos al nacimiento, así como durante la lactación y al destete.

En definitiva, la plataforma se plantea como un elemento útil desde el punto de vista etológico y que no deteriora los resultados productivos –incluso puede mejorarlos como se ha indicado–, pero en el que deberían solucionarse los problemas de manipulación de los animales y de higiene para que su efecto beneficioso sobre el bienestar fuese real.

Enriquecimiento de la jaula maternal mediante objetos

Otros elementos enriquecedores del entorno de la jaula convencional de reproductoras, mejoradores del bienestar sin el impacto económico y estructural que podría tener el manejo en grupo o la implementación de jaulas con plataforma en las granjas comerciales, son los elementos para roer y el uso del reposapatas. Las conejas que disponen de reposapatas lo utilizan con alta frecuencia (entre el 58 y el 89% de su tiempo discurre sobre él), en cualquier estado fisiológico y edad (López *et al.*, 2002), aunque a veces es en el periodo de lactación en el que destaca su uso (Alfonso *et al.*, 2011) y otras es al final de la gestación (López *et al.*, 2002). La utilización de reposapatas reduce el mal de patas en las reproductoras, según han mostrado de Jong *et al.* (2008) y Rosell y de la Fuente (2009), y su presencia en granja está ligada a un menor número de canales retiradas de la cadena de sacrificio (Fouchez *et al.*, 2015), razones que lo aconsejan como una adecuada inversión. Sabemos, no obstante que, aunque el reposapatas pueda paliar el problema de pododermatitis, también puede dar lugar al acúmulo de suciedad en la jaula. El siguiente paso sería, por tanto, encontrar el modelo de reposapatas que se ajuste de manera pre-

cisa al suelo de la jaula, o utilizar en las jaulas suelos completos de rejilla plástica que son los preferidos por los conejos (Princz *et al.,* 2008, entre otros autores). Es importante, sin embargo, tener en cuenta que el tipo de suelo puede condicionar la limpieza de la jaula, indicando tanto veterinarios como cunicultores que ciertos *slats* plásticos son más difíciles de limpiar que los suelos de varilla metálica, con la correspondiente complicación por los problemas de higiene y sanitarios que comportan (Maertens, 2017), siendo así imprescindible continuar estudiando un adecuado diseño de la rejilla plástica. En relación con el suelo con cama de paja, éste ha sido cuestionado en los trabajos realizados al respecto, y rechazado en todos los experimentos en que los animales tenían posibilidad de elegir (hembras reproductoras: Ruis, 2006; Szendrö *et al.*, 2013; gazapos en cebo: Gerencsér *et al.*, 2014, entre otros autores); en contra de la opinión social casi generalizada, que considera que el suelo con paja es el idóneo para esta especie.

Respecto a los elementos destinados a roer o a entretenimiento de las conejas, han evolucionado desde una simple varilla de madera depositada en el suelo de la jaula, que por razones de higiene pasó a colgarse del techo o las paredes, hasta el estudio de "conglomerados" de madera enriquecidos con diversos productos de interés nutritivo como, por ejemplo, fibras específicas o micronutrientes tipo Ca, P,…. Estos productos tienen interés por sus dos vertientes, comportamental y productiva. Al respecto, hace años que los nutrólogos advertían sobre la importancia de ofrecer un buen pienso, ajustado a las necesidades del animal, antes de dar suplementos vitamínico-minerales que pudieran desequilibrar la dieta. Parece, sin embargo, que en las jaulas con taco enriquecido las hembras y los gazapos presentan pesos superiores a las que disponen solo del taco de pasta de madera sin enriquecer, además de aumentar el comportamiento locomotor y el de ingesta (Maertens *et al.*, 2012), aunque en el experimento de Bignon *et al*. (2012) ni el comportamiento, ni la producción lechera, ni el peso de la camada se modifican. Evidentemente, tanto el efecto del taco enriquecido sobre el equilibrio o desequilibrio de los otros nutrientes, como el coste de la incorporación de estos elementos enriquecedores deberían ser contrastados, pues no lo están a día de hoy. Incluso sin adición especial de componentes nutritivos, las conejas prefieren y aumentan el patrón de comportamientos con el taco de conglomerado respecto a únicamente la varilla de madera, siendo la paja el material de preferencia entre los mencionados, según resultados de Rommers *et al.* (2014b). La paja es un producto hacia el que las conejas se sienten atraídas inmediatamente después de su colocación en la jaula, pero sobre el que van reduciendo progresivamente su interés a lo largo de la primera hora de contacto con el mismo (López *et al.*, 2004), lo que respondería a un comportamiento exploratorio característico de los animales frente a la novedad (Wood-Gush y Vestergaard, 1991).

Otros aspectos de bienestar con influencia sobre los resultados zootécnicos

La duración del ciclo reproductivo se ha sugerido como factor de bienestar a considerar, especialmente comparando el popular ciclo de 42 días (cubrición día 11 post-parto) con los otros más extensivos de 49 o 56 días (cubrición día 18 o día 25 post-parto, respectivamente). Gerencsér *et al.* (2011) encuentran que el ciclo de 56 días mejora la fertilidad, el peso de la coneja al parto y su condición corporal en la semana 4ª-5ª post-parto. También mejora la supervivencia de las reproductoras, de modo que este ritmo puede ser ventajoso desde el punto de vista de bienes-

tar de la coneja, según estos autores. Por el contrario, Alfonso-Carrillo *et al.* (2014b) indican que ciclos largos no favorecen a la coneja pero sí a la camada, la cual presenta mejor peso e índice de transformación y menor mortalidad al final del periodo de cebo. Por otra parte, algunos autores señalan que la menor productividad numérica de los ciclos largos (nº de gazapos/hembra/año) puede tener un alto impacto económico y condicionar su aplicación (Gerencsér *et al.*, 2011). Otros autores cuestionan el beneficio de prolongar la lactación más allá de las 4 semanas porque "no es conforme a la biología reproductiva de las conejas" (Schlolaut *et al*., 2013). Además, el mayor contacto de madre y gazapos, junto al consumo del pienso materno, puede aumentar el riesgo de infecciones en los gazapos y de mamitis en las conejas, así como retrasar el desarrollo digestivo de los jóvenes, con el correspondiente riesgo de patologías entéricas (Schlolaut *et al.*, 2013). En consecuencia, parece que sobre la duración del ciclo y el manejo del mismo todavía debemos seguir experimentando.

En relación con el bienestar de las conejas también hay que señalar el papel que pueden jugar las feromonas, aunque solamente hemos localizado un experimento al respecto y sería necesario contrastar los resultados. Así, Bouvier y Jacquinet (2008), elaboran al efecto una feromona a base de una mezcla de ácidos grasos, ésteres y dímeros de ácidos grasos secretados en la piel del vientre de las conejas durante los 2-3 días previos al parto. Pulverizada en la sala de maternidad en diferentes granjas comerciales 2 o 3 días antes del parto, provoca tranquilidad en las conejas y facilidad en su manipulación, según indicaron los propios cunicultores, mejorándose la fertilidad, el tamaño de la camada y la viabilidad al parto.

Finalmente, hay que señalar que otras prácticas de manejo pensadas o desarrolladas con otros objetivos también pueden contribuir a mejorar el bienestar de las conejas. Así, la aplicación de la hormona GnRH vía vaginal en conjunción con el semen es una importante mejora en el manejo reproductivo de las conejas pues disminuye el estrés de las mismas, habiendo sido calificada por expertos europeos como un "interesante aporte para el bienestar de las conejas" (de Jong *et al.*, 2011). La respuesta fisiológica y productiva de diferentes análogos de GnRH y sus dosis óptimas para la vía vaginal siguen investigándose (Munari *et al*., 2019). No obstante, este manejo, además de moderar el estrés, reduce la mano de obra, mejora las condiciones de trabajo del ganadero, aminora el riesgo sanitario y disminuye el coste al no necesitar jeringuillas ni agujas (Martín, 2016), de modo que se está utilizando en muchas de las granjas comerciales que aplican inseminación artificial.

Comentarios finales

La peculiar situación de la especie cunícola como animal de renta, de compañía y de laboratorio y su simultánea presencia como silvestre, unido al interés del consumidor occidental por el acercamiento a la naturaleza en general y a los comportamientos "naturales" propios de las especies (etología cunícola en nuestro caso) en aras del supuesto bienestar de las mismas, hace que se estudien las posibilidades del manejo en grupos de las reproductoras domésticas y que repetidamente se compruebe su dificultad. Esta situación sugiere que tal vez una condición para la constitución de un grupo de conejas sea, precisamente, el desarrollo de la agresividad y de la sumisión necesarias para establecer una jerarquía que permita la estabilidad y su supervivencia como grupo. Y posiblemente ocurre lo mismo con los machos, aunque en este sexo las expresiones agresivas son más radicales despertando, tal vez por ello, escaso in-

terés que los machos vivan en grupo o incluso la mejora de su bienestar, aspecto prácticamente inexistente en la literatura científica relativa a producción de carne.

Ante la incapacidad de controlar o gestionar tanto la agresividad entre hembras como la constitución de jerarquías en las granjas, parece que el interés de los científicos por el posible enriquecimiento comportamental de las conejas criadas en grupo ha disminuido, ya que en realidad se enriquece levemente, como hemos indicado. Por otra parte, ha creado alarma la probable reducción del bienestar que comporta, sea del grupo o sea de algunos miembros del mismo, lo cual, a su vez, se traduce en un deterioro de los resultados zootécnicos, incluida la mortalidad y morbilidad de adultos y de jóvenes. Encauzar esa agresividad es imprescindible si se quieren criar conejos en base a grupos de reproductoras.

No obstante, esta respuesta biológica probablemente no es fácil de gobernar y de momento se desconoce el procedimiento. Por ello, a nivel práctico y considerando las diferencias en los sistemas de producción de los países productores, no parece razonable que se establezca legislación común en la UE sobre este aspecto del bienestar cunícola. Y en los países, europeos o no, que legislen al respecto deberían tener muy en consideración esta circunstancia señalada en todos los experimentos realizados al efecto. Al respecto, y refiriéndose a conejos de laboratorio, DiVincenti y Rehrig (2016) indican: "Por lo tanto, las partes interesadas deben considerar qué especies de laboratorio podrían beneficiarse del alojamiento social en cautividad antes de promulgar cambios generalizados, que en realidad podrían ser contraproducentes para mejorar el bienestar de los animales de laboratorio". Esta reflexión es perfectamente aplicable para los conejos de producción de carne.

Favorecer el contacto visual, olfativo, auditivo, utilizar feromonas u otras sustancias o manejos durante el periodo de estancia en la jaula individual, hacer un diseño *ad hoc* de la jaula o del parque, o incluso el propio proceso de selección genética, podrían tal vez ser útiles para atemperar esta respuesta biológica propia de la especie y que se mantiene claramente en los conejos domésticos. Refinar el enriquecimiento de la jaula individual de las conejas y de los machos a base de la mejora del rendimiento de la superficie útil o de la inclusión de elementos enriquecedores apropiados parece el camino a recorrer hasta entonces, tanto desde el punto de vista experimental como aplicado.

Referencias bibliográficas

Alfonso C, Martín E, Esteban M, De Blas C, García-Rebollar P, García-Ruiz AI (2011). Efecto del tipo de jaula sobre el comportamiento de conejas reproductoras en distintos estados fisiológicos. Actas del XXXVI Symposium de Cunicultura de ASESCU, 12-13 de mayo, Peñíscola, España. http://oa.upm.es/12049

Alfonso-Carrillo C, Martín E, De Blas C, Ibáñez MA, García-Rebollar P, García-Ruiz AI (2014a). Effect of cage type on the behaviour pattern of rabbit does at different physiological stages. World Rabbit Science 22: 59-69. https://doi.org/10.4995/wrs.2014.1396

Alfonso-Carrillo C, García-Rebollar P, De Blas C, Ibáñez MA, García-Ruiz AI (2014b). Effect of late weaning and use of alternative cages on performance of does, suckling and fattening rabbits under extensive reproductive management. Livestock Science 167: 425-434. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.05.018

Andrist CA, Bigler LM, Würbel H, Roth BA (2012). Effects of group stability on aggression, stress and injuries in breeding rabbits. Applied Animal Behaviour Science 142: 182-188. https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.10.017

Andrist CA, Bigler L, Würbel H, Roth BA (2014). Masking odour when regrouping rabbit does:

Effect on aggression, stress and lesions. Livestock Science 170: 150-157. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.10.017

Barge P, Masoero G, Chicco R (2008). Raising rabbit does in platform cages. Proceedings of the 9th World Rabbit Congress, 10-13 de junio, Verona, Italia, pp. 1153-1157.

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.

Bouvier AC, Jacquinet C (2008). Pheromone in rabbits: preliminary technical results on farm use in France. Proceedings of the 9th World Rabbit Congress, 10-13 de junio, Verona, Italia, pp. 303-307.

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

BVAAWF / FRAME / RSPCA / UFAW (1993). Refinements in rabbit husbandry. Laboratory Animals 27: 301-329.

Carneiro M, Rubin CJ, Di Palma F, Albert FW, Alföldi J, Barrio AM, Pielberg G, Rafati N, Sayyab S, Turner-Maier J, Younis S, Afonso S, Aken B, Alves JM, Barrell D, Bolet G, Boucher S, Burbano HA, Campos R, Chang JL, Duranthon V, Fontanesi L, Garreau H, Heiman D, Johnson J, Mage RG, Peng Z, Queney G, Rogel-Gaillard C, Ruffier M, Searle S, Villafuerte R, Xiong A, Young S, Forsberg-Nilsson K, Good JM, Lander ES, Ferrand N, Lindblad-Toh K, Andersson L (2014). Rabbit genome analysis reveals a polygenic basis for phenotypic change during domestication. Science 345(6200): 1074-1079. https://doi.org/10.1126/science.1253714

Cervera C, Martínez-Paredes E, Machado L, Villagrá A (2016). Efecto sobre hembras y gazapos de la cría de conejas reproductoras en jaulas colectivas. Actas del XLI Symposium de Cunicultura de ASESCU, 12 y 13 de mayo, Hondarribia, España, pp. 130-133.

Cervera C, Martínez-Paredes E, Machado L, Villagrá A (2017). Producción de conejas en sistemas de alojamiento individual o colectivo en semigrupo. Actas del XLII Symposium de Cunicultura de ASESCU, 11 y 12 de mayo, Murcia, España, pp.107-110.

Cervera C, Gómez EA, Pérez Fuentes S, Villagrá A (2018). Bienestar y salud en conejas reproductoras. (Proyecto INIA CUN2014-00001-00-00). Actas del 43 Symposium de Cunicultura de ASESCU, 30 y 31 de mayo, Calamocha, España, 33-42.

de Jong IC, Reimert H, Rommers JM (2008). Effect of floor type on footpad injuries in does: a pilot study. Proceedings of the 9th World Rabbit Congress, 10-13 de junio, Verona, Italia, pp. 1171-1175.

de Jong IC, Reuvekamp BFJ, Rommers JM (2011). A welfare assessment protocol for commercially housed rabbits. Wageningen UR Livestock Research, Report 532, 24 pp.

DiVincenti L, Rehrig AN (2016). The Social Nature of European Rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). Journal of the American Association for Laboratory Animal Science 55(6): 729-736.

Fouchez L, Tessereau A, Greffard B, Bruhier A (2015). Influence des pratiques d'élevage sur le taux de saisie des lots de lapins en abattoir. 16èmes Journées de la Recherche Cunicole, 24-25 de noviembre, Le Mans, France, pp. 189-192.

Gerencsér Zs, Matics Zs, Nagy I, Szendrö Zs (2011). Effect of light colour and reproductive rhythm on rabbit doe performance. World Rabbit Science 19: 161-170. https://doi.org/10.4995/wrs.2011.827

Gerencsér Zs, Szendrö K, Szendrö Zs, 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-Redondo P, González-Mariscal G, López M, Fernández-Carmona J, Finzi A, Villagrá A (2015). Comportamiento materno y bienestar de la coneja doméstica y silvestre y su camada. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 111(4): 326-347. https://doi.org/10.12706/itea.2015.021

Graf S, Bigler L, Failing K, Würbel H, Buchwalder T (2011). Regrouping rabbit does in a familiar or novel pen: Effects on agonistic behaviour, injuries and core body temperature. Applied Animal Behaviour Science 135: 121-127. https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.10.009.

Hoy St, Schuh D (2004). Sociometric investigations in groups of wild and domestic rabbits with one buck and two or three does. Proceedings of the 8th World Rabbit Congress, 7-10 de septiembre, Puebla, México, pp.1235-1240.

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.

Lagardera G, Solaz S, Martínez-Paredes E, Cervera C (2014). Comparación de algunos aspectos del manejo y de la sanidad de conejas lactantes según el diseño de la jaula de maternidad. Actas del XXXIX Symposium de Cunicultura de ASESCU, 29-30 de marzo, Tudela, España, pp. 42-45.

López M, María G, Paniagua P (2002).The effect of cage size on the behavior of the reproductive doe. COST Action 848. 2nd Meeting of Workgroup 2, 15-16 de marzo, Stuttgart, Hohenheim, 10 pp.

López M, Carrilho MC, Gómez C (2004). Evaluation of the use of straw as an entertainment in *Gigante de España* rabbit cages: The effect of the placing of the straw in cage on the behaviour. Proceedings of the 8th World Rabbit Congress, 7-10 de septiembre, Puebla, México, pp. 1241-1246.

López M, Gómez EA, Cervera C (2019). Comparación de jaulas de maternidad con plataforma frente a jaulas convencionales en una prueba de campo. Actas del 44 Symposium de Cunicultura de ASESCU, 5-6 de junio, Aranda de Duero, España, pp. 27-32.

Machado LC, Martínez-Paredes E, Paragliota F, Cervera C (2016). Performance and health status of primiparous rabbit does housed in individual and collective cages. Proceedings of the 11th World Rabbit Congress, 15-18 de junio, Qingdao, China, pp. 695-698.

Maertens L, Buijs S, Davoust C (2012). Gnawing blocks as cage enrichment and dietary supplement for does: performance, intake and behavior. Proceedings of the 10th World Rabbit Congress, 3-4 de septiembre, Sharm El-Sheikh, Egipto, pp. 1039-1043.

Maertens L, Buijs S, Tuyttens FAM (2015). L'impact d'un logement temporairement en groupe et du sol sur le bien-être des lapines. 16èmes Journées de la Recherche Cunicole, 24-25 de noviembre, Le Mans, France, pp. 215-218.

Maertens L, Buijs S (2016). Production performances of rabbit does in a part-time group housing system. Proceedings of the 11th World Rabbit Congress, 15-18 de junio, Qingdao, China, pp. 711-714.

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.

Maertens L, De Bie Y (2017). Logement de lapines "part-time" en groupe: résultats dans un élevage équipé avec des parcs polyvalents. 17èmes Journées de la Recherche Cunicole, 21-22 de noviembre, Le Mans, France, pp. 55-58.

Martín M (2016). Inseminación artificial, un nuevo método en cunicultura. Cunicultura.info 30/08/2016. Disponible en https://cunicultura.info/inseminacion-artificial-nuevo-metodo-cunicultura/ (Consultado: 21 octubre 2019).

Martínez-Paredes E, Ródenas L, Cervera C (2019). Estación, tamaño y densidad del grupo de conejas durante la recría y productividad. Actas del 44 Symposium de Cunicultura de ASESCU, 5-6 de junio, Aranda de Duero, España, pp. 22-26.

Matics Zs, Szendrö Zs, Radnai I, Farkas TP, Kasza R, Kacsala L, Nagy I, Szabó RT, Terhes K, Gerencsér Zs (2017). ANIHWA – Experimental results at Kaposvár University. 20th International Symposium on housing and diseases of rabbits, fur-providing animals and pet animals. 17-18 de mayo, Celle, Alemania, pp. 27-36.

Mikó A, Matics Zs, Gerencsér Zs, Radnai I, Odermatt M, Nagy I, Szendrö Zs (2012). Location preference of lactating rabbit does and their kits in pens with elevated platform. Proceedings of the

10th World Rabbit Congress, 3-6 de septiembre, Sharm El-Sheikh, Egipto, pp. 1029-1032.

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. Vol B, pp. 447-451.

Mirabito L (2003). Logement et bien-être du lapin : les nouveaux enjeux. 10èmes Journées de la Recherche Cunicole, INRA-ITAVI, 19-20 de noviembre, Paris, France, pp. 163-172.

Mirabito L, Boquier C (2005). Développement d'un système d'alimentation séparée des mères et des jeunes avant sevrage. 11èmes Journées de la Recherche Cunicole, 29-30 de noviembre, Paris, France, pp. 49-52.

Mirabito L, Galliot P, Souchet C, Dumont F, Thomeret F (2005a). Logement collectif des lapines repro-ductrices : Conséquences zootechniques. 11èmes Journées de la Recherche Cunicole, Paris, 29-30 de noviembre, Paris, France, pp. 53-56.

Mirabito L, Dumont F, Galliot P, Souchet C (2005b). Logement collectif des lapines reproductrices Conséquences sur le comportement. 11èmes Journées de la Recherche Cunicole, 29-30 de noviembre, Paris, France, pp. 57-60.

Mirabito L, Galliot P, Souchet C (2005c). Effet de la surface disponible et de l'aménagement des cages sur les perfor-mances zootechniques et le comportement des lapines. 11èmes Journées de la Recherche Cunicole, 29-30 de noviembre, Paris, France, pp. 61-64.

Munari C, Ponzio P, Alkhawagah AR, Schiavone A, Mugnai C (2019). Effects of an intravaginal GnRH analogue administration on rabbit reproductive parameters and welfare. Theriogenology 125: 122-128. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.10.024

Mullan S, Saunders R (2019). European Rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). En: Companion Animal Care and Welfare: The UFAW Companion Animal Handbook. (Ed. James Yeates) pp. 163-184. Ufaw Animal Welfare Series; Wiley-Blackwell, Hoboken. Nueva Jersey, EEUU. https://doi.org/10.1002/9781119333708.ch7

Negretti P, Bianconi G, Finzi A (2010). Postura y comportamiento del conejo para determinar la altura de la jaula en relación con el bienestar animal. Actas del XXXV Symposium de Cunicultura, ASESCU, 27-28 de mayo, Segovia, España, pp. 54-58.

Olivas I, Gómez E, Laínez M, Villagrá A (2010). Jaulas con plataforma ¿mejorando el bienestar animal? Un estudio piloto. Boletín de Cunicultura 162: 27-40.

Paillard G (1970). L'élevage en groupe et l'organisation de la production et des marchés du lapin de chair. Coloque national du lapin, Paris. Cit. en Cuniculture, 132, 23 (6), 262, 1996.

Princz Z, Nagy I, Radnai I, Gerencsér Zs, Szendrö Zs (2008). Effect of the floor type and stocking density on the productive performance of growing rabbits. Proceedings of the 9th World Rabbit Congress, 10-13 de junio, Verona, Italia, pp. 1225-1228.

Ródenas L, Martínez-Paredes E, Cervera C (2019). Estrés y vida productiva en conejas. Actas del 44 Symposium de Cunicultura de ASESCU, 5-6 de junio, Aranda de Duero, España, pp. 17-21.

Rommers JM, Boiti C, de Jong IC, Brecchia G (2006). Performance and behaviour of rabbit does in a group-housing system with natural mating or artificial insemination. Reproduction Nutrition Development 46: 677-687. https://doi.org/10.1051/rnd:2006038

Rommers JM, Kemp B, Houwers HW, Gunnink H, de Jong IC (2012). Description of nestbox visits and suckling events in a group housing system for rabbit does as compared to individual cages. World Rabbit Science 20: 231-240. https://doi.org/10.4995/wrs.2012.1231

Rommers JM, Reuvekamp BJF, Gunnink H, de Jong IC (2014a). Effect of hiding places, straw and territory on aggression ingroup-housed rabbit does. Applied Animal Behaviour Science 157: 117-126. https://doi.org/10.1016/j.applanim.2014.05.011

Rommers JM, Bracke MBM, Reuvekamp B, Gunnink H, de Jong IC (2014b). Cage enrichment: rabbit does prefer straw or a compressed wooden block. World Rabbit Science 22: 301-309. https://doi.org/10.4995/wrs.2014.1353

Rommers J, de Greef K (2017). Towards part-time group-housing of lactating rabbit does? 20th International Symposium on housing and diseases of rabbits, furproviding animals and pet animals. 17-18 de mayo, Celle, Alemania, pp. 3-13.

Rosell JM y de la Fuente LF (2009). Effect of footrests on the incidence of ulcerative pododermatitis in domestic rabbit does. Animal Welfare 18: 199-204.

RWAF (2019). Aggression in Rabbits. Disponible en https://rabbitwelfare.co.uk/rabbit-care-advice/aggression-rabbits/ (Consultado: 1 junio 2019).

Ruis M, Coenen E (2004). A group-housing system for rabbit does in commercial production: a new approach. Proceedings of the 8th World Rabbit Congress, 7-10 de septiembre, Puebla, México pp. 1501-1506.

Ruis M, Rommers J, van del Gaag M (2005). Reproductive performance and behaviour of does in group-housing. Joint Scientific Meeting WG1 and WG2. 23-25 de junio, Palermo, Italia.

Ruis M (2006). Group housing of breeding does. In: Recent advances in rabbit sciences (Ed. L. Maertens and P. Coudert) pp. 99-105. ILVO, Melle, Belgium.

Schlolaut W, Hudson R, Rödel HG (2013). Impact of rearing management on health in domestic rabbits: A Review. World Rabbit Science 21: 145-159. https://doi.org/10.4995/wrs.2013.1029

Scottish Government (2018). Pet Rabbit Welfare Guidance. The Scottish Government, OGL, Edinburgh. Disponible en www.gov.scot (Consultado: 1 junio 2019).

Szendrö Zs (2009). Environmental conditions required for the rabbits' wellbeing. 21st Hungarian Conference on Rabbit Production, 27 de mayo, Kaposvár, Hungary. Abstract: World Rabbit Science 2010, 18(1): 37.

Szendrö Zs, Dezséry B, Odermatt M, Gerencsér Zs, Nagy I, Molnár Sz, Mikó A, Radnai I, Matics Zs (2010). Comparison of reproductive performance of rabbit does housed individually or in groups. 22nd Hungarian Conference on Rabbit Production, Kaposvár, Hungary, 26 de mayo. Abstract: World Rabbit Science 2011, 19(2): 114.

Szendrö Zs, McNitt JI (2012). Housing of rabbit does: Group and individual systems: A review. Livestock Science 150: 1-10. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.09.017

Szendrö Zs, Mikó A, Odermatt M, Gerencsér Zs, Radnai I, Dezséry B, Garai E, Nagy I, Szendrö K, Matics Zs (2013). Comparison of performance and welfare of single-caged and group-housed rabbit does. Animal 7(3): 463-468. https://doi.org/10.1017/S1751731112001760

Szendrö Zs, McNitt JI, Matics Zs, Mikó A, Gerencsér Zs (2016). Alternative and enriched housing systems for breeding does: a review. World Rabbit Science 24 (1): 1-14. https://doi.org/10.4995/wrs.2016.3801

Villalba T (2019). Código de Protección y Bienestar Animal. Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. Disponible en https://www.boe.es/legislacion/codigos/ (Consultado: 21 octubre 2019).

Von Holst D, Hutzelmeyer H, Kaetzke P, Khaschei M., Schönheiter R (1999). Social rank, stress, fitness and life expectancy in wild rabbits. Naturwissenschaften 86: 388-393. https://doi.org/10.1007/s001140050638.

Wood-Gush DGM, Vestergaard K (1991). The seeking of novelty and its relation to play. Animal Behaviour 42: 599-606. https://doi.org/10.1016/S0003-3472(05)80243-X

(Aceptado para publicación el 24 de enero de 2020)

Predicción del peso corporal de guajolotes nativos mexicanos a través de medidas morfométricas

R. Portillo-Salgado[1], F.A. Cigarroa-Vázquez[2,*], J.G. Herrera-Haro[1] e I. Vázquez-Martínez[3]

[1] Programa en Ganadería, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Km 36,5 Carretera México-Texcoco. Edo. México, México
[2] Escuela de estudios agropecuarios Mezcalapa, Universidad Autónoma de Chiapas, Carretera Chicoasén, Malpaso. Km. 24,3, San Miguel El cocal, C.P. 29625, Copainalá, Chiapas, México
[3] Programa de Ingeniería Agroforestal, Complejo Regional Norte, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Avenida Universidad S/N, Benito Juárez, CP. 73640, Tetela de Ocampo, Puebla, México

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar la predicción del peso corporal (PC) del guajolote nativo mexicano (GNM) a partir de medidas morfométricas (MM) e índices morfológicos usando el análisis del árbol de clasificación y regresión (CART). Se tomaron medidas de 244 GNM, provenientes de los estados de Puebla, Chiapas y Campeche. Se recolectó el PC y diez MM, se estimaron tres índices morfológicos: masividad (IMA), solidez (ISO) y de condición corporal (ICC). Se analizó los estadísticos descriptivos y correlación de Pearson (r) de las variables y con ellas se construyó un árbol de regresión utilizando el método CART. Se obtuvieron coeficientes de variación <20% en las MM, un IMA de 13,50%, ISO de 111,12% y el ICC de 16,81%. Las correlaciones entre el PC y las MM variaron de moderadas a altas (r = 0,35 a r = 0,91; P < 0,0001). El ICC fue la variable con la mejor puntuación (100%) en el análisis de importancia normalizada, seguida de IMA (79,2%) y el perímetro torácico (52,8%). El diagrama del árbol de regresión óptimo formó un total de 13 nodos, de los cuales 7 fueron nodos terminales, demostrando que el ICC es suficiente para predecir el PC del GNM. Este estudio permitió definir un modelo de predicción con una varianza explicada observada de 86,4% e incluyó el ICC, la altura corporal y el ancho del ala, el cual puede ser aplicado por los productores para predecir el peso corporal de GNM de manera confiable.

Palabras clave: CART, índices morfológicos, árbol de decisión, modelo de predicción.

Prediction of body weight of native Mexican guajolotes trough morphometric measurements

Abstract

The aim of this study was to evaluate the prediction of body weight (BW) of the native Mexican guajolote (NMG) from morphometric measurements (MM) and morphological indices using classification and regression tree analysis (CART). Measures were taken of 244 NMG from the states of Puebla, Chiapas and Campeche. The BW and ten MM were collected, and three morphological indices were esti-

* Autor para correspondencia: antonio.cigarroa@unach.mx

Cita del artículo: Portillo-Salgado R, Cigarroa-Vázquez FA, Herrera-Haro JG, Vázquez-Martínez I (2020). Predicción del peso corporal de guajolotes nativos mexicanos a través de medidas morfométricas. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 116(2): 150-160. https://doi.org/10.12706/itea.2020.003

mated: massiveness (MAS), stockiness (STK) and body condition (CON). The descriptive statistics and Pearson's correlation (r) of the variables were analyzed and a regression tree was constructed using the CART method. Coefficients of variation <20% were obtained in the MM, an MAS of 13.50%, STK of 111.12% and the CON of 16.81%. Correlations between BW and MM ranged from moderate to high (r = 0.35 to r = 0.91; P < 0.0001). The CON was the variable with the best score (100%) in the normalized importance analysis, followed by MAS (79.2%) and thoracic perimeter (52.8%). The optimal regression tree diagram formed a total of 13 nodes, of which 7 were terminal nodes, demonstrating that the CON is sufficient to predict the BW of NMG. This study allowed to define a prediction model with an observed explained variance of 86.4% and included the CON, body height and wing width, which can be applied by producers to reliably predict body weight of NMG.

Keywords: CART, morphological indices, decision tree, prediction model.

Introducción

El guajolote nativo mexicano (GNM) es un recurso genético avícola de importancia socioeconómica en las zonas rurales en México y su producción se lleva a cabo en pequeña escala a nivel de traspatio, comercializándolos, ya sean vivos o en canal, en su mayoría en mercados públicos locales. El consumo de carne de GNM es mayor en las regiones del Centro, Sur y Sureste de México, en donde es preparada en platillos típicos regionales que se consumen en festividades sociales y familiares (Villamar y Guzmán, 2007). Las hembras son utilizadas en forma única como incubadoras naturales para sus huevos o de gallinas criollas y los machos son criados para la comercialización por su mayor rendimiento en carne, respecto a las hembras, lo que permite a los productores obtener ingresos económicos adicionales (Juárez-Caratachea, 2004).

El peso corporal (PC) es un indicador del desempeño productivo y reproductivo en los animales domésticos criados para la producción de carne (Garro y Rosales, 1996). Es un rasgo corporal importante en el desarrollo de programas de alimentación, sanidad y mejoramiento genético (Bozkurt, 2006), así como en la determinación del precio de venta de los animales (Wangchuk *et al*., 2018). Sin embargo, debido a la falta de instrumentos de medición directa, los productores calculan el PC del GNM de manera subjetiva, considerando solamente el tamaño y la edad de las aves (Camacho-Escobar *et al*., 2014). Por esta razón, sería de gran utilidad para los productores de GNM contar con un método indirecto que permita determinar el PC de manera práctica, eficaz y confiable en condiciones rurales.

Estudios previos han demostrado que la utilización de medidas morfométricas (MM) como variables predictoras del PC de bovinos (Bretschneider *et al*., 2014; Herrera-López *et al*., 2018), ovinos (Afolayan *et al*., 2006; Kunene *et al*., 2009), caprinos (Moaeen-ud-Din *et al*., 2006), pollos (Dahloum *et al*., 2016) y patos (Téguia *et al*., 2008), es una práctica fácil, barata y precisa que puede ser viable en el manejo de los animales en zonas rurales. Esta metodología consiste en evaluar la interrelación entre el PC y las MM usando coeficientes de correlación y análisis de regresión múltiple (ARM); sin embargo, este último presenta problemas de multicolinealidad o alta correlación, que ocasionan sesgos en la estimación de las relaciones bivariantes entre variables (Mohammad *et al*., 2012).

El análisis del árbol de clasificación y regresión (CART, por sus siglas en inglés) es un procedimiento estadístico no paramétrico que define modelos de predicción para una variable dependiente continua a partir de variables independientes, tanto numéricas como categóricas (Lemon *et al.,* 2003), emplea un mé-

todo de poda de árboles que se basa en el equilibrio entre la precisión predictiva y la complejidad de los árboles (Breiman *et al.,* 1984), esta compensación se rige por un parámetro que se optimiza mediante validación cruzada (Celik *et al.,* 2017). Como resultado final se obtiene un diagrama en forma de árbol que consiste en un conjunto de subgrupos (nodos) terminales de decisión conectados por medio de ramas, los cuales son creados a partir del nodo raíz o principal, que representa una serie de pautas basadas en ciertas variables explicativas que se muestran según recorremos el árbol. Cada nodo terminal generado en el árbol es caracterizado por la distribución de la variable respuesta, tamaño del subgrupo y los valores de las variables predictoras que lo definen (Oguntunji, 2017). Dadas las ventajas del CART mencionadas antes, algunos estudios han reportado su aplicación en la predicción del PC de ovinos (Mohammad *et al*., 2012; Yakubu, 2012; Celik *et al.,* 2017), pollos (Mendes y Akkartal, 2009) y patos (Oguntunji, 2017).

Hasta la fecha, los pocos estudios reportados que describen la predicción del PC del guajolote a partir de MM utilizan únicamente el análisis de regresión simple o múltiple (Ogah, 2011; Rajendran *et al*., 2012; Durosaro *et al*., 2013; Amao y Ojedapo, 2016; Ríos *et al*., 2016). Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar la predicción del peso corporal del GNM a partir de medidas morfométricas e índices morfológicos usando el análisis del árbol de clasificación y regresión (CART).

Material y métodos

Animales y recolección de datos

Debido a que existe dimorfismo sexual en esta especie y las hembras son comercializables con interés biológico más que económico, únicamente se recolectaron medidas de 244 guajolotes nativos machos con edades de entre 8 a 24 meses, que es cuando alcanzan edad de madurez sexual para venta en el mercado. Estos guajolotes fueron seleccionados aleatoriamente en comunidades rurales de los estados de Puebla, Chiapas y Campeche ubicados en las regiones centro, sur y sureste de México, respectivamente. Los animales son criados en unidades de producción en pequeña escala de manera extensiva, con una alimentación que se basa en granos de maíz crudo o nixtamalizado y alimento comercial, la cual es complementada con el pastoreo, y los programas de sanidad son escasos.

La recolección de datos consistió en el registro del peso corporal (PC) y 10 medidas morfométricas (MM) de todas las aves. Las MM consideradas en el estudio fueron: perímetro torácico (PT), altura corporal (AC), longitud corporal (LC), longitud de la pierna (LP), longitud del muslo (LM), longitud del tarso (LT), longitud del ala (LA), ancho de la pierna (AP), ancho del tarso (AT) y ancho del ala (AA), fueron tomadas considerando las referencias anatómicas sugeridas por Ajayi *et al*. (2012). A partir de las MM se estimaron tres índices morfológicos descritos por Yakubu (2011): índice de masividad (IMA = PC/LC $\times$ 100), índice de solidez (ISO = PT/LC $\times$ 100) e índice de condición corporal (ICC = PC/LA $\times$ 100). El PC se registró utilizando una báscula electrónica con una capacidad de 40 kg y una precisión de 10 g, mientras que las MM fueron medidas empleando una cinta métrica graduada en cm y un vernier digital. Todas las mediciones eran tomadas por la mañana antes de que los animales fueran alimentados para no alterar el peso corporal real.

Análisis estadístico

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el paquete estadístico SPSS, ver.16 (2011). Se calcularon las estadísticas descriptivas del PC, las MM e índices morfológicos evaluados en el estudio. La interrelación entre el PC y las MM

e índices morfológicos se evaluó utilizando el análisis de correlación de Pearson (r).

Para la construcción del árbol de regresión se utilizó el método del árbol de clasificación y regresión (CART), considerando únicamente las medidas morfométricas e índices morfológicos que mostraron correlaciones positivas y significativas con el PC (PT, AC, LC, LM, AP, AA, IMA y ICC). Para calcular la importancia relativa de las variables en la predicción del PC del GNM, el método CART examina la medida de mejora que se atribuye a cada variable en su función de sustituto de la división primaria. Los valores de estas mejoras son sumados sobre cada nodo, posteriormente se suman y se escalan en relación con la variable de mejor rendimiento predictivo. La variable con la mayor suma de mejoras obtiene una puntuación de 100, y el resto de las variables obtienen puntuaciones más bajas (cercanas a cero) (Banerjee *et al*., 2008).

El desarrollo de árbol de regresión inicia con la división del nodo raíz o primario en nodos binarios usando todas las variables predictoras basados en una pregunta simple de la forma: ¿es $X \leq d$?; donde X es una variable en el conjunto de datos y d es un número real (Yakubu, 2012). El nodo raíz generado contiene las estadísticas descriptivas de la población estudiada, pero tiende a ser impuro y homogéneo, ya que el grado en el que un nodo no representa un subconjunto homogéneo de casos es una indicación de impureza, por ejemplo, un nodo terminal en el que todos los casos tienen el mismo valor para la variable dependiente es un nodo homogéneo que no requiere ninguna división más, ya que es puro. Por esta razón, el análisis tiene como objetivo crear nodos terminales o subgrupos que sean más puros y homogéneos que el nodo raíz, así como excluir aquellas variables que no estén relacionadas con la variable dependiente (PC) (Oguntunji, 2017). Debido a que la variable respuesta (PC) es una variable continua, se utilizó la Desviación Cuadrática Mínima (LSD, por sus siglas en inglés) como medida de la homogeneidad de los nodos (impureza), este valor se calcula como la varianza dentro del nodo, corregida para cada una de las ponderaciones de los valores de influencia (Bevilacqua *et al*., 2003). El nivel máximo del árbol se generó después de que alcanzó una dimensión máxima. Se utilizó la validación cruzada de 10 veces como método de estimación de errores de predicción para obtener estimaciones más confiables de las variables independientes. Adicionalmente, en el método CART, la variación explicada observada en la variable dependiente se estimó con la siguiente ecuación (Mendes y Akkartal, 2009):

$$S_x^2 = (1 - S_e^2) \times 100$$

Dónde:

S_x^2 = variación explicada

S_e^2 = variación no explicada, que se calcula como: valor de riesgo/varianza del nodo raíz (S_y^2)

S_y^2 = (desviación estándar típica)^2

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se presentan los resultados del análisis descriptivo de las variables morfológicas evaluadas del GNM. Los resultados del PC y las MM son semejantes a los encontrados por Ríos *et al*. (2016) en guajolotes nativos machos que se crían a nivel de traspatio en diferentes estados de México. El PC fue la variable que mostró el coeficiente de variación (CV) más alto; no obstante, de acuerdo con Juárez-Caratachea (2004) esta variación es necesaria en los programas de mejoramiento genético, ya que permite realizar una selección sistemática orientada a la producción de animales con un mayor rendimiento en carne. En general, las MM mostraron un CV < 20%, lo cual indica una moderada variabilidad morfológica entre las aves. Respecto a los índices morfológicos estudiados, mismos que son ne-

Tabla 1. Estadísticos descriptivos del peso corporal (kg), medidas morfométricas (cm) e índices morfológicos (%) de guajolotes nativos mexicanos machos (n = 244).
Table 1. Descriptive statistics of body weight (kg), morphometric measurements (cm) and morphological indices (%) of males native Mexican guajolotes (n = 244).

Variable	Media ± EEM	DE	Mínimo	Máximo	CV
Peso corporal	5,80 ± 0,08	1,25	3,21	8,87	21,68
Perímetro torácico	47,42 ± 0,32	5,04	31,00	64,60	10,63
Altura corporal	45,83 ± 0,24	3,78	30,00	55,00	8,26
Longitud corporal	43,03 ± 0,30	4,79	25,40	54,00	11,14
Longitud de la pierna	23,52 ± 0,09	1,51	14,00	27,60	6,44
Longitud del muslo	16,30 ± 0,06	0,94	12,80	18,50	5,80
Longitud del tarso	13,94 ± 0,07	1,15	10,00	18,00	8,30
Longitud del ala	34,68 ± 0,20	3,16	23,60	42,40	9,12
Ancho de la pierna	2,92 ± 0,02	0,40	1,90	4,30	14,01
Ancho del tarso	1,22 ± 0,01	0,23	2,23	0,90	19,11
Ancho del ala	14,14 ± 0,12	1,93	10,30	19,00	13,66
Índice de masividad	13,50 ± 0,17	2,65	7,54	21,89	19,68
Índice de solidez	111,12 ± 0,90	14,16	175,59	83,33	12,74
Índice de condición corporal	16,81 ± 0,24	3,75	8,46	27,16	22,33

EEM = Error estándar de la media, DE = Desviación estándar, CV = Coeficiente de variación.

cesarios para evaluar el desarrollo de la musculatura de las aves domésticas (Yakubu, 2011), se encontró un IMA = 13,50% y un ISO = 111,12%. En un estudio realizado por Oblakova (2007) se mostró que los pavos de una línea mejorada alcanzan un ISO = 192,30% a las 20 semanas de edad, demostrando así la menor ganancia de PC de genotipos nativos en comparación con genotipos mejorados. Por otro lado, se encontró un ICC = 16,81%, este indicador es importante en la evaluación fisiológica de las aves, debido a que las variables relacionadas con actividades metabólicas se expresan en función del peso y tamaño corporal (Yakubu, 2011).

Los coeficientes de correlación de Pearson entre el PC, las MM e índices morfológicos se muestran en la Tabla 2. Dichos valores fueron positivos y altamente significativos, variando de moderados a altos (r = 0,35 a r = 0,91; P < 0,0001). Las variables que tuvieron una mayor correlación con el PC fueron el ICC (r = 0,91), IMA (r = 0,83) y PT (r = 0,69). Ajayi *et al*. (2012) reportaron que el PC de guajolotes locales nigerianos machos estuvo fuertemente correlacionado con el perímetro de pechuga (r = 0,82), longitud de quilla (r = 0,76) y longitud del muslo (r = 0,76). Por su parte, Yakubu (2011) también reportó correlaciones altas al evaluar este tipo de variables, entre

Tabla 2. Matriz de los coeficientes de correlación de Pearson (r) entre el peso corporal y medidas morfométricas e índices morfológicos de guajolotes nativos mexicanos machos (n = 244).
Table 2. Matrix of Pearson's correlation coefficients (r) between body weight and morphometric measurements and morphological indices of male native Mexican guajolotes (n = 244).

Variable	PC	PT	AC	LC	LP	LM	LT	LA	AP	AT	AA	IMA	ISO	ICC
PC	1,00	0,69**	0,42**	0,47**	ns	0,38**	ns	ns	0,47**	ns	0,35**	0,83**	ns	0,91**
PT		1,00	ns	0,40**	ns	0,36**	ns	ns	0,51**	ns	ns	0,54**	0,48**	0,65**
AC			1,00	0,54**	-0,24*	ns	0,22*	0,52**	Ns	ns	0,77**	ns	-0,36**	0,19*
LC				1,00	-0,26*	0,19*	ns	0,45**	0,23*	ns	0,58**	ns	-0,59**	0,26*
LP					1,00	0,28**	ns	-0,29**	Ns	ns	-0,44**	0,25*	0,37**	0,20*
LM						1,00	0,20*	ns	0,29**	ns	ns	0,32**	ns	0,33**
LT							1,00	0,25*	Ns	ns	0,22*	ns	ns	ns
LA								1,00	Ns	ns	0,69**	ns	-0,34**	-0,26*
AP									1,00	0,41**	ns	0,41**	0,23*	0,48**
AT										1,00	ns	ns	ns	ns
AA											1,00	ns	-0,44**	ns
IMA												1,00	0,56**	0,86**
ISO													1,00	0,31**
ICC														1,00

** P < 0,0001, * P < 0,05, ns = no significante.

PC = peso corporal, PT = perímetro torácico, AC = altura corporal, LC = longitud corporal, LP = longitud de la pierna, LM = longitud del muslo, LT = longitud del tarso, LA = longitud del ala, AP = ancho de la pierna, AT = ancho del tarso, AA = ancho del ala, IMA = índice de masividad, ISO = índice de solidez, ICC = índice de condición corporal.

el PC e índices morfológicos de patos Muscovy africanos. La alta correlación entre el PC y algunos rasgos morfológicos de importancia económica como el PT, se atribuye a que en esta parte del cuerpo de las aves existe una mayor deposición de músculo (Ogah, 2011), por lo tanto, es importante considerar este rasgo morfológico en los programas de mejoramiento genético de las aves domésticas productoras de carne.

La importancia relativa de las variables independientes en la predicción del PC de guajolotes nativos mexicanos se indica en la Figura 1. El ICC fue la variable con la mejor puntuación de predicción (100%), seguida del IMA (79,2%) y el PT (52,8%), mismas que fueron utilizadas en el CART para la construcción del árbol de regresión óptimo (Figura 2). En un estudio realizado en patos Muscovy nigerianos se encontró que las variables más importantes para predecir el PC fueron la circunferencia corporal, el índice de masividad y de compacidad (Oguntunji, 2017) este último no fue analizado en este estudio. Para el caso de ovinos se reportó que las variables predictoras con mejores puntuaciones para predecir el PC fueron la circunferencia torácica (100%), el ancho de hombros (60,2%), el ancho de la grupa (59,3%), la longitud corporal (55,1%) y la longitud de la cara (51,8%) (Yakubu, 2012).

El diagrama del árbol de regresión óptimo mostró que el ICC es suficiente para predecir el PC del GNM; sin embargo, se presentó una pequeña mejoría al combinar está variable con la altura corporal y ancho del ala, formando un total de 13 nodos, de los cuales 7 fueron nodos terminales: 3, 6, 8, 9, 10, 11 y 12 (Figura 2). En el nodo 0, también llamado nodo raíz, el CART concentró a todos los guajolotes estudiados, basándose en el índice de

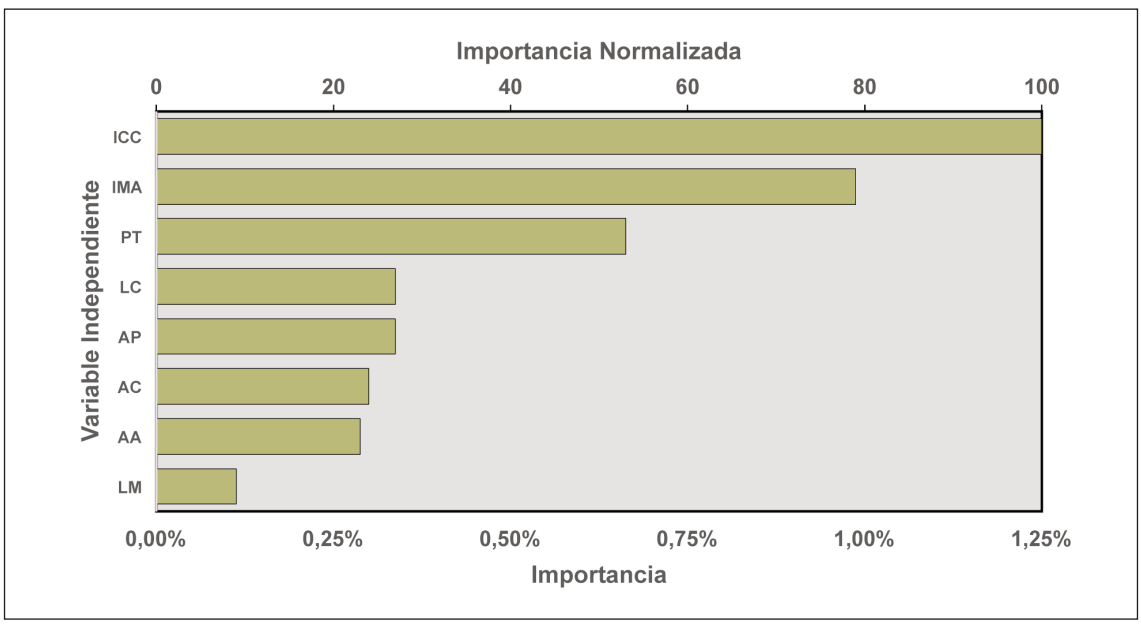


Figura 1. Importancia de las variables independientes en la predicción del peso corporal de guajolotes nativos mexicanos machos.
Figure 1. Importance of the independent variables in the prediction of the body weight of males native Mexican guajolotes.

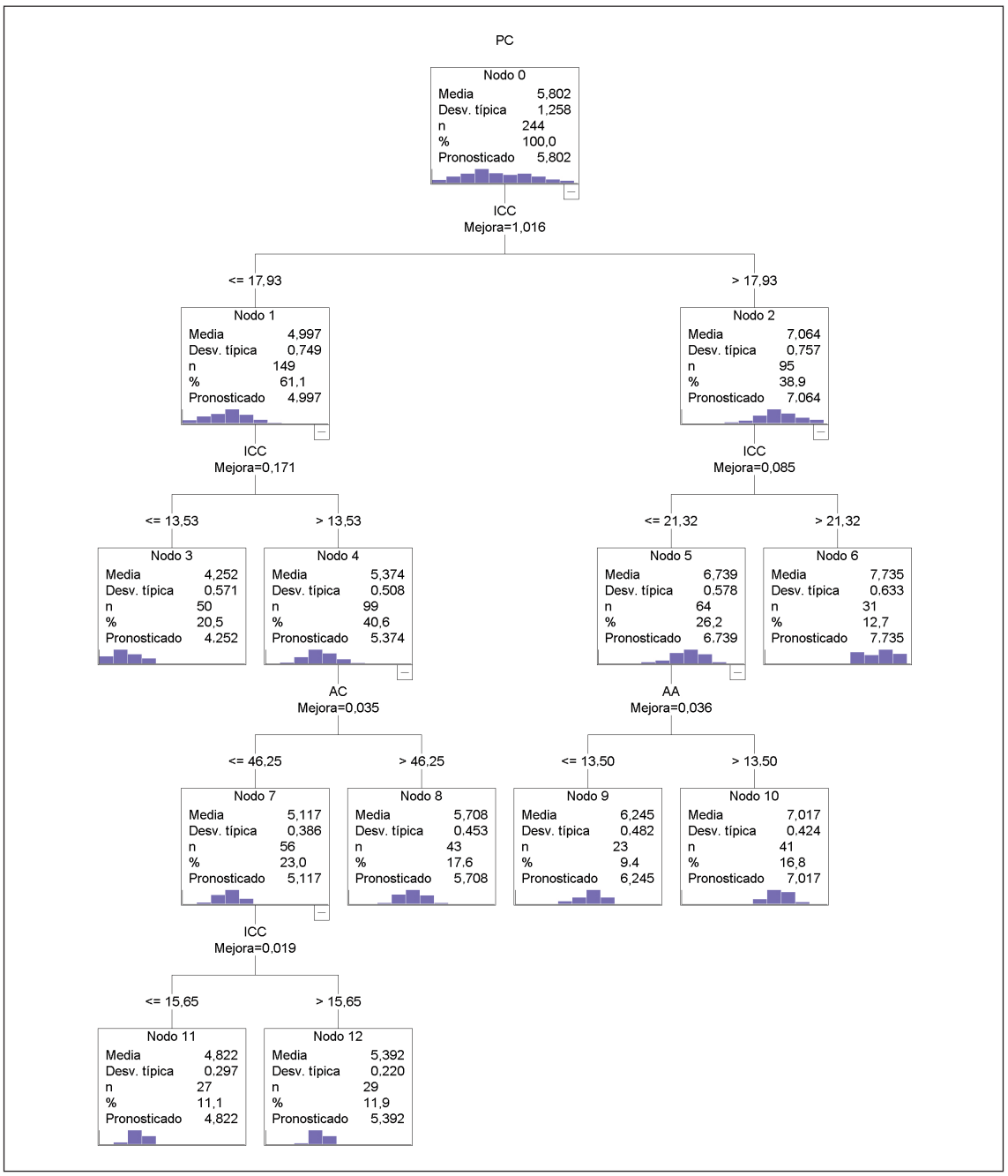


Figura 2. Diagrama del árbol de regresión óptimo que muestra las interacciones entre las variables evaluadas en el estudio.

Figure 2. Diagram of the optimal regression tree that shows the interactions between the variables evaluated in the study.

condición corporal, el cual se compartió en dos nodos hijos: el nodo 1, que comprende a guajolotes ≤17,93 de ICC y 4,997 kg de PC y el nodo 2 que comprende a guajolotes >17,93 de ICC y 7,074 kg de PC, favoreciendo a este último. Debido a que ambos nodos no fueron suficientemente homogéneos, cada uno se subdividió en dos nodos hijos. El nodo 1, aun considerando al ICC como variable predictora, se subdividió en nodo 3 (≤13,53) y nodo 4 (>13,53), este último concentró al mayor número de guajolotes (n = 99) y con mejor predicción del peso corporal (5,374 kg), se subdividió en dos nodos (7 y 8), basándose en AC. El nodo 2 se subdividió en nodo 5 (≤21,32) y nodo 6 (>21,32), resultando una subdivisión del nodo 5 en los nodos terminales 9 y 10, tomando como base de subdivisión los valores de AA. Los nodos 3 y 6 no se dividieron debido a que reunieron grupos homogéneos. El PC (7,735 kg) pronosticado en el nodo 6 fue el más alto en todo el árbol, pero con un número reducido de guajolotes (n = 31). El nodo 4, que también generó una subdivisión, basándose en los valores de la variable AC, mismo que generó el nodo 7 con guajolotes ≤46,25 cm, y el nodo 8 >46,25 cm de AC. Para el caso del nodo 9 (≤13,50 cm) y nodo 10 (>13,50 cm), no se presentó subdivisión, considerando que eran grupos homogéneos, siendo el nodo 10 el cual obtuvo la mejor predicción del peso corporal con una media de 7,017 kg y la menor varianza [$(0,424)^2$ = 0,179], comparados con los valores obtenidos en el nodo 9 con una media de 6,245 kg y varianza de 0,232. Para finalizar el árbol, el nodo 7 presentó una menor varianza [$(0,386)^2$ = 0,149], con un número mayor de guajolotes (n = 56), con estas condiciones se generó dos nodos terminales, basándose nuevamente en el ICC, los nodos 11 con guajolotes ≤15,65 de ICC y el nodo 12 con guajolotes >15,65 de ICC, encontrándose en este nodo la mejor predicción del peso corporal (5,392 kg), el cual presentó una S_y^2 = 0,048, con una proporción de aves = 11,9%. Lo anterior evidencia la relación entre el PC y el ICC, misma que debe ser ampliamente estudiada, ya que tiene importancia en el monitoreo del balance energético y las reservas corporales en los animales domésticos (Mendoza-Domínguez *et al*., 2019).

La varianza total es la resultante para las variables dependientes antes de tener en consideración a las independientes o, lo que es lo mismo del nodo raíz, que obtuvo una S_y^2 = $(1,258)^2$ = 1,582. Por otra parte, se encontró que la variación no explicada o varianza dentro del nodo en el PC fue: S_e^2 = valor de riesgo/ S_y^2 = 0,216/1,582 = 0,136, la cual muestra la desviación dentro de los nodos y puede ser utilizado como criterio de adecuación del modelo; es decir, entre menor sea este valor, el modelo será más preciso (Mendes y Akkartal, 2009). La variación explicada observada en la variable dependiente (PC) se calculó utilizando la variación no explicada, siendo: S_x^2 = $(1 - S_e^2)$ x 100 = (1 – 0,136) x 100 = 86,4%. Por último, la variación explicada por el árbol de regresión obtenida en el presente estudio, indica que la predicción del PC del GNM a partir de las medidas morfométricas e índices morfológicos incluidas en el modelo es confiable.

Conclusiones

El CART, demostró la posibilidad práctica de combinar diferentes parámetros e índices morfológicos en la predicción del Peso Corporal en guajolotes nativos mexicanos, como son el índice de condición corporal, la altura corporal y el ancho del ala, teniendo en cuenta la importancia del ICC en la construcción de árboles de regresión para esta especie, se puede inferir que los guajolotes con ICC más altos (>17,93) serían más pesados.

El pronóstico que ofrece el modelo permite su aplicación y a su vez podría ayudar a los productores a utilizar el ICC para seleccionar a la posible población reproductora basada en este

índice, para la mejora genética del peso corporal en esta especie. Sin embargo, en situaciones en las que los productores no conocen los índices morfológicos, como es el caso de las zonas rurales, la selección de los machos seleccionados para la cría podría basarse en guajolotes con una altura corporal más alta (>46,25) ya que es uno de los predictores de ICC y también la segunda variable más importante en la predicción de peso corporal en guajolotes.

Finalmente, se debe de promover el uso de índices morfológicos como variables predictoras del peso corporal de los animales domésticos en el medio rural.

Referencias bibliográficas

Afolayan RA, Adeyinka IA, Lakpini CAM (2006). The estimation of live weight from body measurements in Yankasa sheep. Czech Journal Animal Science 51: 343-348. https://doi.org/10.17221/3948-CJAS

Ajayi OO, Yakubu A, Jayeola OO, Imumorin IG, Takket MI, Ozoje MO, Ikeobi CON, Peters SO (2012). Multivariate analysis of sexual size dimorphism in local turkeys (*Meleagris gallopavo*) in Nigeria. Tropical Animal Health and Production 44: 1089-1095. https://doi.org/10.1007/s11250-011-0044-6

Amao SR, Ojedapo O (2016). Prediction equations and inter-relationships among selected growth traits of an indigenous turkey birds in derived savanna zone of Nigeria. Advances in Life Science and Technology 41: 65-73.

Banerjee AK, Arora N, Murty USN (2008). Classification and Regression Tree (CART) analysis for deriving variable importance of parameters influencing average flexibility of CaMK Kinase Family. Electronic Journal of Biology 4: 27-33.

Bevilacqua M, Braglia M, Montanari R (2003). The classification and regression tree approach to pump failure rate analysis. Reliability Engineering & System Safety 79: 59-67. https://doi.org/10.1016/S0951-8320(02)00180-1

Breiman L, Friedman J, Stone C (1984). Classification and Regression Trees (Wadsworth Statistics/Probability) Chapman and Hall/CRC, New York.

Bozkurt Y (2006). Prediction of body weight from body size measurements in Brown Swiss feedlot cattle fed under small-scale farming conditions. Journal of Applied Animal Research 29: 29-32. https://doi.org/10.1080/09712119.2006.9706565

Bretschneider G, Cuatrin A, Arias D, Vottero D (2014). Estimation of body weight by an indirect measurement method in developing replacement Holstein heifers raised on pasture. Archivos de Medicina Veterinaria 46: 439-443. http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2014000300014

Camacho-Escobar MA, Jerez-Salas MP, Vásquez-Dávila MA, Ávila-Serrano NY, Sánchez-Bernal EI, Arroyo-Ledezma J (2014). Venta tradicional del guajolote nativo (*Meleagris gallopavo*) en el sur de México. Actas Iberoamericanas de Conservación Animal 4: 164-166.

Celik S, Eyduran E, Karadas K, Tariq MM (2017). Comparison of predictive performance of data mining algorithms in predicting body weight in Mengali rams of Pakistan. Revista Brasileira de Zootecnia 46: 863-872. http://dx.doi.org/10.1590/s1806-92902017001100005

Dahloum L, Moula N, Halbouche M, Mignon-Grasteau S (2016). Phenotypic characterization of the indigenous chickens (*Gallus gallus*) in the northwest of Algeria. Archives Animal Breeding 59: 79-90.

Durosaro SO, Oyetade MS, Llori BM, Adenaike AS, Olowofeso O, Wheto M, Amusan SA, Osho SO, Ozoje MO (2013). Estimation of body weight of nigerian local turkeys from zoometrical measurements at 4, 8 and 12 weeks of age. Global Journal of Science Frontier Research Bio-Tech & Genetics 13: 1-4.

Garro JM, Rosales LR (1996). Relación entre el peso corporal y el perímetro torácico en ganado cebuino en crecimiento en Costa Rica. Agronomía Costarricense 20: 113-123.

Herrera-López S, García-Herrera R, Chay-Canul AJ, González-Ronquillo M, Macías-Cruz U, Díaz-Echeverría VF, Casanova-Lugo F, Piñeiro-Váz-

quez A (2018). Desarrollo y evaluación de una ecuación para predecir el peso vivo en novillas cruzadas usando el ancho de cadera. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 114: 368-377. https://doi.org/10.12706/itea.2018.022

Juárez-Caratachea A (2004). Efecto del peso corporal en el rendimiento de la masa muscular en el pavo nativo mexicano. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 38: 405-409.

Kunene NW, Nesamvuni AE, Nsahlai IV (2009). Determination of prediction equations for estimating body weight of Zulu (Nguni) sheep. Small Ruminant Research 84: 41-46. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.05.003

Lemon SC, Roy J, Clark MA, Friedmann PD, Rakowski W (2003). Classification and regression tree analysis in public health: methodological review and comparison with logistic regression. Annals of Behavioral Medicine 26: 172-181. https://doi.org/10.1207/S15324796ABM2603_02

Mende M, Akkartal E (2009). Regression tree analysis for predicting slaughter weight in broilers. Italian Journal of Animal Science 8: 615-624. https://doi.org/10.4081/ijas.2009.615

Mendoza-Domínguez E, Ojeda-Robertos NF, Salazar-Cuytun ER, Chay-Canul AJ, Macias-Cruz U, Aguilar-Caballero AJ, Medina-Peralta S, Vargas-Villamil L (2019). Evaluación de una ecuación para predecir el peso vivo basado en la condición corporal en ovejas Pelibuey. Tropical and Subtropical Agroecosystems 22: 223-229.

Moaeen-ud-Din M, Ahmad N, Iqbal A, Abdullah M (2006). Evaluation of different formulas for weight estimation in Beetal, Teddi and crossbred (Beetal x Teddi) goats. The Journal of Animal & Plant Sciences 16: 74-78.

Mohammad MT, Rafeeq M, Bajwa M.A, Awan M.A, Abbas F, Waheed A, Bukhari FA, Akhtar P (2012). Prediction of body weight from body measurements using regression tree (RT) method for indigenous sheep breeds in Balochistan, Pakistan. The Journal of Animal & Plant Sciences 22: 20-24.

Oblakova M (2007). Weigth development and body configuration of turkey-broiler parents BIG-6. Trakia Journal of Science 5: 33-39.

Ogah DM (2011). Assessing size and conformation of the body of Nigerian indigenous Turkey. Slovak Journal Animal Science 44: 21-27.

Oguntunji AO (2017). Regression tree analysis for predicting body weight of Nigerian Muscovy Duck (*Cairina moschata*). Genetika 49: 743-753. https://doi.org/10.2298/GENSR1702743O

Rajendran R, Kumaravelu N, Pandian C, Premavalli K, Babu M (2012). Prediction of body weight in Beltsville small White adult Turkey. Indian Veterinary Journal 89: 107-108.

Ríos A, Román SI, Vélez A, Cabrera E, Cantú A, De la Cruz L, Duran M, Maldonado JA, Martínez FE, Martínez G, Ruíz FJ, Bagnato A, Vega VE (2016). Análisis de variables morfológicas de pavo de traspatio mexicanos (*Meleagris gallopavo gallopavo*). Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 7: 377-389.

Téguia A, Mafouo Ngandjou H, Defang H, Tchoumboue J (2008). Study of the live body weight and body characteristics of the African Muscovy duck (*Caraina moschata*). Tropical Animal Health and Production 40: 5-10. https://doi.org/10.1007/s11250-007-9030-4

Villamar AL, Guzmán VH (2007). Situación actual y perspectiva de la producción de carne de guajolote (pavo) en México 2006. Revista Claridades Agropecuarias 161: 3-37.

Wangchuk K, Wangdi J, Mindu M (2018). Comparison and reliabbility of techniques to estimate live cattle body weight. Journal of Applied Animal Reseach 46: 349-352. https://doi.org/10.1080/09712119.2017.1302876

Yakubu A (2011). Discriminant analysis of sexual dimorphism in morphological traits of African Muscovy ducks. Archivos de Zootecnia 60: 1115-1123.

Yakubu A (2012). Application of regression tree methodology in predicting the body weight of Uda sheep. Animal Science and Biotechnologies 45: 484-490.

(Aceptado para publicación el 14 de febrero de 2020)

Tendencias comerciales poscrisis en el mercado europeo de tomates

M.M. Capobianco-Uriarte*, J. De Pablo-Valenciano y J. Milán-García

Departamento de Economía y Empresa, Universidad de Almería, Calle Universidad de Almería s/n. 04120 La Cañada, Almería

Resumen

Este trabajo examina el comercio europeo de tomates a través de un sistema bidimensional de indicadores, para analizar los perfiles exportadores y las tendencias comerciales de los principales países proveedores. Se presenta una nueva propuesta metodológica para la visualización de resultados del análisis del desempeño exportador de los países productores-exportadores denominada "mapeo de países competidores". El mercado de tomates a nivel mundial se caracteriza por ser un mercado intrarregional donde los principales países participantes, tanto países exportadores como los países importadores, son miembros de algún Acuerdo Comercial Regional. Debido a la característica intrarregional del mercado de tomates, el desempeño exportador se analiza a través de los cambios de la competitividad exportadora y del equilibrio entre exportaciones e importaciones de la balanza comercial doméstica, utilizando el índice de ventaja comparativa revelada simétrico según el enfoque de la demanda específica y el índice de balance comercial. La combinación de los resultados de ambos índices en un sistema bidimensional permite identificar el perfil de los países proveedores en economías líderes, retadoras, seguidoras, emergentes, oportunistas o clientes potenciales, dentro de mercados específicos. Finalmente, al complementar el estudio con un análisis comparativo temporal (pre y poscrisis económica financiera 2007/08), el "mapeo de países competidores" brinda información relevante para obtener las tendencias comerciales de cada país participante, evidenciando posibles cambios de perfiles a corto o medio plazo.

Marruecos y España comparten un perfil exportador estable de líderes en el mercado europeo de tomates, siendo retados por los Países Bajos y seguidos por Bélgica e Italia, finalmente Francia se caracteriza con un perfil de economía emergente.

Palabras clave: Unión Europea, sistema de indicadores, ventaja comparativa revelada, enfoque de demanda específica, índice de balance comercial, mapeo de países competidores.

Post-crisis trade trends in the European tomato market

Abstract

This paper examines the European tomato trade through a two-dimensional system of indicators in order to analyse export profiles and trade trends of the main supplier countries. A new methodological proposal is presented for the visualisation of the results of the export performance analysis of producer-exporter countries called "competitor countries mapping". The global tomato market is characterised

* Autor para correspondencia: mercedescapobianco@ual.es

Cita del artículo: Capobianco-Uriarte MM, De Pablo-Valenciano J, Milán-García J (2020). Tendencias comerciales poscrisis en el mercado europeo de tomates. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 116(2): 161-183. https://doi.org/10.12706/itea.2019.023

by being an intra-regional market where the main participating countries, both exporting and importing countries, are members of some Regional Trade Agreement. Due to the intra-regional characteristic of the tomato market, export performance is analysed through changes in export competitiveness and the balance between exports and imports, using the index of the symmetric revealed comparative advantage according to the specific demand and trade balance index approach. The combination of both indices results in a two-dimensional system that makes possible the identification of the profile of the supplier countries as leading, challenging, follow-up, catching-up, opportunistic or potential clients, within specific markets. Finally, by complementing the study with a temporary comparative analysis (pre and post-economic-financial crisis 2007/08), the "competitor countries mapping" provides relevant information to obtain the trade trends of each participating country, evidencing possible profile changes in the short or medium term. Results show that Morocco and Spain share a stable export profile as leaders in the European tomato market, being challenged by the Netherlands and followed by Belgium and Italy. Moreover, France is characterised as an emerging economy profile.

Keywords: Revealed comparative advantage, specific demand approach, trade balance index, competitor countries mapping.

Introducción

En la actualidad, la comercialización de tomates en fresco representa un 21 % en volumen del sector hortícola mundial, siendo la hortaliza mayormente comercializada (COMTRADE, 2018). El mercado mundial del tomate se caracteriza por una intensa conexión entre países de una misma zona geográfica, caracterizándose como un comercio intrarregional (van Rijswick, 2018). Los principales flujos de exportación en el mercado internacional de tomates entre 2005 y 2016 muestran una estructura estable desde 2005 (Resource Trade Earth, 2018). Predominan dos grandes bloques comerciales en el intercambio mundial de este producto agrícola: la Unión Europea (UE28) y el Tratado de Libre Comercio de Norte América (TLCAN), siendo el primero el que cuenta con mayor peso en 2016: un 35,3 % en volume y un 45,1 % en valor. El bloque europeo es más abierto al mercado mundial de tomates que el mercado americano, importando extracomunitariamente un 15 % y exportando fuera de sus fronteras menos del 5 % del stock disponible en 2016.

En el mercado europeo destacan como proveedores intracomunitarios de tomates en fresco, Países Bajos y España, y como clientes Alemania, Francia, Reino Unido, Polonia y Suecia. Países Bajos, actua como reexpedidor junto a Bélgica y Francia, siendo países clave a nivel estratégico (De Pablo *et al.*, 2016). Italia, aunque destina la mayor parte de su producción de tomates a la industria de productos procesados, participa también como proveedor de tomates en fresco. Finalmente, como país proveedor extracomunitario de tomates sobresale Marruecos, con una situación preferente debido al Tratado de Libre Comercio con la UE28, en vigor desde 2010.

La motivación de este estudio se centra en que actualmente el mercado mundial de tomates está sufriendo cambios en distintos contextos geográficos. Las distorsiones en los Acuerdos Comerciales Regionales (ACR) del TLCAN o de la UE afectarán negativamente el comercio de hortalizas (Agrointeligencia, 2018). En el TLCAN, Estados Unidos (principal país importador de tomates a nivel mundial) está modificando sus políticas comerciales con sus socios (México y Canadá) y entablando guerras comerciales con China (principal productor de tomates a nivel mundial) y con la UE28 (principal área comercial de tomates). A su vez, en la UE28 el proceso del Brexit afectará negativamente el comercio europeo, especialmente por la importan-

cia del Reino Unido como segundo mercado importador regional de hortalizas (van Rijswick, 2018). Finalmente, se deben considerar las consecuencias recientes de la última crisis económica-financiera de 2007/08 en el mercado internacional de bienes y servicios. La misma sacudió la economía mundial y produjo en 2009 una recesión mundial que dio lugar a la mayor contracción del comercio mundial en más de 70 años (Organización Mundial del Comercio – OMC, 2014). La tasa de crecimiento del comercio ya se venía desacelerado, del 6,4 % en 2007 al 2,1 % en 2008, pero la contracción del 12,2 % de 2009 no tiene precedente en la historia económica reciente. Debido a las distorsiones de mercado observadas en el mercado del tomate a nivel internacional y europeo, y junto a la última crisis económica financiera mundial, se hace necesario un análisis de la evolución del desempeño exportador de las economías partícipes del mercado europeo de este producto agrícola por su relevancia en el comercio internacional.

Este trabajo tiene como objetivo mostrar los cambios poscrisis del perfil exportador y determinar las tendencias comerciales de los países proveedores de tomates en el mercado europeo a través de un "mapeo de países competidores", derivado de la herramienta analítica denominada "mapeo de productos" de Widodo (2008). Esta metodología innovadora permite categorizar a cada país proveedor en distintos grupos de economías según el perfil exportador desempeñado en el mercado objetivo (exportadoras líderes, retadoras, seguidoras, de oportunidad, emergentes, o clientes potenciales), mediante un sistema bidimensional de dos indicadores, el índice de Ventaja Comparativa Revelada Simétrica a través del enfoque de la demanda específica (VCRS4) y el índice de Balance Comercial (IBC). Esta categorización se complementará con un análisis de la evolución temporal del mapeo de países competidores en dos sexenios consecutivos (2005-2010 y 2011-2016). De esta forma se podrá observar el cambio de los perfiles exportadores de los países y la influencia que ha tenido la última crisis económica-financiera global 2007/08, permitiendo conocer las tendencias comerciales poscrisis de dichos países dentro del mercado europeo de tomates.

El "mapeo de países competidores" constituye un sistema de indicadores del tipo matricial bidimensional que aporta información adicional a la obtenida a través del análisis aislado de cada indicador. Tal y como señalan Capobianco-Uriarte *et al.* (2017) en su trabajo sobre la competitividad española en el mercado europeo de tomates a través de la metodologia de cuota de mercado constante (CMC), aunque los estudios sobre indicadores de competitividad exportadora son numerosos en la literatura económica, la mayoría de ellos analiza indicadores de forma aislada y no complementaria. Dichos autores introducen la importancia de diseñar un "sistema de indicadores de competitividad exportadora formado con indicadores complementarios entre sí", sin rivalizar sobre cuál de ellos es el mejor. Ya que cada indicador presenta un enfoque distinto de la competitividad de un producto en un mercado específico, el sistema brinda un panorama más amplio de la situación analizada que la resultante de la aplicación de cada índice por separado, logrando un "panorama integral de la competitividad exportadora de un país determinado en un mercado objetivo". De este modo, el presente trabajo continua con el iniciado por Capobianco-Uriarte *et al.* (2017), ofreciendo conocimiento de los perfiles exportadores de los países proveedores junto a sus tendencias comerciales, obtenido a través del sistema de indicadores que brinda información complementaria que puede ser relevante para la orientación en la toma de decisiones de los responsables de políticas comerciales gubernamentales u otros organismos no estatales, especialmente

en la selección de las estrategias competitivas que permitan mantener, reforzar o mejorar la posición de sus productos en los mercados objetivos (Porter, 1990).

Este estudio comenzará con la presentación de los materiales utilizados, describiendo la base de datos empleada en este estudio, la identificación y selección de los principales países proveedores del mercado objetivo y la elección de los períodos para el estudio de la influencia de la crisis económica financiera, junto al panorama productivo y comercial del mercado europeo de tomates. A continuación, se describirá detalladamente la metodología implementada de "mapeo de países competidores". En la sección de resultados se presentarán los valores de ambos indicadores obtenidos (VCRS4 e IBC) para cada país proveedor analizado en el periodo 2005-2016 y la comparación de los sexenios 2005-2010 y 2011-2016 a través de la herramienta analítica de "mapeo de países competidores". Posteriormente, se discutirán los resultados obtenidos del sistema bidimensional de indicadores y su implicación en el cambio de perfiles exportadores observados. Finalmente, y como conclusión, se proporcionará un breve resumen sobre discusión de los resultados obtenidos, y por último se identificarán las líneas futuras de investigación derivadas.

Material y métodos

Bases de datos utilizadas

Para llevar a cabo este estudio del comercio europeo de tomates se utilizó información de la división estadística de la Organización de Naciones Unidas (COMTRADE, 2018) a través del código arancelario del sistema armonizado 070200 (Vegetables; tomatoes, fresh or chilled). En este trabajo sólo se consideraron los datos de las exportaciones, en términos de valor y FOB (libre a bordo), a fin de evitar la asimetría bilateral presente en los datos oficiales del comercio de mercaderías. Los datos estadísticos comerciales, como cualquier fuente de información, no están libres de errores y omisiones. Específicamente en las estadísticas comerciales de COMTRADE, según expone Javorsek (2016), la mayoría de los países incluyen a las reexportaciones como importaciones. Además, las transacciones pueden registrarse en diferentes periodos de tiempo como resultado de la tardanza en los envíos de mercancía entre países y las fluctuaciones del tipo de cambio no siempre se registran correctamente.

Identificación y selección de los principales países proveedores del mercado objetivo

La identificación de los principales países proveedores (exportadores) del mercado objetivo (mercado europeo de tomates) se realizó a través de la herramienta Resource Trade Earth (2018), basada en datos de la unidad de análisis de comercio internacional de COMTRADE (2018). Esta herramienta explora la dinámica de la rápida evolución del comercio internacional de recursos naturales, las implicaciones de sostenibilidad de dicho comercio y las interdependencias relacionadas que surgen entre países y regiones importadores y exportadores. Se seleccionaron los países intra y extracomunitarios que destacan en el comercio europeo de tomates y pertenecen a algún tipo de ACR suscripto en la OMC. La identificación de los ACR suscriptos en la OMC, se llevó a cabo con la información proporcionada a través del Portal Integrado de Información Comercial de la OMC (2018), donde las partes formantes de un ACR notifican el tipo de acuerdo comercial constituido (unión aduanera, acuerdo de libre comercio, acuerdo de alcance parcial o acuerdo de integración económica). Las economías seleccionadas para el estudio que destacan en el mercado europeo de tomates como pro-

veedores estan enmarcadas dentro de dos ACR, entre Estados Miembros de la UE28 y Marruecos con la UE28. En el marco del ACR de Marruecos con la UE28, el tomate es unos de los productos beneficiados directamente, pero limitado a contingentes y precio de entrada en determinadas fechas (Comité Económico y Social Europeo, 2014). No se incluyen en el estudio las relaciones comerciales de Turquía e Israel en el mercado europeo de tomates, debido a que no existen ACR registrados ante la OMC que incluyan este ítem, presentando países flujos comerciales esporádicos y de baja intensidad (menores al 2 % de la cuota de mercado europeo) entre 2005 y 2016. El grupo de países proveedores del mercado europeo a categorizar a través del sistema bidimensional estará formado intracomunitariamente por España, Países Bajos, Francia, Bélgica e Italia, y Marruecos, como único proveedor extracomunitario.

Elección de los períodos para el estudio de la influencia de la crisis económica financiera 2007/08

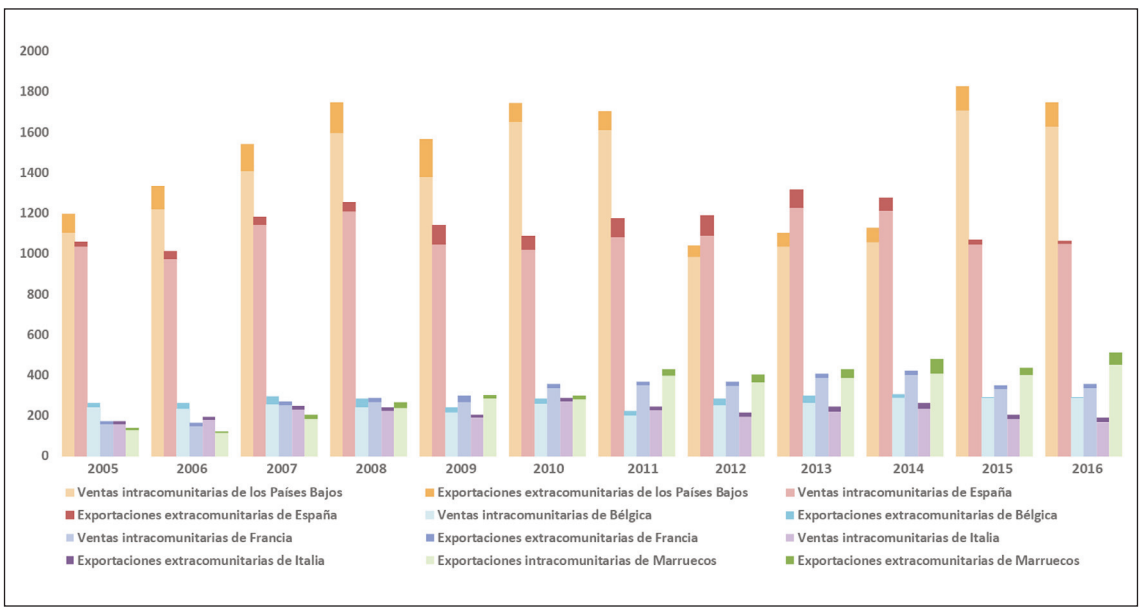
En el análisis de la influencia de la crisis económica-financiera global de 2007/08 en el mercado europeo de tomates se tuvo en consideración que la misma afectó negativamente al comercio internacional de bienes y servicios con un desfase temporal de un año aproximadamente. El efecto negativo en el mercado internacional se observó en 2009, con un efecto de "rebote" positivo en 2010. Con el fin de compensar el efecto negativo con el efecto de rebote positivo, y tomar periodos temporales de igual duración, en este estudio longitudinal comprendido entre 2005 y 2016, se analizará el sistema de indicadores en dos sexenios consecutivos, abarcando el periodo precrisis desde 2005 hasta 2010 y el poscrisis desde 2011 hasta 2016. Los resultados de este estudio pueden estar afectados por la delimitacion temporal adoptada. En los periodos de interés de este estudio sobre el mercado europeo de tomates, se debe tener en cuenta que en 2007 (periodo precrisis) se incorporaron como categoría de Estados Miembros, dos nuevos países a la UE25, Bulgaria y Rumania, formando la UE27, y finalmente en 2013 (periodo poscrisis) se anexó Croacia constituyendo la UE28.

Panorama productivo y comercial del mercado europeo de tomates

Italia es el mayor productor europeo, en términos de volumen, y junto a una disminución de la superficie cosechada, presenta los valores de rendimiento más bajos en el conjunto de países proveedores de tomates dentro de la UE28, sin alcanzar las 62 [Tn/ha] en 2016. España, como segundo productor en importancia en la UE28, muestra una tendencia oscilante desde 2005, cuyo máximo histórico productivo se ubicó en 2014 con 4,8 miles [Tn]. Su superficie cosechada también ha disminuido y presenta un rendimiento superior al italiano, alcanzando las 80 [Tn/ha]. Países Bajos no destaca entre los mayores productores europeos, pero presenta una leve tendencia alcista en su producción, debido tanto a un aumento en la superficie cosechada como de su rendimiento, compartiendo el liderazgo en productividad europea junto a Bélgica, con casi 507 [Tn/ha] en 2016. Francia y Bélgica muestran los valores menos significativos en la producción europea de países proveedores intracomunitarios de tomates. En ambos países, la superficie cosechada ha disminuido, pero han registrado un aumento en sus rendimientos. Actualmente Francia presenta valores medios en rendimiento, llegando a 186 [Tn/ha]. Finalmente, Marruecos, presenta un leve aumento en su producción debido fundamentalmente a un aumento progresivo de su rendimiento superando las 80 [Tn/ha], con valores similares al rendimiento español.

FreshPlaza (2018) manifiesta que el mercado europeo de tomates está disminuyendo paulatinamente la superficie de cultivo simultáneamente a un aumento del rendimiento, y se prevé que la producción de tomate se mantenga estable. La Federación Española de Asociaciones de Productores Exportadores de Frutas, Hortalizas, Flores y Plantas vivas (FEPEX, 2019) presenta el informe sobre perspectivas a corto plazo para los mercados agrícolas realizado por la Comisión Europea y manifiesta la globalización asimétrica del mercado europeo de tomates. Las importaciones de tomate de la Unión Europa han crecido un 16,8 % en los últimos cinco años y, por el contrario, las exportaciones comunitarias han disminuido un 35 % que la media de los últimos cinco años.

La Figura 1 muestra la evolución de las exportaciones de los principales países proveedores de tomates con una cuota en el mercado europeo superior al 2 %. Además, estos seis países comparten una característica en común, todos tienen como mercado destino principal de sus ventas o exportaciones de tomates a la UE28, superando el 85 %. Países Bajos, destaca como principal exportador europeo y segundo exportador a nivel mundial, debido a la re-exportación de productos no producidos en territorio neerlandés. Actualmente, España es el segundo productor y exportador europeo, entre 2012-2014 fue líder en ventas de tomates intracomunitariamente, recuperando el liderazgo los Países Bajos a partir de 2015. En 2016, las ventas intracomunitarias de ambos países representan



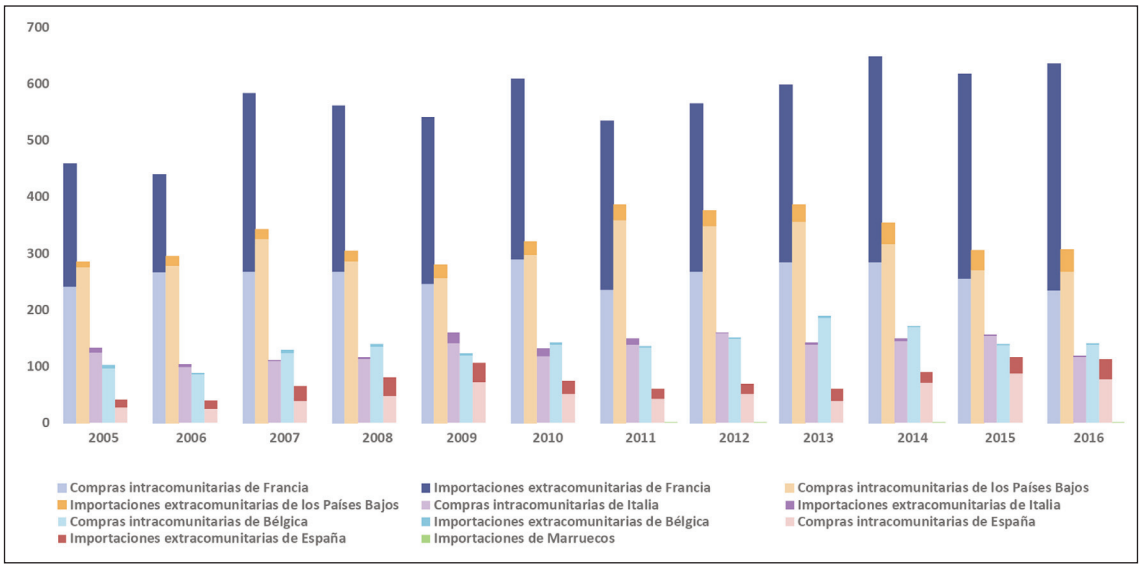
Fuente: elaboración propia con datos de COMTRADE (2018).

Figura 1. Evolución de las exportaciones [millones dólares] de los principales países proveedores de tomates al mercado de la UE28 (2005-2016).

Figure 1. Exports evolution [millions of dollars] of the main tomato supplier countries to the EU28 market (2005-2016).

casi las dos terceras partes del mercado europeo de tomates. El tercio restante de mercado europeo procede de ventas intracomunitarias procedentes de Bélgica, Francia e Italia, junto a importaciones extracomunitarias desde Marruecos. Desde 2005, las exportaciones de tomates marroquíes han crecido significativamente, duplicando 2,56 veces su cuota en el mercado europeo.

En el caso de las compras intracomunitarias y/o importaciones por parte de los proveedores de tomates del mercado europeo, Países Bajos lidera las compras intracomunitarias a otros países europeos, seguido por Francia. Aunque Francia destaca principalmente por sus importaciones extracomunitarias procedentes de Marruecos, representando más del 65 % del total de tomates adquiridos. Italia y Bélgica presentan valores similares de compras intracomunitarias y finalmente España, es el proveedor con los niveles más bajos de compra intracomunitaria e importaciones. Marruecos presenta valores insignificantes en importación de tomates (Figura 2).



Fuente: elaboración propia con datos de COMTRADE (2018).

Figura 2. Evolución de las importaciones [millones dólares] de los principales países proveedores de tomates al mercado de la UE28 (2005-2016).
Figure 2. Imports evolution [millions of dollars] of the main tomato supplier countries to the EU28 market (2005-2016).

Metodología de Mapeo de países competidores

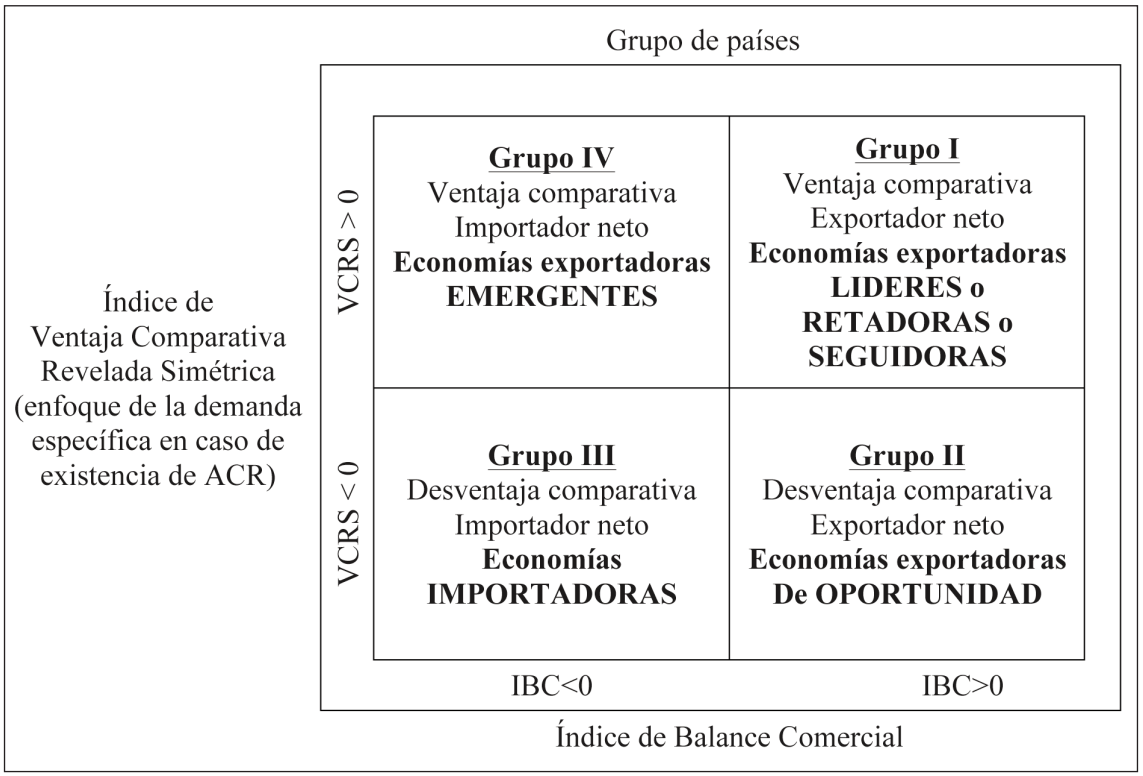
El "mapeo de países competidores" es una representación matricial que muestra los distintos roles comerciales desempeñados por los países proveedores de un producto a un mercado objetivo, junto a una representación vectorial temporal que permite visualizar sus tendencias comerciales a corto y medio plazo. Esta metodología de mapeo de países competidores utiliza indicadores del balance comercial doméstico y de la competitividad internacional de una economía, igualmente a los

implementados en el "mapeo de productos" de Widodo (2008). Este "mapeo de países competidores" se diferencia del "mapeo de productos" porque en vez de categorizar los distintos productos exportados por una economía, identifica el perfil exportador de los distintos países proveedores de un producto específico en un mercado objetivo.

Widodo (2009) argumentó que hay dos puntos de vista para explicar el desempeño exportador de una economía. En primer lugar, desde el punto de vista doméstico, es decir, la balanza comercial nacional y, en segundo lugar, desde el punto de vista de la competencia internacional, liderando con los productos exportados que tienen alta ventaja comparativa en el mercado internacional. Widodo unificó ambos puntos de vista a través de la herramienta de análisis "mapeo de productos", utilizando como indicador para representar el equilibrio comercial interno al índice de Balance Comercial a través de datos que reflejan las actividades de exportación-importación y como indicador para representar la competitividad internacional al índice de Ventaja Comparativa Revelada. Este mapeo de productos muestra cuatro grupos distintos de productos intercambiados por una economía. Dos de los cuatro grupos corresponden a las constelaciones más intuitivas (Oelgemöller, 2013). En los sectores con ventajas comparativas, debe haber un excedente de exportación, mientras que, en los sectores con desventajas comparativas, las exportaciones deben desempeñar un papel menor. Los otros dos grupos, donde generalmente se identifican pocos productos o sectores productivos, son contrarios a la intuición (Widodo, 2008). La posición en estos cuadrantes realmente puede corresponder a situaciones económicas relativas a la oferta y demanda nacional, justificando por ejemplo que una economía con ventajas competitivas en cierto producto pueda sin embargo necesitar importaciones para satisfacer la demanda interna si los recursos disponibles para la producción son insuficientes. Este grupo que presenta niveles de competitividad relativamente altos, pero con un rendimiento de las exportaciones deficiente, ofrece potencial para un mayor desarrollo de la fortaleza económica, expandiendo su rendimiento de exportación, debido a las ventajas comparativas que presentan. Widodo (2009) utilizó la combinación de ambos índices para analizar la exportación productos en los países de la Asociación de Naciones del Sudeste Asiático (ASEAN) entre 1985 y 2005. Sus resultados mostraron que cuanto mayor sea la ventaja comparativa para un producto en particular, mayor serán las posibilidades del país para convertirse en una economía exportadora neta, lo que significa que existe una relación positiva entre la ventaja comparativa y la balanza comercial. A partir del trabajo de Widodo (2009), esta metodología ha cobrado importancia a través de diversos trabajos científicos que han aplicado la herramienta de mapeo de productos para analizar productos pertenecientes a distintos sectores productivos exportadores de interés para una economía (Shohibul, 2013; Oelgemöller, 2013; Agustin *et al.*, 2014; Svatoš *et al.*, 2014; Topçu y Sümerli, 2015).

El "mapeo de países competidores" consiste en la división del plano en cuadrantes coincidentes con ejes cartesianos en dos dimensiones, permitiendo identificar distintos perfiles para los países analizados según los signos de los valores obtenidos en cada indicador del sistema (Tabla 1). El eje de abscisas corresponde al índice de Balance Comercial formulado por Lafay (1992) como indicador de las actividades de exportación-importación, coincidiendo con la selección de Widodo (2008). El eje de ordenadas también se corresponde con un índice del tipo Ventaja Comparativa Revelada, pero la selección de este índice dependerá de las características del bloque comercial o mercado objetivo a analizar, pu-

Tabla 1. Estructura del sistema bidimensional en el mapeo de países competidores.
Table 1. Two-dimensional system structure for competitor countries mapping.



Fuente: elaboración propia adaptada del "mapeo de productos" de Widodo (2009).

diéndose seleccionar entre un índice de VCR con enfoque de demanda general o específica, teniendo en cuenta la ausencia o presencia de ACR dentro del área de comercialización de dicho producto, según sea un mercado intrarregional, interregional o multirregional.

En el caso particular del mercado europeo de tomates, se propone para obtener el mapeo de países competidores, el uso del enfoque de demanda específica para medir el grado de ventaja comparativa revelada. Esta elección para analizar la competitividad exportadora de los países que proveen al mercado europeo se basa en la característica interregional de dicho mercado, ya que dicho mercado constituye el mercado natural de destino, regulado a través de un ACR. Se seleccionó como índice de Ventaja Comparativa Revelada para el análisis de un producto determinado (k) de un país (i) en un mercado específico (j) (Durán Lima y Alvarez, 2008), correspondiente al enfoque de la demanda específica (VCR4) según la clasificación de presentada por Capobianco-Uriarte y De Pablo (2017):

$$VCR4_{ij}^{k} = \frac{X_{i,j}^{k} \Big/ X_{i,j}^{T}}{X_{W}^{k} \Big/ X_{W}^{T}} \quad (1)$$

Donde $X^k_{i,j}$ son las exportaciones de tomates (k) por parte del país proveedor (i) hacia el mercado (j) europeo; $X^T_{i,j}$ son las exportaciones de todos los productos (T) por parte por parte del país (i) hacia el mercado (j); X^k_w son las exportaciones de tomates a nivel mundial (W) y X^t_w son las exportaciones de todos los productos (T) a nivel mundial (W). En forma general, los valores del índice VCR4 varían $0 \leq VCR4^k_{ij} \leq \infty$.

$VCR4^k_{ij} > 1$ significa que el país (i) tiene una ventaja comparativa en el mercado (j).

$VCR4^k_{ij} < 1$ implica que el país (i) tiene una desventaja comparativa en mercado (j).

El índice de VCR original de Balassa (1965) ha sido criticado por su imposibilidad de comparabilidad a través del tiempo y el espacio, originada por su asimetría y su imposibilidad de derivar teóricamente su distribución (Hinloopen y Van Marrewijk, 2001). Su asimetría se debe a que el rango del índice VCR va desde 0 hasta ∞, con el punto neutral de ventaja comparativa en 1. Para solucionar este problema de asimetría, Dalum *et al.* (1998) propuso una transformación que denominó VCR Simétrica (VCRS), para que el rango de VCRS variara entre –1 y +1, con el punto de ventaja comparativa neutral en 0 (donde VCRS = 0). El índice VCRS es una simple transformación monótona decreciente del índice de VCR original de Balassa (1965). En este estudio para salvar las desventajas de la asimetría del índice VCR4 se utilizó el índice de VCR4 Simétrico (VCRS4) aplicando la transformación de Dalum *et al.* (1998), que se formula de la siguiente manera:

$$VCRS4^k_{ij} = \frac{VCR4^k_{ij} - 1}{VCR4^k_{ij} + 1} \qquad (2)$$

Durán Lima y Alvarez (2008) recomiendan la utilización de la siguiente escala para una interpretación más exhaustiva del índice de VCRS en un mercado objetivo (j):

$0{,}33 \leq VCRS4^k_{ij} \leq 1$ indica que existe ventaja competitiva para el país (i).

$-0{,}33 \leq VCRS4^k_{ij} \leq -1$ existe desventaja para el país (i), es decir no posee ventaja competitiva.

$-0{,}33 \leq VCRS4^k_{ij} \leq 0{,}33$ existe tendencia hacia un comercio intra-producto, es decir, a intercambiar productos del mismo grupo sectorial.

El otro índice utilizado en este sistema de indicadores matricial bidimensional es el índice IBC (Lafay, 1992). Este índice IBC se emplea para analizar si un país es exportador neto o importador neto, para un producto específico (k). El IBC se formula de la siguiente manera:

$$IBC^k_i = \frac{X^k_i - M^k_i}{X^k_i + M^k_i} \qquad (3)$$

donde IBC^k_i denota el índice de la balanza comercial del país (i) de tomates (k); X^k_i representan las exportaciones de tomates (k) desde el país (i) y M^k_i representan las importaciones de tomates (k) del país (i). Los valores del índice IBC^k_i pueden variar de $-1 \leq IBC^k_i \leq 1$. En un extremo del rango, si $IBC^k_i = -1$, se ubica un país que solo importa, en contraste, si $IBC^k_i = 1$, el país solo exporta. De hecho, el índice es indeterminado cuando un país no exporta ni importa un producto determinado, en este caso, se define con valor 0. Cualquier valor dentro del intervalo (–1,1) implica que el país exporta e importa un producto simultáneamente. Se hace referencia a un país como "importador neto" en un grupo específico de productos donde el valor de índice $IBC^k_i < 0$, y como "exportador neto" cuando $IBC^k_i > 0$.

Como se observa en la Tabla 1, los ejes cartesianos determinan cuatro cuadrantes coincidentes con cuatro perfiles de países proveedores que pueden coexistir en un mercado objetivo. El Grupo I (GI) está formado por economías exportadoras cuyos valores en ambos índices, tanto en IBC como en VCRS4,

son positivos. En cambio, el Grupo III (GIII) estará formado por economías importadoras cuyos valores en ambos índices son negativos. Finalmente, los otros dos grupos, Grupo II (GII) y Grupo IV (GIV), están formados por economías exportadoras donde los signos de los valores en los índices del sistema son opuestos. Con analogía a la teoría de las estrategias competitivas de Kotler y Keller (2012), el perfil de los países posicionados en el GI se corresponde a economías exportadoras líderes o retadoras o seguidoras. Debido a la existencia de esta tricotomía en el GI, se hace necesario definir una categoría especial denominada G0, exclusivamente para las economías exportadoras que presentan altos valores cercanos a la unidad dentro del primer cuartil ($k \geq 0,75$) en ambos indicadores, haciendo referencia a las **economías líderes** en el mercado objetivo. En el grupo G0 se ubican las economías que presentan los mayores valores en índices de competitividad dentro de su mercado regional y generalmente los mayores valores en cuota de mercado, aunque no es imprescindible. Las economías exportadoras líderes, deben mantener su posición e incluso reforzarla, a través de determinadas estrategias competitivas. Las economías exportadoras del GI que no se incluyen en la categoría especial de economías líderes, con valores de índices en competitividad internacional y balance comercial positivos ubicadas en el rango $0,5 \leq k < 0,75$ (dentro del segundo cuartil), su perfil corresponde a **economías retadoras**, generalmente presentan cuotas de mercado menores que las economías líderes. Estas economías retadoras presentan posibilidades, a corto o medio plazo, de disputar la primera posición al/las economía/s líder/es. La economía retadora tendrá un doble objetivo, tratar de mejorar su posición para acercarse al líder y ocupar su posición y mantenerse alejados de las economías seguidoras, para que ninguna de ellas pueda arrebatar la posición de retadora. Finalmente, en el GI existe un tercer perfil de economías exportadoras denominado **economías seguidoras**, que agrupa aquellos países que sin ser líderes ni retadores presentan valores positivos dentro del rango $k < 0,5$ (dentro del tercer y cuarto cuartil). El GII está constituido por economías exportadoras que, aunque no destacan en cuanto a cuota de mercado (aunque tengan valores positivos de IBC) y presentan índices de competitividad negativos, aprovechan oportunidades de mercado para colocar sus productos, por lo que se categorizan como **economías de oportunidad**. El GIII aglutina a las economías importadoras netas, con valores negativos de IBC, estas economías tampoco destacan en competitividad (valores negativos de VCRS4) ni aprovechan oportunidades de mercado para colocar sus productos, relegándose a la categoría de **economías clientes potenciales** del resto de las economías exportadoras (GI, GII y GIV). Finalmente, el GIV se caracteriza por agrupar a economías exportadoras que se denominan **economías emergentes**, aunque presentan índices de competitividad positivos aceptables, no han dado el gran salto a los mercados internacionales, presentando valores negativos de IBC. Son economías en proceso de convergencia, con un gran potencial a transformarse en economías del grupo GI.

Este estudio de investigación tiene como contribución significativa, la evolución temporal del sistema de indicadores en forma vectorial. Este tipo de representación tiene la ventaja de mostrar los valores de los indicadores junto con la direccionalidad temporal de los cambios de perfiles observados en los países proveedores. Es decir, como punto origen del vector se toma al par de valores de índices en el periodo t_1, y como punto final del vector se toma al par de valores de índices en el periodo t_2. La intensidad de los cambios del perfil exportador de las economías analizadas se puede evidenciar a través de la magnitud del vector formado con los valores promedios en cada sexenio (pre y poscrisis)

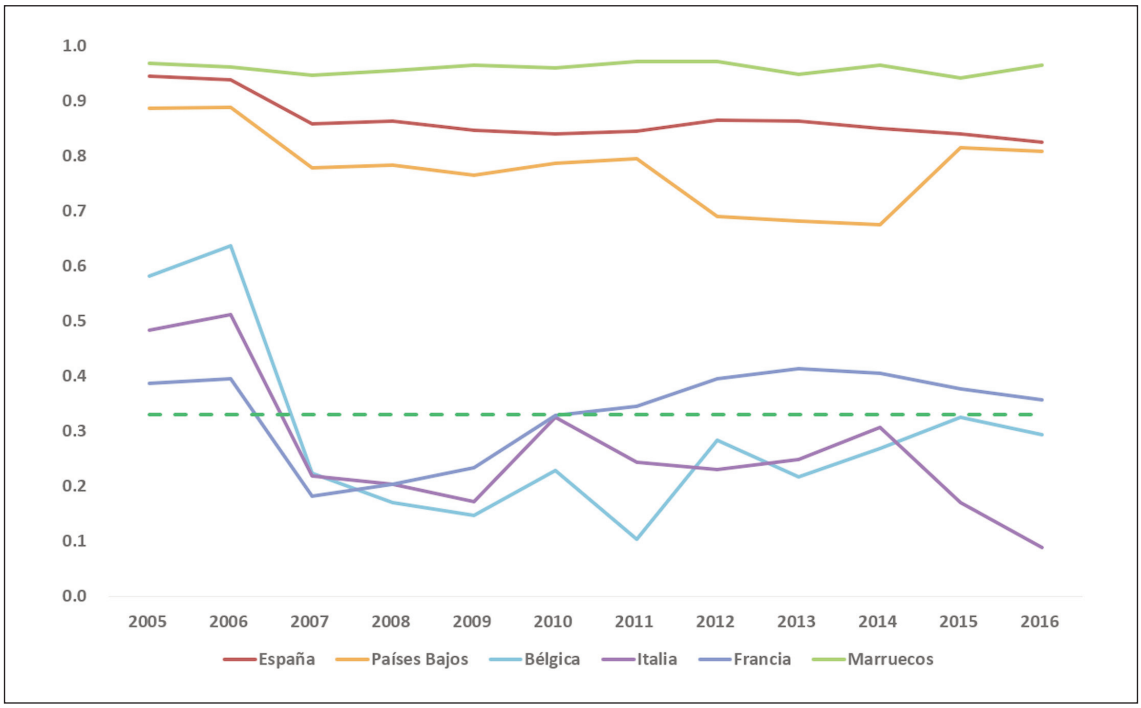
de los indicadores. Además, esta representación facilita la interpretación de los resultados y ofrece información complementaria a la evolución de cada competidor en el mercado objetivo, a través de la dirección y sentido del vector, esta información adicional muestra las tendencias comerciales de los países proveedores a corto y medio plazo.

Resultados

Inicialmente se analizarán los indicadores seleccionados en forma aislada (VCRS4 e IBC) y posteriormente se presentan los resultados de los mismos indicadores formando el sistema bidimensional integrado en el "mapeo de países competidores".

Análisis de la evolución del índice de Ventaja Comparativa Revelada según el enfoque de demanda específica (VCRS4)

Los seis países proveedores del mercado europeo de tomates presentan valores positivos de competitividad en el periodo completo analizado 2005-2016, observándose dos grupos de países que comparten comportamientos y rangos de VCRS4 similares (Figura 3). La tríada de países que destacan por valores altos de VCRS4, superando con creces el umbral indicador de que un país posee ventaja competitiva en un mercado objetivo (VCRS4 > 0,33), está compuesta por Marruecos, España y Países Bajos. En cambio, el conjunto de países formado por Bélgica, Italia y Francia, presentan valores de competitividad más cercanos al umbral de ventaja competitiva.



Fuente: elaboración propia con datos de COMTRADE (2018).

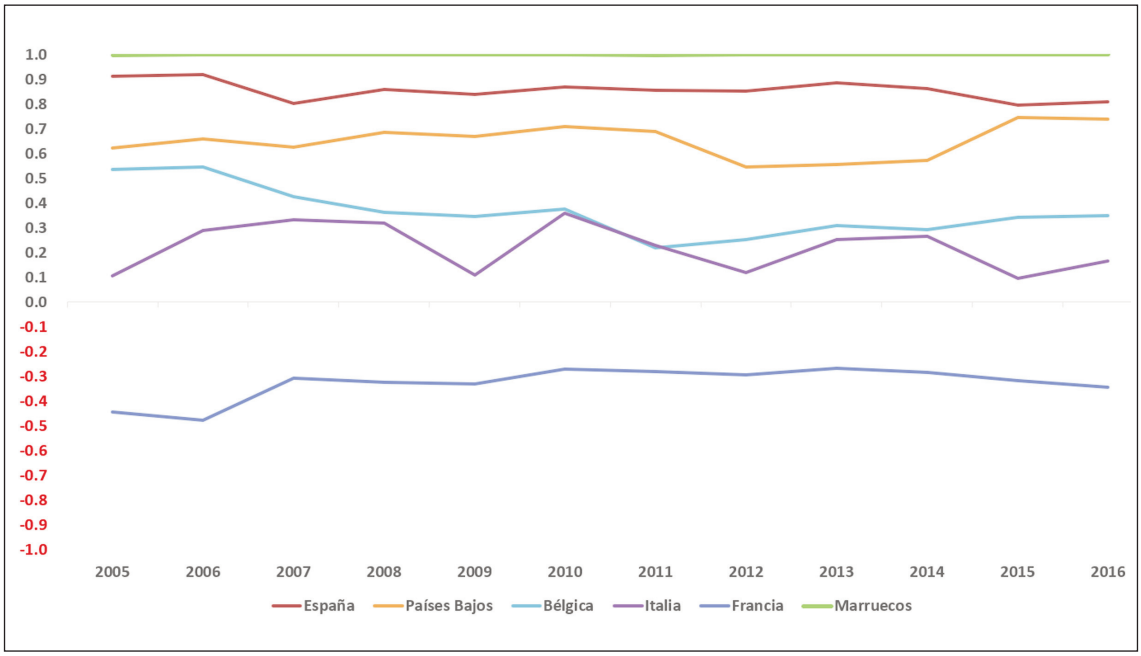
Figura 3. Evolución de VCRS4 en los países que destacan en el mercado europeo de tomates (2005-2016).
Figure 3. SRCA4 evolution of the main tomato supplier countries to the EU28 market (2005-2016).

En el mercado europeo, la crisis económica financiera de 2007/08, afectó negativamente en su VCRS4 a la mayoría de sus Estados miembros de la UE28 proveedores de tomates. España y Países Bajos no presentaron pérdidas significativas en su competitividad exportadora. Sin embargo, Bélgica, Italia y Francia, presentaron pérdidas de competitividad significativas, incluso sus niveles de VCRS4 descendieron por debajo del umbral de competitividad (VCRS4 < 0,33). En el caso de Países Bajos, su competitividad se vio nuevamente afectada en forma negativa a partir de 2011, recuperándose a partir de 2014, pero sin llegar a los valores iniciales 2005-2006. Francia es la única economía que muestra un aumento significativo de su competitividad en el mercado europeo durante el periodo poscrisis, superando levemente sus valores iniciales de competitividad de 2005-2006. Italia, es el país proveedor intracomunitario más afectado en su desempeño exportador de tomates en el mercado europeo tras la crisis, sin ningún tipo de recuperación de su ventaja competitiva, incluso actualmente presenta valores cercanos a la a la inflexión de valores negativos. Bélgica al inicio del periodo precrisis presentaba valores que casi duplicaban el umbral de ventaja competitiva que evidenciando que este país presentaba ventaja competitiva, pero tras la crisis se observó una significativa pérdida de competitividad, con valores inferiores al umbral de competitividad, indicando una tendencia al comercio intra-producto, pero a diferencia de Italia, actualmente presenta valores cercanos al umbral de ventaja competitiva.

Marruecos, incluido en el análisis como país proveedor extracomunitario al mercado europeo, con un Tratado de Libre Comercio con la UE28, apenas resultó afectado su valor de VCRS4, recuperándose inmediatamente y continuando con una leve ganancia de competitividad hasta 2012. Marruecos presenta los mayores valores de desempeño exportador en el mercado europeo, incluso superando a los países proveedores intracomunitarios, Estados miembros de la UE28. Los índices superiores de VCRS4 de Marruecos se debe a que el tomate es el producto estrella en las exportaciones marroquíes en total, incluyendo las exportaciones agroalimentarias. En cambio, en el resto de los países miembros de la UE28, el tomate es un producto más dentro de una amplia cartera de productos exportados.

Análisis de la evolución del índice de Balance Comercial

El análisis del IBC realizado en el grupo de los países proveedores del mercado europeo de tomates, cinco de ellos presentan valores positivos en su balanza comercial doméstica durante el periodo completo analizado (2005-2016). Solamente Francia es el único proveedor con valores negativos en su balanza comercial en tomates. En el rango de valores IBC > 0 se observan tres grupos de países que comparten comportamientos y rangos de IBC similares (Figura 4). Marruecos es el país que muestra los máximos valores de IBC (IBC = 1) debido a que en su volumen de importación en tomates es casi insignificante (Figura 2). Aunque España y Países Bajos presentan actualmente valores que oscilan en el rango de 0,7 < IBC < 0,8, ambos países están convergiendo a este rango por comportamientos diferentes. Las importaciones españolas de tomates han ido aumentando paulatinamente desde 2005, especialmente las extracomunitarias procedentes de Marruecos (Figura 2), y las exportaciones españolas han descendido desde 2012 (Figura 1). En cambio, Países Bajos ha disminuido significativamente el volumen de tomates importados (Figura 2) a favor del aumento de su producción debido al incremento de su productividad. El tercer grupo de países está compuesto por Bélgica e Italia. Ambos presentan valores positivos en



Fuente: elaboración propia con datos de COMTRADE (2018).

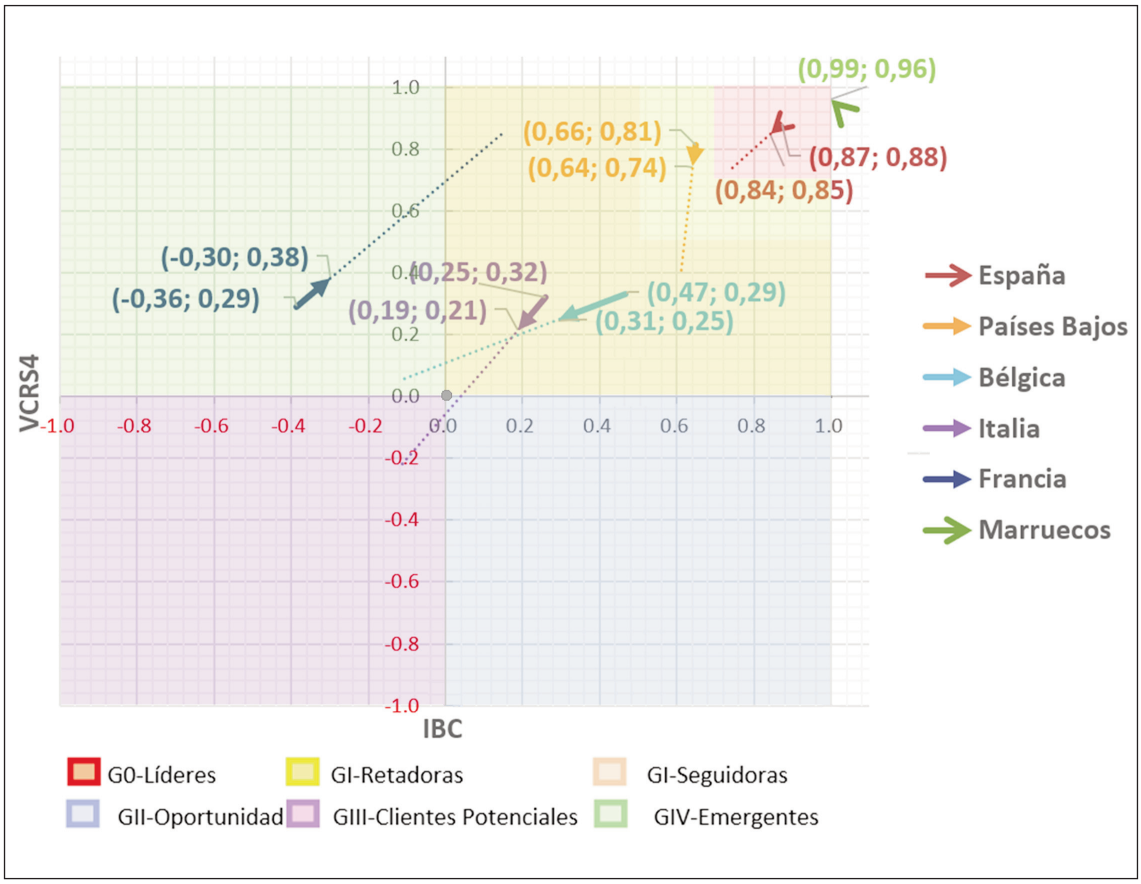
Figura 4. Evolución de IBC en los países que destacan en el mercado europeo de tomates (2005-2016)..
Figure 4. TBI evolution of the main tomato supplier countries to the EU28 market (2005-2016).

sus balanzas comerciales, pero sin elevado predomino de las exportaciones, con valores que oscilan en el rango de 0,1 < IBC < 0,35. Italia presenta un comportamiento oscilante, en cambio Bélgica ha aumentado sus importaciones significativamente.

Mapeo de países competidores con la comparación temporal pre-poscrisis

En el mapeo de países competidores del mercado europeo de tomates (Figura 5), los países proveedores se posicionan en tres grupos diferenciados. España y Marruecos se encuentran en la región G0, ambas son economías exportadoras líderes en el comercio europeo de tomates. Aunque generalmente solo un país podría posicionarse como líder en un mercado objetivo, en el caso del mercado europeo con proveedores intracomunitarios y extracomunitarios, el liderazgo puede ser compartido. España y Marruecos, pertenecientes a ACR diferentes, comparten ese liderazgo de mercado en la UE28, destacando España como líder intracomunitario y Marruecos como líder extracomunitario. Marruecos es el país que presenta la mejor posición de mercado, presentando los mejores valores en este sistema bidimensional de indicadores, sin embargo, su cuota de mercado en 2016 apenas supera el 10 % en el mercado europeo. En cambio, España, aunque presenta valores inferiores a Marruecos, su cuota de mercado en 2016 casi representa el 25 % del mercado europeo. En el cuadrante GI se posicionan Países Bajos, Bélgica e Italia, todas pertenecientes a la UE28. En la UE28, Países Bajos se encuentra muy cercano al grupo de economías líderes caracterizán-

dose como una economía retadora. En la región de economías seguidoras se encuentran Bélgica e Italia. En el cuadrante GIV, que agrupa a economías exportadoras emergentes, destaca Francia de la UE28. Si se tiene en cuenta la evolución temporal de los indicadores en cada economía analizada, al observa la magnitud de los vectores, Bélgica es el país que se caracteriza con el mayor cambio en el perfil exportador, Francia e Italia muestra magnitudes similares de cambio de perfil. Países Bajos muestra un cambio leve en su perfil. Finalmente, España y Marruecos presentan estabilidad en sus respectivos perfiles, con magnitudes mínimas de escala en sus vectores temporales, graficados solamente una flecha para indicar direccionalidad del cambio de perfil.



Fuente: elaboración propia con datos de COMTRADE (2018).

Figura 5. Perfiles exportadores y tendencias comerciales a través del "mapeo de países competidores" en el mercado europeo de tomates (2005-2016).

Figure 5. Export profiles and trade trends through "competitor countries mapping" in the European tomato market (2005-2016).

No solo interesa la posición de mercado de cada uno de los países que destacan en el mercado europeo de tomates, sino también las tendencias comerciales que presentan, especialmente tras la crisis mundial de 2007/08 que afectó globalmente a toda la economía mundial, pudiéndose analizar específicamente cada uno de los países que participan en el mercado objetivo.

En el mercado europeo de tomates, Marruecos muestra una tendencia comercial de mejora poscrisis en su VCRS4, con una insignificante pérdida de volumen de exportaciones en su IBC. Sin embargo, España presenta leve pérdida en su posición de mercado poscrisis, tanto en VCRS4 como en IBC, con amenaza de perder el liderazgo en el mercado europeo. En el grupo GI, aunque Países Bajos se perfila como economía retadora del liderazgo en el mercado europeo, no muestra tendencias a alcanzar el liderazgo a corto ni medio plazo. Países Bajos, se encuentra en la posición más cercana a la región G0 pero su tendencia comercial se orienta hacia una pérdida de VCRS4 junto a una leve pérdida de IBC. El resto de los países seguidores presentan cambios de mayor magnitud. Bélgica muestra tendencia a abandonar el grupo GI dirigiéndose hacia el grupo GIV a corto plazo, para posicionarse en el GIII a largo plazo, transformándose a una economía importadora cliente potencial. En cambio, Italia muestra tendencia también a abandonar el grupo GI a corto plazo, dirigiéndose primero al GII de economías exportadoras de oportunidad, para posicionarse posteriormente en el GIII, transformándose a una economía importadora cliente potencial como Bélgica. Finalmente, Francia es el único país en el grupo de países competidores que se encuentra en la región del GIV de economías exportadoras emergentes. El país galo presenta posibilidades de mejorar su posición en el mercado europeo, al pasar a GI de economías exportadoras seguidoras. En el grupo de líderes europeo, Marruecos muestra una tendencia más estable que España de mantener su posición de mercado a pesar de la crisis mundial 2007/08.

Discusión

Según los resultados de este estudio, el mercado europeo de tomates es del tipo intrarregional, coincidiendo con el informe del sector de hortalizas a nivel global presentado por Rabobank (van Rijswick, 2018), donde se indica que el mercado mundial de hortalizas sigue siendo predominantemente del tipo local. Solo el 1,2 % de las hortalizas cultivadas se comercializa internacionalmente, aunque esta participación está en aumento. Este informe destaca la importancia de los ACR en la comercialización a nivel mundial de hortalizas en fresco, debido a su alto carácter perecedero, ya que facilitan el acceso a los mercados naturales de los países productores centrados en la exportación como México, España y los Países Bajos.

Según la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (2004), en el mercado internacional, destacan los flujos de hortalizas desde los países del sur hacia los países del norte, donde el "Norte" sigue siendo el principal mercado del "Sur". En el mercado europeo de tomates destacan como proveedores varios Estados miembros de la UE, siendo considerado el 85 % del suministro como ACR tipo "Norte-Norte", pero el 15 % restante como ACR tipo "Norte-Sur" con Marruecos como principal exportador extracomunitario.

La metodología de "mapeo de países competidores" aplicada al mercado europeo de tomates indica que dentro del grupo de las economías exportadoras líderes (G0), destacan Marruecos y España, presentando Marruecos valores de VCRS4 e IBC superiores a España. Marruecos, es la única economía que

presenta un perfil de exportación estable y en menor grado España. Según FEPEX (2016), la importación comunitaria de hortalizas frescas marroquíes ha registrado un fuerte crecimiento en los últimos años, impulsada porque en Marruecos no se aplican los requisitos exigidos a los productores comunitarios en múltiples ámbitos, desde el medioambiental al social. El sector pide acción a la UE, pero se debe evitar que sus acciones sean consideradas hostiles por la OMC, por lo que la Comisión Europea trabaja en la revisión de la reglamentación sobre medidas fito-sanitarias que puedan ser consideradas como barreras comerciales a las importaciones de estos productos. La Administración española, junto con la francesa, son las dos que están haciendo los mayores esfuerzos para lograr una normativa mucho más exigente para las entradas de productos desde terceros países y aplicando el principio de reciprocidad. España resalta como exportador líder intracomunitario en el mercado europeo y en el contexto mundial, España es el principal exportador de hortalizas y frutas frescas (Freshplaza, 2017). Sin embargo, siendo líder mundial en el mercado de hortalizas, España no lidera en VCRS4 en su mercado natural, el mercado europeo de tomates, donde destaca Marruecos como país exportador extracomunitario, siendo beneficiario de un ACR ventajoso con la UE. Los países proveedores de tomates del mercado europeo, especialmente España, Francia e Italia, denuncian de incumplimientos en los cupos de exportación de tomate marroquí, tanto en volumen como en el calendario de importaciones, hacia la Unión Europea, perjudicando su posición comercial dentro de la Unión Europea. Además, la Coordinadora de Organizaciones de Agricultores y Ganaderos – COAG (Góngora, 2018) expuso frente al Parlamento Europeo, que considera imprescindible condicionar la apertura de los mercados europeos al cumplimiento de unos estándares mínimos en materia sociolaboral, ambiental y sanitario, en beneficio de la seguridad alimentaria y de los consumidores europeos, pero también para lograr la mejora de las condiciones de vida y trabajo en los países del Sur (Góngora, 2018). Estos estándares mínimos sociolaborales se manifiestan en la evaluación de costes de la producción de tomates españoles y marroquíes realizada por Cáceres-Hernández *et al.* (2018). Dichos autores indican que el coste laboral en España asciende a 8,37 €/hora, y en Marruecos equivale a 1,12 €/hora, teniendo en cuenta el salario mínimo agrícola junto a diversos conceptos a cargo del empresario en seguros sociales. Esta diferencia significativa en la estructura de costes laborales manifiesta que Marruecos compite en el mercado europeo con ventajas generadas por los bajos costes salariales. Esta situación ha sido denunciada desde la entrada en vigor del protocolo agrícola del Acuerdo de Asociación entre la UE y Marruecos en octubre de 2012. Su aprobación fue rechazada por la generalidad del sector porque implica la liberalización de las exportaciones de frutas y hortalizas marroquíes al mercado comunitario.

A pesar de la situación estable de España como líder intercomunitario, sin cambios de perfil poscrisis, según el mapeo de países competidores, la orientación de su vector de tendencia apunta en dirección contraria a la situación ideal de liderazgo (1,1). Esta situación podría estar reflejada en que la producción de tomate español se ve amenazada por los bajos precios de producción de Marruecos y el crecimiento de las exportaciones marroquíes del 15 % (El País, 2016). España ha reducido sus ventas de tomates a sus socios comunitarios en un –15,12 % y simultáneamente, Marruecos ha incrementado sus exportaciones un 7,67 %. No obstante, el principal factor es que el consumo europeo ha disminuido desde 2013 a 2016 un –6,43 %, lo que ha hecho que también Países Bajos, el principal proveedor de tomate a la UE28, haya reducido sus ventas a los Estados miem-

bros en un –4,06 % (Chilealimentos, 2017). La situación de deterioro de la venta intracomunitaria de tomates españoles se encadena con dos hechos simultáneamente. El aumento de las importaciones españolas de tomates en los últimos cuatro años se refleja directamente en el mapa de países como una disminución de la balanza comercial doméstica de este producto específico. Por otro lado, las exportaciones españolas en general encadenan nueve años de aumento consecutivo desde 2010, con un aumento interanual de 6,2 %, siendo mayoritariamente la UE el destino de esas exportaciones (ICEX, 2018). Esto genera una leve disminución del numerador de VCRS4, disminuyendo la ventaja competitiva española de tomates.

La situación de España como líder en el mercado europeo de tomates está en riesgo por las sombras del Brexit, que no solo afectarán negativamente el comercio europeo (van Rijswick, 2018), sino que afectará directamente a las relaciones comerciales entre el Reino Unido y España. Las ventas fruto-hortícolas españolas al Reino Unido serán afectadas si se produce un Brexit sin acuerdo, por el pago arancelario que se pondrá en vigencia y el aumento de los controles aduaneros, presentación de certificados de tipo fitosanitarios, de calidad u otro tipo de requisitos, que Reino Unido exigiera (FEPEX, 2019). El futuro acuerdo comercial post-Brexit, entre la UE y el Reino Unido, está marcado por la incertidumbre, las autoridades británicas iniciarán las negociaciones ante la OMC y tendrá que estar de acuerdo con todos los miembros de la OMC sobre sus listas de bienes y servicios. La membresía regularizada de la OMC proporcionaría una garantía mínima para todos los miembros de la OMC (incluida la UE28) sobre acceso a los mercados, incluido el mercado del sector fruto-hortícola.

La situación de los países proveedores del mercado europeo de tomates no solamente se encuentra comprometida por las amenazas del entorno europeo, sino también desde el continente americano. Estados Unidos está modificando sus políticas comerciales, no solamente iniciando una guerra comercial contra China y la Unión Europea, sino también con sus socios del TLCAN. El aumento de las exportaciones es hoy uno de los grandes retos de México en plena renegociación del TLCAN, necesita consolidar la producción y calidad de sus productos agroalimentarios para competir en la UE28 y, simultáneamente diversificar sus exportaciones con el fin de depender menos del mercado de norteamericano.

El resto de los países caracterizados en el GI, no presentan perfiles exportadores estables, sino que presentan cambios significativos. Países Bajos muestra una tendencia de abandonar el perfil de economía retadora, ejerciendo un rol comercial de país re-exportador (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura – FIRA, 2016), a economía seguidora, fundamentalmente debido a la pérdida de su competitividad exportadora (VCRS4). Bélgica muestra tendencia a convertir su perfil exportador de economía seguidora en una economía emergente del GIV o cliente del GIII, principalmente por pérdida en su balanza comercial (IBC). Este país no destaca por la producción de tomates, aunque presenta las tasas de productividad más altas en Europa junto a los Países Bajos, siendo identificado junto a los Países Bajos como países tradicionales re-exportadores intracomunitarios (De Pablo *et al.*, 2016) y países "claves". Italia también muestra una tendencia a abandonar su perfil exportador de economía seguidora en una economía de oportunidad del GII o cliente del GIII, debido a pérdidas, tanto en su balanza comercial (IBC) como en su competitividad (VCRS4). La diferente orientación de Italia con respecto a Bélgica se puede deber a que Italia no participa activamente en el mercado de tomates en fresco, sino que centra su alta producción en el mercado de tomate procesado según

De Pablo y Pérez-Mesa (2004). Finalmente, Francia es el único país en el grupo de competidores que se encuentra en la región del GIV de economías exportadoras emergentes que presenta tendencias a mejorar su posición en el mercado europeo, con posibilidades de pasar a medio plazo al grupo GI de economías exportadoras seguidoras, pero con altos valores de competitividad (VCRS4).

En el análisis de la influencia de la crisis 2007/08 se observan dos tipos de comportamiento en los países analizados. Solamente, Marruecos y Francia, han ganado en competitividad en el período poscrisis, Francia aumentando significativamente en ambos indicadores analizados. En el caso particular de Francia, este aumento de competitividad puede estar relacionado al aumento significativo en su productividad observado a partir de 2011. Porter (1990) reconoce a la productividad como fuente de la competitividad, vinculando los cambios en la productividad y las participaciones en los mercados. En el resto de los países analizados, se observa una pérdida de competitividad, leve en Países Bajos y más acentuada en Italia y Bélgica. En el trabajo de Capobianco-Uriarte *et al.* (2017), aunque analiza un grupo de competidores en el mercado europeo más reducido (España, los Países Bajos, Francia y Marruecos), sus resultados de competitividad exportadora analizados a través de la metodología de CMC, coinciden parcialmente con los resultados del sistema bidimensional presentado en este estudio. Marruecos y Francia son los competidores en el mercado europeo que presentan pérdidas en menor magnitud en su competitividad específica (2005-2009 vs 2010-2014) a través del análisis de CMC, que se reflejan como ganancias de ventaja competitiva en este estudio. España y los Países Bajos presentan pérdidas significativas en su competitividad específica en el mercado europeo a través CMC, correspondiéndose con pérdidas en su competitividad exportadora analizadas a través de VCRS4 en el presente estudio. Finalmente, el trabajo de Capobianco-Uriarte *et al.* (2017) concluye que España es el único país proveedor de tomates a la UE28 que experimentó un cambio positivo en sus exportaciones poscrisis (2010-2014), a pesar de que en este análisis se detectó una disminución en su balance comercial de tomates (2011-2016). Durante el periodo de análisis poscrisis no se debe dejar de tener en cuenta el veto ruso a las exportaciones europeas de frutas y hortalizas a partir de agosto de 2014 (Otamendi, 2015). Este hecho, aunque no afecta directamente a los proveedores de tomates en el mercado europeo, ya que sus volúmenes de exportación de tomates en el mercado ruso son relativamente pequeños, según Pérez-Mesa *et al.* (2018) puede influir negativamente en la comercialización europea de tomate, manifestándose en menores compras o reducción de precios.

Conclusiones

La metodología de "mapeo de países competidores", obtenido a través de un sistema bidimensional de indicadores, propuesta en este artículo presenta dos ventajas, no solo permite la identificación de perfiles de los países proveedores de un mercado objetivo en economías líderes, retadoras, seguidoras, emergentes, oportunistas o en clientes potenciales, sino que también muestra las tendencias comerciales a corto y medio plazo, evidenciando ganancias o pérdidas de competitividad junto a déficit o superávit en la balanza comercial doméstica. La presentación dinámica de los resultados a través de un sistema de indicadores, mostrando el direccionamiento temporal de los índices calculados en dos periodos de tiempos diferentes, brinda información complementaria a la obtenida tradicionalmente a través de los distintos índices estáticos que se analizan generalmente

en forma aislada o solitaria. Según el "mapeo de países competidores" en el mercado europeo de tomates, los países proveedores se agrupan en tres grupos diferenciados. Marruecos y España, se encuentran en el G0, como economías exportadoras líderes con tendencia estable en el comercio europeo de tomates. Países Bajos se caracteriza por ser una economía retadora, junto a Italia y Bélgica que se categorizan como economías seguidoras, dentro del GI. Países Bajos presenta una tendencia hacia una economía seguidora sin abandonar el GI. Italia y Bélgica podrían sufrir una transición de grupo, abandonando el GI, pero con tendencias comerciales divergentes entre sí. Italia se dirige hacia la zona de economías oportunistas y Bélgica hacia la zona de economías emergentes a corto plazo. Finalmente, Francia, se encuentra en la zona de economías emergentes, presentando aún valores negativos de IBC pero con altos valores de VCRS4, en el GIV. Francia muestra una tendencia comercial hacia la zona de las economías del GI. La influencia de la crisis económica-financiera 2007/08 determina tres tipos de comportamiento en los países proveedores, solamente Francia ganó competitividad en el periodo poscrisis, España y Marruecos presentaron perfiles estables y el resto de los países proveedores, Países Bajos, Bélgica e Italia, perdieron competitividad.

El presente estudio destaca la importancia del análisis discriminando entre el enfoque de demanda generalizada (VCRS1) y específica (VCRS4) de la VCRS cuando se desea comparar países pertenecientes a distintos ACR. La mayoría de los artículos científicos aplican generalmente VCRS1, aunque los países analizados sean miembros de un mismo ACR y su mercado sea predominantemente intrarregional. En el caso de existir bloques comerciales o concentración de intercambio entre los miembros de un ACR, se debe analizar a través de VCRS4, de manera que se puede analizar más en profundidad el desempeño exportador de un país en su mercado natural y no solo a nivel global. Si se aplicara directamente el cálculo tradicional de VCRS1 en un país que efectivamente pertenece a un ACR y/o que solamente presenta flujos comerciales intrarregionales se pueden obtener conclusiones erróneas al comparar este país a nivel mundial y no en su entorno natural de comercialización.

Como líneas futuras de investigación, sería interesante la extensión de este estudio a otros productos agrícolas (pimientos, ajos, etc.) que destacan en la comercialización a nivel internacional. Sin dejar de tener en cuenta para la selección de los indicadores del sistema bidimensional la existencia o ausencia de ACR entre los países comercializadores y la caracterización del mercado objetivo en intrarregional, interregional o multirregional (afectando la selección del índice de VCR de demanda generalizada o específica). Cabe acotar que las distorsiones de mercado existentes en el mercado internacional de tomates, no solo por el Brexit sino también por los cambios de las políticas comerciales llevadas a cabo por parte de Estados Unidos, tanto dentro como fuera del TLCAN, motivan el seguimiento a corto y medio plazo de los cambios de perfiles y las tendencias comerciales de los países proveedores dentro del mercado europeo. Finalmente, este "mapeo de países competidores" obtenido a través de un sistema bidimensional de indicadores podría extenderse a un sistema tridimensional, con la incorporación de un tercer indicador de sostenibilidad económica de los mercados clientes para aportar más información relevante y brindar poder predictivo a este sistema de indicadores.

Referencias bibliográficas

Agustin G, Ananda C, Maski G, Saputra PM (2014). The Product Mapping Analysis of Manufacturing Industry Products in Bilateral Trade between Indonesia and China in 1995-2011. International Journal of Economics and Research 5(2): 37-49.

Agrointeligencia (2018). Tendencias en el Mercado mundial de Verduras. Hispatec Blog. Disponible en: https://www.agrointeligencia.com/tendencias-mercado-mundial-verduras/ (Consultado: 20 julio 2019).

Balassa B (1965). Trade liberalisation and "revealed" comparative advantage. The Manchester School 33(2): 99-123. https://doi.org/10.1111/j.1467-9957.1965.tb00050.x

Cáceres-Hernández JJ, Godenau D, González-Gómez JI, Martín-Rodríguez G, Ramos-Henríquez JM (2018). Tomate canario de exportación: una evaluación de costes. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 114(3): 280-302. https://doi.org/10.12706/itea.2018.017

Capobianco-Uriarte MM, De Pablo J (2017). Nuevas definiciones alternativas para ventajas comparativas reveladas: Competitividad exportadora española en el mercado del tomate europeo. Libro de Actas de la XIX Reunión de Economía Mundial, 10-12 mayo de 2017, Palos de la Frontera, Huelva, España.

Capobianco-Uriarte MM, Aparicio J, De Pablo J (2017). Analysis of Spain s competitiveness in the European tomato market: An application of the Constant Market Share method. Spanish Journal of Agricultural Research 15(3): e0113. http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2017153-10629

Chilealimentos (2017). La exportación de tomate de España lleva cuatro años a la baja. Disponible en: http://www.chilealimentos.com/wordpress/espana-la-exportacion-de-tomate-lleva-cuatro-anos-a-la-baja/ (Consultado: 20 julio 2019).

Comité Económico y Social Europeo (2014). Dictamen del Comité Económico y Social Europeo sobre «Las relaciones comerciales entre la UE y Marruecos» (2014/C 214/03). Disponible en: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX: 52013IE3614&from=ES (Consultado: 23 julio 2019).

COMTRADE (2018). Base de datos de comercio internacional de la División Estadística de la Organización de Naciones Unidas. Disponible en: https://comtrade.un.org/ (Consultado: 23 octubre 2019).

Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (2004). Foro sobre el multilateralismo y el regionalismo y el regionalismo: la nueva interacción. Libro de Actas de Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo, 13-18 de junio, Sao Paulo, Brasil.

Dalum B, Laursen K, Villumsen G (1998). Structural change in OECD export specialisation patterns: de-specialisation and 'Stickiness'. International Review of Applied Economics 12: 447-467. https://doi.org/10.1080/02692179800000017

De Pablo J, Pérez-Mesa JC (2004). The competitiveness of Spanish tomato export in the European Union. Spanish Journal of Agricultural Research 2(2): 167-180.

De Pablo J, Giacinti MA, García T (2016). Estados claves en el comercio intracomunitario del tomate en la Unión Europea. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 112(4): 458-477.

Durán Lima JE, Alvarez M (2008). Indicadores de comercio exterior y política comercial: mediciones de posición y dinamismo comercial. Asuntos Económicos de la División de Comercio Internacional e Integración de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Ed. CEPAL, Santiago de Chile. 43 pp.

El País (2016). Marruecos y Holanda acorralan al tomate español. Disponible en: https://elpais.com/economia/2016/06/13/actualidad/1465803039_128531.html (Consultado: 23 octubre 2019).

FEPEX (2016). Disparidad entre los hechos y el derecho tras la sentencia del Tribunal de Justicia de la UE sobre la aplicación del Acuerdo de Asociación con Marruecos en el Sahara. Disponible en: http://www.fepex.es/noticias/detalle/sentencia-tribunal-justicia-UE-marruecos-disparidad-hechos-derecho (Consultado: 31 agosto 2019).

FEPEX (2019). La Comisión Europea prevé un incremento del 4% de la producción comunitaria de melocotón y nectarina y del 1% en tomate

en 2019. Disponible en: https://www.fepex.es/noticias/detalle/comision-europea-preve-incremento-produccion-melocoton-tomate (Consultado: 17 octubre 2019).

Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura – FIRA (2016). Panorama Agroalimentario: Informe Tomate Rojo 2016. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200635/Panorama_Agroalimentario_Tomate_Rojo_2016.pdf (Consultado: 10 octubre 2019)

FreshPlaza (2017). Spain is the number one exporter of fresh fruit and vegetables globally. Disponible en: https://www.freshplaza.com/article/2185412/spain-is-the-number-one-exporter-of-fresh-fruit-and-vegetables-globally/ (Consultado: 31 octubre 2019).

FreshPlaza (2018). Resumen del mercado global del tomate. Disponible en: https://www.freshplaza.es/article/112824/Resumen-del-mercado-global-del-tomate/ (Consultado: 31 octubre 2019).

Góngora A (2018). Coordinadora de Organizaciones de Agricultores y Ganaderos - COAG, exige en el Parlamento Europeo la aplicación inmediata de la sentencia que anula el acuerdo de libre comercio agrícola de la UE con Marruecos. Disponible en: https://www.diariodealmeria.es/finanzasyagricultura/Parlamento-Europeo-UE-Marruecos-Sahara-Occidental_0_1252675380.html (Consultado: 31 julio 2019).

Hinloopen J, Van Marrewijk C (2001). On the empirical distribution of the Balassa index. Weltwirtschaftliches Archiv 137(1): 1-35. https://doi.org/10.1007/BF02707598

ICEX (2018). Balanza comercial de España. Disponible en: https://www.icex.es/icex/es/Navegacion-zona-contacto/revista-el-exportador/encifras/index.html#seccion3 (Consultado: 30 septiembre 2019).

Javorsek M (2016). Asymmetries in international merchandise trade statistics: A case study of selected countries in Asia and the Pacific. ARTNeT Working Paper Series 156.

Kotler P, Keller K (2012). Las relaciones con la competencia. En: Dirección de marketing, 14 ed. pp. 298-321. Pearson Education, México.

Lafay G (1992). The measurement of revealed comparative advantages. En: International trade modelling (Ed. Dagenais MG, Muet PA) pp. 209-234. Chapman & Hall. London.

Oelgemöller J (2013). Revealed comparative advantages in Greece, Ireland, Portugal and Spain. Intereconomics 48(4): 243-253. https://doi.org/10.1007/s10272-013-0466-7

Organización Mundial del Comercio – OMC (2014). Informe sobre el comercio mundial 2014 (World trade report 2014).

Organización Mundial del Comercio – OMC (2018). Portal Integrado de Información Comercial (I-TIP). Regional Trade Agreements – Database. Disponible en: http://rtais.wto.org/UI/PublicMaintainRTAHome.aspx (Consultado: 10 octubre 2019).

Otamendi JJ (2015). Efectos del veto ruso en las exportaciones españolas. Boletín económico de ICE, Información Comercial Española 3063: 81-100.

Pérez-Mesa FJ, Pérez-Mesa JC, Valera-Martínez DL (2018). Viabilidad comercial del tomate español en la Unión Europea. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 114(4): 378-397. https://doi.org/10.12706/itea.2018.023

Porter M (1990). The Competitive Advantages of Nations. Harvard Business Review March-April 1990: 73-91.

Resource Trade Earth (2018). Exploring interdependencies in global resource trade with COMTRADE data. Disponible en: https://resourcetrade.earth/ (Consultado: 10 octubre 2019).

Shohibul A (2013). Revealed comparative advantage measure: ASEAN-China trade flows. Journal of Economics and Sustainable Development 4(7): 136-145.

Svatoš M, Smutka L, Ishchukova N, Vasilyonok V (2014). Russian agrarian foreign trade development–the impact of selected factors. AGRIS on-line Papers in Economics and Informatics 6: 79-91. https://doi.org/10.22004/ag.econ.188738

Topçu BA, Sümerli SS (2015). Comparative advantage and the products mapping of exporting sectors in Turkey. Akademik Sosyal Ara tırmalar Dergisi 3(18): 330-348. http://dx.doi.org/10.16992/ASOS.856

van Rijswick C (2018). World Vegetable Map 2018: More than Just a Local Affair. Rabobank Annal Report 2018. Disponible en: https://research.rabobank.com/far/en/sectors/regional-food-agri/world_vegetable_map_2018.html (Consultado: 10 octubre 2019).

Widodo T (2008). Dynamic changes in comparative advantage: Japan "flying geese" model and its implications for China. Journal of Chinese Economic and Foreign Trade Studies 1(3): 200-213. https://doi.org/10.1108/17544400810912365

Widodo T (2009). Comparative advantage: theory, empirical measures and case studies. Review of Economic and Business Studies 4: 57-82.

(Aceptado para publicación el 16 de diciembre de 2019)

PREMIOS DE PRENSA AGRARIA 2020
DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL
PARA EL DESARROLLO AGRARIO

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

Los premios se regirán de acuerdo a las siguientes

BASES

1. Podran concursar todos los artículos que versen sobre cualquier tema técnico-económico-agrario.
2. Los artículos que podrán acceder al premio serán todos aquellos que se publiquen en ITEA en el año 2020. Consecuentemente, los originales deberán ser enviados de acuerdo con las normas de ITEA y aprobados por su Comité de Redacción.
3. El jurado estará constituido por las siguientes personas:
   a) Presidencia de AIDA, que presidirá el jurado.
   b) Dirección de la revista ITEA, que actuará de Secretario.
   c) Dirección del CITA (Gobierno de Aragón).
   d) Dirección del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza.
   e) Dirección de la Estación Experimental de Aula Dei.
   f) Dirección del Instituto Pirenaico de Ecología.
4. El premio será anual y tendrá una dotación económica.
5. Las deliberaciones del jurado serán secretas, y su fallo inapelable.
6. El fallo del jurado se dará a conocer en la revista ITEA, y la entrega del premio se realizará con motivo de la celebración de las Jornadas de Estudio de AIDA.

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

INSCRIPCIÓN EN AIDA

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

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

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

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

En _____ , a ___ de _____ de 20__

Firma:

FORMA DE PAGO (COUTA ANUAL: 50 EUROS)

	Cargo a cuenta corriente (rellenar la domiciliación bancaria)
	Transferencia a la cuenta de AIDA ES70 2100 8687 2702 0001 2107 (adjuntar comprobante)

DOMICILIACION BANCARIA

Sr. Director del Banco/Caja

Muy Sr. mío,

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

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

Atentamente,

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

PROTECCIÓN DE DATOS

ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO, de ahora en adelante AIDA, le informa de que los datos facilitados durante su relación con la Asociación serán tratados para gestionar el alta de socio, así como para las gestiones administrativas de la Asociación. La base legal para el tratamiento de sus datos es la relación contractual y su consentimiento. Sus datos podrán ser cedidos a las entidades que sea necesarias para el cumplimiento de nuestras obligaciones legales, y si así lo autoriza, a las empresas colaboradoras de la Asociación. Tiene derecho a acceder, rectificar, suprimir, oponerse al tratamiento de sus datos, así como retirar el consentimiento prestado y pedir su portabilidad.

AUTORIZACIONES

- ❑ * – Autoriza a que AIDA le envíe información a través de medios postales y/o electrónicos (correo electrónico, SMS, etc.) sobre noticias de la asociación, así como información de servicios de sus patrocinadores y/o colaboradores.
- – Autoriza a que AIDA pueda facilitar sus datos de contacto a las empresas patrocinadoras o colaboradoras con fines comerciales. ❑ Sí ❑ No *

* Debe responder a estar cuestiones obligatoriamente.

Por último, en aras a dar cumplimiento al Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de abril de 2016, relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos, y siguiendo las Recomendaciones e Instrucciones emitidas por la Agencia Española de Protección de Datos (A.E.P.D.),

SE INFORMA

- Los datos de carácter personal solicitados y facilitados por usted, son incorporados un fichero de titularidad privada cuyo responsable y único destinatario es AIDA, con domicilio en Avenida Montañana, no 930, 50059 - Zaragoza.
- Solo serán solicitados aquellos datos estrictamente necesarios para prestar adecuadamente los servicios solicitados, pudiendo ser necesario recoger datos de contacto de terceros, tales como representantes legales, tutores, o personas a cargo designadas por los mismos.
- Todos los datos recogidos cuentan con el compromiso de confidencialidad, con las medidas de seguridad establecidas legalmente, y bajo ningún concepto son cedidos o tratados por terceras personas, físicas o jurídicas, sin el previo consentimiento del socio, tutor o representante legal, salvo en aquellos casos en los que fuere imprescindible para la correcta prestación del servicio.
- Una vez finalizada la relación entre la Asociación y el socio, los datos seguirán archivados y conservados mientras sean necesarios para dar cumplimiento a las obligaciones legales o, en su defecto, serán devueltos íntegramente al socio (o autorizado legal) o suprimidos si así se solicita por su parte.
- Los datos que facilito serán incluidos en el Tratamiento denominado Socios de AIDA, con la finalidad de gestión del alta de socio, la gestión del servicio contratado, pago de cuotas, contacto, etc., y todas las gestiones relacionadas con los socios y manifiesto mi consentimiento.
- Tiene derecho a acceder a sus datos personales, a solicitar su rectificación, cancelación y oposición, indicándolo por escrito a AIDA con domicilio en Avenida Montañana, no 930, 50059 – Zaragoza, o al correo electrónico de la Asociación: administracion@aidaitea.org.
- Los datos personales serán cedidos por AIDA a las entidades que prestan servicios a la misma siempre que sea estrictamente necesario para llevar a cabo los servicios ofrecidos por la Asociación. Igualmente, sus datos serán cedidos si existe una obligación legal.

Nombre y apellidos del Socio:

DNI:

Representante legal (si lo hubiere):

DNI:

En _____ , a ___ de _____de 20___

FIRMA DEL SOCIO:

NORMAS PARA LOS AUTORES (actualizado marzo de 2020)

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

A partir del 1 de marzo de 2019, para publicar un artículo en la revista ITEA es necesario que al menos uno de los autores sea socio de AIDA, o en su caso los autores del artículo deberán abonar la cantidad de 50 euros cuando el artículo sea aceptado para su publicación en la revista ITEA. Puede consultar cómo hacerse socio de AIDA en http://www.aidaitea.org/index.php/sobre-nosotros/hacerse-socio.

1. Envío de manuscritos y evaluación

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

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

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

2. Tipos de manuscritos

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

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

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).

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: apellido de los autores precedido de las iniciales del nombre, e indicando con un asterisco el autor para correspondencia. Los autores penúltimo y último irán separa-

dos por una "y". En caso de que pertenezcan a distintas instituciones, señalar a cada autor con números superíndices diferentes. Si un autor desea aparecer con dos apellidos, éstos deberán unirse con un guión.

En el caso de un artículo con varios autores, el autor 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 autor 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 del autor a quien se va a dirigir la correspondencia.

Ejemplo:

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

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

*autor para correspondencia: gpardos@aragon.es

El manuscrito incluirá a continuación:

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

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

En inglés: Título del artículo, Resumen, Palabras clave

4. Apartados del manuscrito

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

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

  *un autor (Padilla, 1974)

  *dos autores (Vallace y Raleigh, 1967)

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

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

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

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

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

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

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

Artículo

Blanc F, Bocquier F, Agabriel J, D'Hour P, Chilliard Y(2006). Adaptative abilities of the females and sustainabilityof ruminant livestock systems. A review. AnimalResearch 55: 489-510. https://doi.org/10.1051/animres:2006040.

Capítulo de libro

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

Libro

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

Acta de congreso

Misztal I (2013). Present and future of genomic selection at the commercial level. Book of Abstracts of the 64th Annual Meeting of the EAAP, 20-30 de agosto, Nantes, Francia, pp. 100. https://doi.org/.3920/978-90-8686-782-0.

Fuente electrónica

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

Documento oficial

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

Leyes / Reglamentos

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

Indicar la URL del DOI, en las referencias que dispongan del mismo, al final del resto de datos de la referencia. Ejemplo: Albaladejo-García JA, Martínez-Paz JM, Colino J (2018). Evaluación financiera de la viabilidad del uso del agua desalada en la agricultura de invernadero del Campo de Níjar (Almería, España). ITEA-Información Técnica Económica Agraria 114(4): 398-414. https://doi.org/10.12706/itea.2018.024.

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

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

Ejemplo de tabla:

Tabla 3. Tarjetas de productos hipotéticos expuestos a los encuestados

Table 3. Hypothetical products cards shown to those surveyed

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

Fuente: Diaz *et al.* (2013)

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

5. Normas de estilo

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

Volumen 116
Número 2
Junio 2020

itea

información técnica económica agraria

www.aida-itea.org

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO

