itea

información técnica económica agraria

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO



Volumen 117

Número 3

Junio 2021

aida-itea.org

itea

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

2021- AÑO LII Vol. 117 N.º 3 http://dx.doi.org/10.12706/itea	**DIRECCIÓN Y REDACCIÓN** Avda. Montañana, 930 50059 ZARAGOZA (ESPAÑA) Tel.: 34-976 716305 Fax.: 34-976 716335 E-mail: direccion@aida-itea.org	Depósito legal: Z-577-82 ISSN: 2386-3765 INO Reproducciones, S.A. Pol. Malpica, calle E, 32-39 (INBISA II, nave 35) 50016 Zaragoza

DIRECCIÓN: Albina Sanz, CITA de Aragón. España

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

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

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

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

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

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



Foto y texto: María Dolores Barceló Campoy

La raza Montesina es una de las razas autóctonas españolas ovinas más antiguas, descendiente directo del tronco Ibérico *(Ovis aries ibéricus)*. Reconocida como de protección especial, su gran rusticidad le ha permitido desarrollarse en entornos de extrema dureza en un régimen extensivo, fundamentalmente en zonas marginales de montañas del sureste de España (Sistemas Béticos) con pastos pobres.

Actualmente su ámbito geográfico se distribuye principalmente en dos zonas de cría: Zona Andaluza (Sur de Jaén y noreste de Granada), considerada tradicionalmente el núcleo principal de la raza y Zona Murciana (comarca del Noroeste de la Región de Murcia), donde se encuentra aproximadamente la mitad del censo nacional oficialmente reconocido de raza Montesina.

Es una raza de aptitud manifiestamente cárnica, siendo su principal producto el cordero recental. En la actualidad sus productos no se comercializan bajo ninguna marca de calidad que los distinga en el mercado.

Sumario

Producción Vegetal

Microorganismos antagonistas: una alternativa para el control biológico de enfermedades fúngicas presentes en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.).
*Antagonist microorganism: an alternative for the biological control of fungal diseases present in coffee crop (*Coffea arabica *L.).*
Nayelli Ayatzol Vidal-Martínez, Rosalba Argumedo-Delira, Jesús Ricardo Sánchez-Pale, Roberto Gregorio Chiquito-Contreras, Daniel González-Mendoza y Gabriela Sánchez-Viveros 214

Producción Animal

Taninos condensados de la esparceta y su efecto sobre los parámetros de la fermentación ruminal. Influencia del estado fenológico y de la conservación. Revisión bibliográfica.
Condensed tannins of sainfoin and their effect on ruminal fermentation. Influence of phenological stage and preservation. A review.
Pablo José Rufino-Moya, Mireia Blanco y Margalida Joy 227

Cambios en el perfil lipídico de la grasa subcutánea según el tipo de pienso en cerdos ibéricos próximos a mantenimiento.
Changes in the lipid profile of subcutaneous fat according to the type of feed in Iberian pigs close to maintenance.
Ana I. Rey, Pablo Garre y Argimiro Daza 247

Producción de corderos lechales de raza Segureña y Montesina en la Región de Murcia. Influencia de la raza y la estación del año en la calidad de la canal y la carne.
Production of suckling lambs of Segureña and Montesina breeds in the Region of Murcia. Influence of breed and season on carcass and meat quality.
María Dolores Barceló, Luis Tejada, Laura Almela y Begoña Peinado 262

Economía Agraria

Valoración del consumidor de galletas elaboradas con harina de mezquite (*Prosopis* spp.).
*Consumer acceptability of biscuits made with mesquite flour (*Prosopis *spp.).*
C. Isamar De la Cruz-Silva, Lizbeth Salgado-Beltrán y M.D. Carmen García-Moraga 278

Impacto socioeconómico de la actividad apícola y características productivas del sector en la provincia de A Coruña.
Socio-economic impact of honey production and their structural characteristics in A Coruña (NW Spain).
María Amparo Ferreira-Golpe, Ana Isabel García-Arias, María do Mar Pérez-Fra e Ibán Vázquez-González 295

Impacto de la fiscalidad en la rentabilidad de plantaciones forestales de particulares y montes vecinales en mano común en Galicia.
Impact of taxes on the profitability of industrial forest plantations privately owned in Galicia (Spain).
Santos Arenas-Ruiz, Luis Diaz-Balteiro y Roque Rodriguez-Soalleiro 311

Microorganismos antagonistas: una alternativa para el control biológico de enfermedades fúngicas presentes en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.)

Nayelli Ayatzol Vidal-Martínez[1], Rosalba Argumedo-Delira[1], Jesús Ricardo Sánchez-Pale[2], Roberto Gregorio Chiquito-Contreras[1], Daniel González-Mendoza[3] y Gabriela Sánchez-Viveros[1,*]

[1] Posgrado en Ciencias Agropecuarias, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana. Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria C.P. 91090, Xalapa, Veracruz, México
[2] Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto Literario 100 Col. Centro C.P. 50000, Toluca del Lerdo, México
[3] Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California, Av. Álvaro Obregón y Julián Carrillo s/n Col. Nueva C.P. 21100, Mexicali, Baja California, México

Resumen

El control biológico aprovecha la capacidad de algunos microorganismos para controlar las poblaciones de vectores en plantas; y poco se conoce de los mecanismos de control con antagonistas contra agentes fúngicos. El café tiene importancia en el sector agrícola con prestigio a nivel mundial. Existen factores bióticos que delimitan y disminuyen la calidad de la producción del grano de café, destaca la presencia de enfermedades causadas principalmente por hongos como *Hemileia vastatrix* Berkeley & Bromme, causante de la roya anaranjada del café, *Cercospora coffeicola* Berkeley & Curtis que causa la mancha de hierro y *Mycena citricolor* Berkeley & Curtis, de ojo de gallo. La presente revisión tiene por objetivo recopilar información bibliográfica disponible, respecto al control biológico como alternativa para la agricultura moderna, las interacciones y mecanismos antagónicos a patógenos entre microorganismos, con énfasis en el control biológico de enfermedades causadas por hongos fitopatógenos en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.). Las citas bibliográficas muestran que es necesario realizar investigaciones enfocadas en el aislamiento, identificación y selección de microorganismos entre las comunidades microbianas, con énfasis en el discernimiento de los mecanismos que influyen en el ciclo de vida de los patógenos y, definir con ello la posible aplicación biotecnológica durante la producción de café.

Palabras clave: Antagonismo, bacterias, control biológico, hongos, fitopatógenos.

Antagonist microorganism: an alternative for the biological control of fungal diseases present in coffee crop (*Coffea arabica* L.)

Abstract

Biological control takes advantage of the ability of some microorganisms to control populations of vectors in plants; however, little is known about the mechanisms of control with antagonists against fungal agents. Coffee is important in agricultural sector at a global level. There are some biotic factors which

* Autor para correspondencia: gabsanchez@uv.mx

Cita del artículo: Vidal-Martínez NA, Argumedo-Delira R, Sánchez-Pale JR, Chiquito-Contreras RG, González-Mendoza D, Sánchez-Viveros G (2021). Microorganismos antagonistas: una alternativa para el control biológico de enfermedades fúngicas presentes en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.). ITEA-Información Técnica Económica Agraria 117(3): 214-226. https://doi.org/10.12706/itea.2020.042

limit and reduce quality in the production of coffee bean, specially is relevant the presence of diseases caused mainly by fungi such as *Hemileia vastatrix* Berkeley & Bromme causing orange coffee rust, *Cercospora coffeicola* Berkeley & Curtis which causes brown eye spot and *Mycena citricolor* Berkeley & Curtis, causing American leaf spot disease. The present review compiles available information related to biological control in modern agriculture, interactions and antagonist mechanisms to pathogens between microorganism emphasizing in biological control of diseases caused by phytopathogenic fungi in coffee (*Coffea arabica* L.). In this sense, research focused in isolation, identification and selection of microorganisms from microbial communities is needed, highlighting the description of mechanisms which influence the life cycle of pathogens in order to define the possible biotechnological application during the coffee production.

Keywords: Antagonist, bacteria, biological control, fungi, phytopathogens.

Introducción

El control biológico se define como el uso de organismos vivos para disminuir la población de organismos plaga específicos, de manera menos dañina al ambiente (Eilenberg *et al*., 2001). Estos enemigos naturales deben ser muy específicos y atacar a un grupo limitado de especies plaga que pudieran estar relacionadas. Esta es la razón para la identificación apropiada de las plagas y enfermedades presentes en una plantación, así como distinguir los enemigos naturales que permita un control biológico seguro y eficaz (Dreistadt, 2014).

Actualmente, existe un gran interés en la búsqueda de microorganismos con capacidad antagónica de patógenos, presentes en cultivos de importancia económica y enfocados hacia una agricultura alternativa; así como por sus beneficios en el potencial activo y en la disminución del uso de productos químicos, lo que disminuye el impacto ecológico que causan (Villamil *et al*., 2015; Sánchez-García *et al*., 2017). Se ha demostrado que el uso de microorganismos endófitos y el manejo de los sistemas agroforestales, coadyuva a regular el impacto negativo de patógenos y controlar vectores causantes de enfermedades en las plantas, en la promoción del crecimiento, la reducción de la severidad de una enfermedad y en la inducción de mecanismos de defensa de las plantas (Silva *et al*., 2012; Cerda *et al.,* 2020).

Por otro lado, el café es un producto de prestigio social a nivel mundial, y de los principales cultivos de importancia del sector agrícola, por la generación de ingresos en más de 15 mil millones de dólares al año, e involucra en el proceso productivo cerca de 20 millones de personas de manera directa o indirecta (Temis-Pérez *et al*., 2011). A pesar de generar importantes divisas, existen factores bióticos y abióticos que delimitan y disminuyen la calidad del grano de café. Se destaca el constante desafío al que se enfrenta esta actividad agrícola para el control de plagas, como la broca (*Hipothenemus hampei* Ferrari), el minador de la hoja (*Leucoptera coffeelia* Guérin) y de enfermedades como la Roya del café (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Bromme) considerada como la patología de mayor importancia económica (Canet y Soto, 2016; Torres *et al.,* 2020), seguida de Ojo de gallo (*Mycena citricolor* Berkeley & Curtis) y Mancha de hierro (*Cercospora coffeicola* Berkeley & Curtis) (SENASICA, 2018). El objetivo de esta revisión es recopilar la información bibliográfica disponible, respecto al control biológico como alternativa para la agricultura moderna, las interacciones y mecanismos antagónicos a patógenos entre microorganismos, con énfasis en el control biológico de enfermedades causadas por hongos fitopatógenos en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.).

Control biológico

Poco se conoce de los microorganismos antagonistas que se encuentran en los ecosistemas de manera natural y que ejercen un papel protector para las plantas, al reducir el daño causado por enfermedades ocasionadas por agentes patogénicos. La presencia de estos últimos genera un impacto negativo para muchos cultivos de importancia agrícola, por lo que el productor se ve obligado a incrementar la aplicación de productos químicos, aun cuando sea restringido el uso de plaguicidas, debido al grave impacto que ocasionan al ambiente y a los propios consumidores. Es por ello, que en la actualidad se ha incrementado las investigaciones encaminadas a métodos de control más eficientes y seguros (Gerbore *et al*., 2014; Sánchez-García *et al*., 2017).

El control biológico es un método atractivo para el manejo de plagas causadas por insectos y por enfermedades, que resultan de las interacciones entre organismos, dependiendo del ambiente en el que se están llevando estas asociaciones. Es una alternativa eficiente y económica, que tiene una amplia difusión por su efecto positivo en el rendimiento y posibilidad de producir una agricultura orgánica, en especial este método puede operar en diversas situaciones gracias a las investigaciones dirigidas a la identificación de los mecanismos de acción de cada especie (Nega, 2014; Sánchez-García *et al*., 2017).

Varios autores definen al control biológico como la acción para mantener a una población de organismos plaga en baja densidad disminuyendo sus efectos, con la ayuda de parásitos, depredadores, patógenos, microorganismos, o el uso de sus productos como agentes de control que pueden estar presentes de manera natural o ser introducidos (Guédez *et al.,* 2008; Baron *et al*., 2019). Existen diversos métodos de control biológico, los cuales incluyen grupos de microorganismos con capacidad antagónica, en los que destacan los hongos y bacterias. Los productos elaborados con estos microorganismos pueden ser aplicados directamente en las semillas, por inmersión de plántulas, aplicación al suelo, por aspersión foliar y en frutos (Bhattacharjee y Dey, 2014).

De acuerdo con Helmuth (2000) y Guédez *et al.* (2008), el control biológico se puede clasificar en: 1) **Control biológico clásico:** consiste en introducir enemigos naturales que son exóticos para el lugar y favorecer su reproducción masiva, por la ausencia de enemigos naturales nativos que pueden generar agentes de *control* eficaces. 2) **Control biológico inundativo:** reside en la liberación controlada y masiva de enemigos naturales cuando la reproducción de un enemigo natural no es suficiente, controlando la plaga. 3) **Control biológico inoculativo:** se define como la liberación de una pequeña cantidad de enemigos naturales al inicio del ciclo del cultivo, aguardando que estos se establezcan, se reproduzcan y, en las próximas generaciones continúen controlando la plaga durante un tiempo prolongado.

Interacción entre planta y microorganismos benéficos

Las interacciones entre microorganismos en los ecosistemas, varían dependiendo de la especie y el ambiente; éstas interacciones pueden llegar a ser sinérgicas, mutualistas, antagónicas o de competencia. Las plantas requieren reconocer a estos microorganismos para responder a ellos de manera apropiada (Cano, 2011). Una planta puede llegar a albergar una gran cantidad de comunidades microbianas, que pueden proliferar dentro de varios órganos, en las raíces y en la superficie de las hojas; estos pueden ayudar de manera directa o indirecta en la protección hacia patógenos o en la promoción del crecimiento (Bulgarelli *et al*., 2013).

Las comunidades de microorganismos que tienen como hábitat la planta, se denominan

bioma microbiano y pueden generar efectos positivos en diversos procesos, como la germinación de semillas, el vigor de las plantas, el crecimiento y desarrollo, así como en mejorar la nutrición, incrementar la productividad y disminuir la incidencia de enfermedades. Algunos grupos microbianos tienen la capacidad de disminuir el estrés produciendo enzimas con acción antioxidante, así como también, participar en la rizorremediación pudiendo acumular metales pesados que amenazan el desarrollo de la planta (Huang *et al*., 2013).

Entre los microorganismos benéficos asociados a las plantas en la zona de la rizosfera, se destacan las bacterias fijadoras de nitrógeno, rizobacterias promotoras del crecimiento PGPR (*Plant growth-promoting rhizobacteria*, por sus siglas en inglés) hongos endo– y ectomicorrizicos y hongos promotores del crecimiento (León y Rojas, 2015). La presencia o ausencia de estos microorganismos está relacionada con la cantidad y calidad de los exudados radicales y de las interacciones microbianas que ocurren en la rizosfera (Raaijmakers *et al*., 2009). Algunas especies bacterianas, como las PGPR tienen la capacidad de colonizar las raíces y promover el crecimiento de las plantas mediante la mineralización de la materia orgánica. Otras ejercen acción de control biológico de patógenos, la fijación de nitrógeno, la solubilización de fósforo, el aumento en la disponibilidad de micronutrientes y la promoción del crecimiento en raíces (Pii *et al*., 2015). En la filósfera, las bacterias pueden influir en el crecimiento de las plantas, suprimir o estimular la colonización y la infección de tejidos por patógenos presentes en la planta (Yadav *et al*., 2010).

Control de patógenos por microorganismos

Existe un gran interés por la búsqueda de alternativas biológicas para el control de patógenos de las plantas que permitan disminuir la aplicación de productos químicos, entre estas opciones destaca el uso de agentes microbianos de control biológico. Por lo general, los fitopatógenos tienen antagonistas biológicos y en los últimos años el empleo de bacterias, hongos filamentosos y levaduras han sido utilizados en programas de control sobre diferentes patógenos de interés agrícola (Hernández-Lauzardo *et al*., 2007). Aproximadamente el 10 % de los microorganismos aislados, tienen la capacidad de inhibir el crecimiento de patógenos, con características de agresividad, persistencia, rápido crecimiento y capacidad de colonizar el medio donde se encuentra el agente causal (Ulloa-Ogaz *et al*., 2015).

Algunos microorganismos que se han utilizado como agentes microbianos de control son las bacterias de los géneros *Agrobacterium*, *Bacillus*, *Pseudomonas* y en hongos los géneros de *Ampelomyces*, *Candida*, *Coniothyrum* y *Trichoderma,* por tener diversos mecanismos de acción. Las principales características de un microorganismo seleccionado como agente antagonista son: 1) capacidad para colonizar superficies y persistir; 2) mayor habilidad para adquirir nutrientes; 3) capacidad de adaptación y sobrevivencia a diferentes condiciones ambientales; 4) estabilidad genética; 5) eficacia en bajas concentraciones; 6) bajos requerimientos de elementos nutricionales especiales y; 7) eficacia en una amplia gama de microorganismos patógenos (Izzeddin y Medina, 2011; Ulloa-Ogaz *et al*., 2015).

Mecanismos de acción de los microorganismos antagonistas

La filogenética de diversos microorganismos con capacidad natural para actuar como antagonistas ante varios patógenos vegetales ha cobrado interés, sin embargo, para poder implementarla de manera más adecuada, es de suma importancia discernir los mecanismos de

acción para desarrollar procesos seguros de aplicación, así como de elección de cepas eficientes (Allori Stazzonelli *et al*., 2014; Ulloa-Ogaz *et al*., 2015). Por lo cual, es indispensable la identificación y comprensión de los mecanismos de acción entre antagonistas y patógenos, así como el tipo de ambiente en donde se desarrollan satisfactoriamente puesto que, estos microorganismos dependen de los factores bióticos y abióticos para expresar su potencial, lo que permitirá seleccionar los agentes más eficaces para el control biológico (Cano, 2011; Nega, 2014).

Dentro de los mecanismos de acción asociados a microorganismos antagonistas (Figura 1) destaca la competencia por espacio y nutrientes, antibiosis, el parasitismo o el micoparasitismo en el cual el microorganismo antagonista parasita las células del patógeno y degrada su pared celular, la retracción de la membrana plasmática y desorganización de citoplasma (Romero-Cortes *et al.,* 2015). La fungistasis tiene que ver con la imposición de dormancia por el controlador biológico, al limitar nutrientes como el carbono al patógeno (De Boer *et al*., 2003). Otros mecanismos son la inducción de la resistencia en las plantas, la depredación, así como la secreción de metabolitos tóxicos volátiles y la producción de enzimas líticas (Bhattacharjee y Dey, 2014; Ulloa-Ogaz *et al*., 2015).

Algunos de los mecanismos asociados con el efecto antagónico de especies como *Bacillus* spp. y *Pseudomonas* spp., son por contacto como hiperparasitismo y predación; la producción de compuestos con actividad antimicrobiana y la resistencia sistémica inducida (Haddad *et al*., 2013; Villarreal-Delgado *et al*., 2018). Para las especies de *Bacillus* destaca la producción de antibióticos como los lipopéptidos no ribosomales que incluyen surfactinas, itaurinas y fengicinas con actividad antibacteriana y antifúngica que van a alterar procesos celulares del patógeno como el

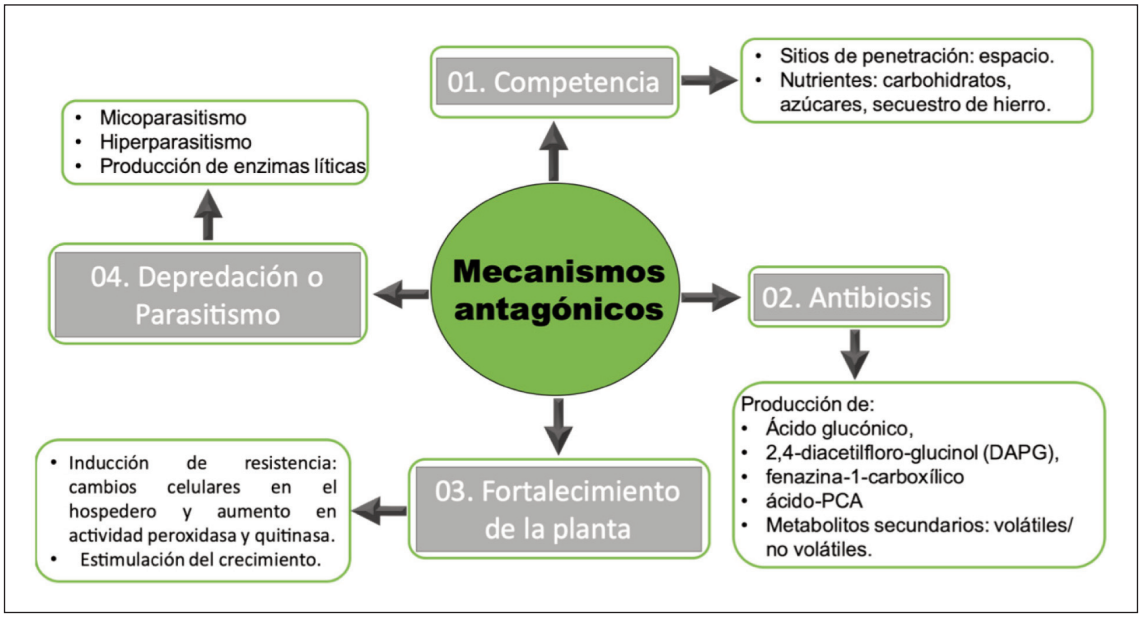


Figura 1. Mecanismos en microorganismos (Suarez *et al.*, 2009; Cano, 2011; Ditix *et al.*, 2015).
Figure 1. Mechanisms in microorganisms (Suarez et al.*, 2009; Cano, 2011; Ditix* et al.*, 2015).*

metabolismo energético, la homeostasis intracelular de calcio y el procesamiento de RNA (Lanna-Filho *et al*., 2010; Villarreal-Delgado *et al*., 2018). Además de la antibiosis, los lipopéptidos favorecen el establecimiento de *Bacillus* al regular la motilidad y la formación de biopelículas sin embargo, su estudio *in situ* es complejo (Mora *et al*., 2015). Otro de los mecanismos del género *Bacillus* más reportados contra patógenos fúngicos es la excresión de enzimas líticas (quitinasas y β-glucanasas) que van a degradar los principales polisacáridos que conforman la pared celular de hifas de patógenos como *Rhizoctonia solani, Botrytis elliptica* y *Colletotrichum lagenarium* (Martínez-Absalón *et al*, 2014; Shafi *et al*., 2017). Diversos géneros de *Bacillus* con capacidad de control biológico sintetizan sideróforos, regulando la disponibilidad de hierro a través de su quelatación (Fe^{3+}-sideroforo) limitando el crecimiento y colonización de patógenos dependientes de hierro y; para *Pseudomonas* se reporta la producción de antibióticos como el 2,4-diacetilfloroglucinol, supresor natural en el suelo, así como la pioluteorina, pirrolnitrina y síntesis de enzimas oxido-reductasas con efecto directo sobre los patógenos (Scharf *et al*., 2014; Soto *et al*., 2018).

En el caso de *Trichoderma*, es un hongo oportunista de rápido crecimiento y antagonista de hongos patógenos, oomicetos y nematodos por la competición de espacio y nutrientes. Otro mecanismo de este antagonista es el micoparasitismo, que incluye el reconocimiento del huésped, ataque, penetración y muerte. Durante este proceso el hongo segrega algunos metabolitos secundarios (trichodermina, dermadina, suzukacilina, viridina, alameticina) que degradan la pared celular, e inhibe el crecimiento de otros microorganismos. *Trichoderma* puede parasitar la hifa del patógeno, realizar diversos cambios en la fisiología del hospedante y penetrar la pared celular por la acción hidrolítica de enzimas como quitinasas y glucanasas; otro mecanismo reportado para este hongo es la antibiosis. Cabe mencionar que los metabolitos secundarios producidos por *Trichoderma* dependen del tipo de cepa y se han clasificado en tres categorías: 1) antibióticos volátiles como 6-pentil-α-pirona y aquellos derivados del isocianuro; 2) compuestos solubles en agua (ácido heptenoico) y 3) oligopéptidos ricos en ácido γ-aminobutírico (Khan *et al*., 2020; Thapa *et al*., 2020).

Hemileia vastatrix (Roya amarilla del café)

Es un hongo biótrofo o parasito obligado que infecta a las hojas del café. Se han reportado cerca de 32 razas de roya que atacan especies de género *Coffea,* principalmente a *arabica, canephora* y *liberica*. La raza II es la que prevalece en la mayoría de los países cafeticultores atacando todas las variedades cultivadas de *C. arabica*, que no expresa resistencia al patógeno (Cristancho-Ardila *et al*., 2007). El primer síntoma es la aparición de manchas de color amarillo-naranja o rojo-anaranjado en el envés de la hoja, que van aumentando de tamaño gradualmente, esto por el desarrollo de las uredosporas y teliosporas. Estas últimas pueden encontrarse en grupos compactos que generalmente se empalman entre las urediniosporas; que son las estructuras encargadas de la supervivencia e infección del hongo (Rivillas-Osorio *et al*., 2011). En daños severos, puede causar hasta el 60 % de defoliación originando una reducción en el rendimiento de la planta (Virginio y Astorga, 2015).

Microorganismos antagónicos de H. vastatrix

En el control biológico de la roya de café se han evaluado hongos y bacterias, aislados de la superficie de las hojas, ramas y raíces de la planta (Silva *et al*., 2012; Mejía, 2015). Como

antagonistas de *H. vastatrix* se indica a *Bacillus subtilis* Cohn que reduce la infección en más de un 77 % en invernadero, al limitar el desarrollo de urediniosporas en la hoja, y disminuir el número de células madre de haustorios, aplicado ocho días previos a la inoculación de *H. vastatrix;* y el efecto protector de *Pseudomonas putida* Trevisan, se observó al ser aplicado cuatro horas antes en las hojas de café. Estás bacterias no solo producen metabolitos secundarios y enzimas (lipoxigenasas, β-glucanasas y quitinasas) que inhiben la germinación de la Roya, también inducen resistencia sistémica en la planta (Haddad *et al*., 2013; Rivillas-Osorio *et al.,* 2011).

En el caso de los hongos *Acremonium byssoides* Gams & Lim, *Calcarisporium arbuscula* Preuss, *C. ovalisporum* Petch y *Sporothrix guttuliformis* Hoog, pueden colonizar e inhibir el desarrollo de las uredosporas y los tubos germinativos. Entre tanto, *Talaromyces wortmannii* Klöcker*, Lecanicillium lecanii* Zimm, *Verticillium hemileiae* Bouriquet y *V. lecanii* Zimm se han reportado como micoparasitos de *H. vastatrix* (Jackson *et al*., 2012; Haddad *et al*., 2013; Díaz-Vicente *et al*., 2014).

Shiomi *et al*. (2006), aislaron 44 cepas bacterianas endófitas de hojas y ramas de café, de las cuales 23 cepas presentaron capacidad para inhibir hasta 40 % la germinación de la uredosporas de *Hemileia vastatrix*. Se destacaron *Bacillus lentimorbus* Dutky, *B. Cereus* Frankland & Frankland, *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* Smith, *Klebsiella pneumoniae* Schroeter, *Klebsiella pneumoniae* Schroeter, *Pandorae pnomenusa* Coeye, *Kocuria kristinae* Kloos, *Cedecea davisae* Grimont y *Acinetobacter calcoaceticus* Beijerinck. La eficacia varió según el momento de la aplicación, siendo más eficaz de 24 horas a 72 horas antes que el patógeno. Por otro lado, Silva *et al*. (2012), aislaron 234 cepas bacterianas y fúngicas de hojas, ramas y raíces de plantas de café de la variedad Mundo novo, de ellas, 119 cepas bacterias presentaron resultados superiores en comparación con el tratamiento control. *Escherichia fergusonii* Farmer, *Acinetobacter calcoaceticus* Brisou y Prévot y *Salmonella entérica* serovar Typhi, presentaron resultados positivos en producción de fosfatasa, producción de ácido indolacético, sideróforos, citoquininas y giberelinas, lo que podría relacionarse con la capacidad de bacterias endófitas en la promoción del crecimiento. Las cepas bacterianas *Brevibacillus choshinensis* Takagi, *Pectobacterium carotovorum* Jones, *Bacillus megaterium* Bary, *Microbacterium testaceum* Komagata & Lizuka y *Cedecea davisae* Grimont presentaron capacidad antagónica y reducción de severidad de la enfermedad en un 97 % y 100 %.

M. citricolor (Ojo de gallo)

Ojo de gallo, gotera del cafeto, candelilla viruela y ojo de pavo real, son los nombres por el cual se le conoce a la enfermedad causada por *M. cítricolor*, la cual fue descubierta por primera vez en Colombia por Michelsen en 1880 (IICA, 1999). El daño se puede observar principalmente en plantaciones con exceso de sombrío con especies forestales, alta humedad relativa, baja luminosidad, poca ventilación y altas precipitaciones. Las hojas de café son la principal estructura de afectación, causando la defoliación que conduce a la disminución fotosintética de la planta, lo que perjudica su desarrollo y producción (Rivillas-Osorio y Castro-Toro, 2011).

El impacto económico causado por esta enfermedad es diverso en las diferentes zonas cafetaleras en Latinoamérica. En Puerto Rico se han estimado pérdidas de hasta un 75 %, en Costa Rica se han visto afectadas hasta un 15 % del total de hectáreas sembradas con café y en Guatemala se reporta una incidencia del 49 %. En México, *M. citricolor* se encuentra presente en diversas zonas cafetaleras, por lo que se considera de importancia

económica a pesar de que las pérdidas no sean de consecuencias, sin embargo, esta enfermedad se encuentra bajo vigilancia epidemiológica fitosanitaria debido a las pérdidas descritas en otros países (SENASICA, 2014), *Mycena citricolor* Berkeley & Curtis tiene un amplio rango de plantas hospederos, entre las que destaca el níspero (*Eriobotrya japonica* Thunb), el cacao (*Theobroma cacao* L.), el café (*Coffea arabica* L.), guamo churito (*Inga vera* Willd), anturios (*Anthurium* spp.), begonias (*Begania* spp), claveles (*Dianthus* spp), entre otras plantas que sirven de sombra para el café y ornamentales (Rivillas-Osorio y Castro-Toro, 2011).

Microorganismos antagónicos de M. citricolor

Son pocas las investigaciones encaminadas a la búsqueda de microorganismos con capacidad antagónica ante *M. citricolor.* Khan *et al.* (2020), indican que la efectividad antagónica de *Trichoderma longibrachiatum* Rifai es debido a una mezcla de metabolitos secundarios (Tricodimerol, Bislongiquinólido, Sorbicilinas, Bisvertinol, Bisvertinolona), que causan lisis de las hifas del patógeno. Por su parte, Vargas (1984) señaló la efectividad de *Trichoderma sp.* en conjunto con un fungicida elaborado a base de oxicloruro de cobre (Cobox), favoreciendo de manera notable la disminución de las lesiones. Sin embargo, los resultados obtenidos al evaluar de manera individual a *T. harzianum* no favoreció a este hongo. En contra parte, Salas (1970) encontró resultados positivos al confrontar *in vitro* a *T. harzianum* con *M. citricolor,* observando la capacidad del antagonista al parasitar y provocar lisis en micelio y cabecillas del hongo fitopatógeno. Mora *et al*. (1989), indican la capacidad antagónica de aislamientos bacterianos en cafetos con presencia de *Mycena citricolor* Berkeley & Curtis*,* observando la destrucción de las esporas fúngicas después de la inoculación con la suspensión bacteriana, que producen exoenzimas hidrolíticas, impidiendo progreso de la enfermedad. Quesada-Chanto y Jiménez-Ulate (1996), describieron una actividad antifúngica en la evaluación del extracto filtrado libre de células, obtenido del crecimiento de *Bacillus* sp., concluyendo como una alternativa con potencial para el control de dicho patógeno.

C. coffeicola (Mancha de hierro)

C. coffeicola es una de las enfermedades más antiguas del cultivo de café, siendo un problema fitosanitario desde la plántula en el vivero hasta el campo. En vivero se observa la defoliación, afectando notablemente el crecimiento de las plantas siendo inadecuadas para la siembra. En cultivos con baja fertilización, el patógeno causa daño en los granos, favoreciendo la entrada para otros hongos, así como su caída prematura llegando a causar pérdidas del 15 % al 30 % (Lacerda *et al*., 2013). En México, ésta enfermedad se encuentra bajo vigilancia debido a los daños económicos que ha causado en los países cafetaleros.

Las lesiones en hojas causas por *C. coffeicola* se describen como manchas anfígenas (por haz y envés), redondas de aproximadamente 1 mm a 3 mm de diámetro, el centro con una coloración blanco grisáceo, circundado por un anillo marginal uniforme de color rojizo o marrón. En los frutos, el pergamino se mancha y la pulpa se pega a los granos causando deformidad en la almendra (González *et al*., 2000). En cuanto a los factores climáticos que favorecen la presencia de este hongo, se destaca las altas temperaturas, presentando más daños en meses de verano y climas cálidos, por la noche y en días fríos, con altas humedad se puede favorecer las fructificaciones conidiales de aspecto grisáceo en ambos lados de la hoja (Rengifo-Guzmán *et al*., 2002).

Microorganismos antagónicos de C. coffeicola

Las investigaciones encaminadas al control biológico específicamente para la especie de *C. coffeicola* son muy escasas. Sirinunta y Akarapisan (2015), evaluaron bacterias aisladas de la rizosfera de *C. arabica*, obteniendo dos bacterias del género de *Bacillus* ssp. con características antagónicas ante mancha de hierro, cuyos resultados inhibieron al hongo patógeno, aplicando la formulación de la bacteria 24 horas antes o después de la inoculación del patógeno.

Otros trabajos relacionados con el control biológico para el género de *Cercospora* mencionan la eficacia de *B. subtilis* ante el daño en *Lactuca sativa* L., observando una inhibición del 81 % (Srimai y Akarapisarn, 2014). Este grupo de bacterias también se han indicado como antagonista para *C. beticola* Sacc (Lindow y Brandl, 2003). En cuanto a hongos utilizados para el control de este fitopatógeno, destaca *Trichoderma* aislado de remolacha azucarera con un porcentaje de inhibición de 63,5 % hasta la inhibición de la germinación de conidios de *C. beticola* (Galletti *et al*., 2008).

Conclusión

Con base en los antecedentes bibliográficos expuestos, se puede afirmar que el control biológico representa una alternativa para la agricultura moderna, además es necesario realizar investigaciones enfocadas a conocer más a detalle las interacciones del bioma microbiano, la eficiencia antagónica, así como, los mecanismos de interacción entre los bacterias y hongos, que influyen en el ciclo de vida de los patógenos para definir su posible aplicación biotecnológica, durante la producción de café. El control biológico con microorganismos antagonistas promete ser una técnica con potencial para el manejo de la Roya amarilla del café (*H. vastatrix*), Mancha de hierro (*C. coffeicola*) y Ojo de gallo (*M. citricolor*). Así mismo, resulta de interés aislar, identificar y seleccionar microorganismos antagónicos nativos, presentes en el microhabitat de una región cafetalera y generar agentes de control biológico para la agricultura moderna que no tuviera limitaciones abióticas para su multiplicación y mecanismo de acción.

Agradecimientos

El primer autor agradece la beca CONACyT para la realización de estudios de nivel doctoral.

Referencias bibliográficas

Allori Stazzonelli E, Yasem MG, Ploper LD (2014). Inhibición de *Sclerotinia sclerotiorum* por metabolitos volátiles y no volátiles producidos por especies nativas del género *Trichoderma.* Revista Agronomica del Noroeste Argentino 34(2): 197-199.

Baron NC, Rigobelo EC, Zied DC (2019). Filamentous fungi in biological control: current status and future perspectives. Chilean Journal of Agricultural Research 79(2): 307-315. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392019000200307

Bhattacharjee R, Dey U (2014). An overview of fungal and bacterial biopesticides to control plant pathogens/diseases. African Journal of Microbiology Research 8(17): 1779-1762. https://doi.org/10.5897/AJMR2013.6356

Bulgarelli D, Schlaeppi K, Spaepen S, van Themaat EVL, Schulze-Lefert P (2013). Structure and functions of the bacterial microbiota of plants. Annual Review of Plant Biology 64: 807-838.

Canet G, Soto C (2016). Principales plagas y enfermedades del cafeto. En: La situación y tendencias de la producción de café en América Latina

y el Caribe (Ed. Canet G, Soto C, Ocampo P, Rivera J, Navarro A, Guatemala GM, Villanueva S), pp. 22-42. IICA, CIATEJ. San José, Costa Rica.

Cano MA (2011). Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, *Trichoderma* spp. y *Pseudomonas* spp. una revisión. Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica 14(2): 15-31. https://doi.org/10.31910/rudca.v14.n2.2011.771

Cerda R, Avelino J, Harvey CA, Gary C, Tixier P, Allinne C (2020). Coffee agroforestry systems capable of reducing disease-induced yield and economic losses while providing multiple ecosystem services. Crop Protection 134: 105149. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105149

Cristancho-Ardila MA, Escobar-Ochoa C, Ocampo-Muñoz JD (2007). Evolución de razas de *Hemileia vastatrix* en Colombia. Cenicafé 58 (4): 340-359.

De Boer W, Verheggen P, Klein Gunnewiek PJA, Kowalchuk GA, van Veen JA (2003). Microbial community composition affects soil fungistasis. Applied and Environmental Microbiology 69(2): 835-844. https://doi.org/10.1128/AEM.69.2.835-844.2003

Díaz-Vicente VM, Pinzón-Rincón EP, Pérez-Quintanilla JN, Cabrera-Alvarado ME, Magallanes-Cedeño R, De Coss-Flores ME (2014). El hongo *Verticillum hemileiae* Bouriquet, alternativa para el control de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk *et* Br.). Agro productividad 7(3): 58-62.

Dreistadt SH (2014). Biological control and natural enemies of invertebrates. Pest Notes Publication 74140. Agriculture and Natural Resources. University of California. 6 pp.

Eilenberg J, Hajek A, Lomer C (2001). Suggestions for unifying the terminology in biological control. BioControl 46: 387-400. https://doi.org/10.1023/A:1014193329979

Galletti S, Burzi PL, Cerato C, Marinello S, Sala E (2008). *Trichoderma* as a potential biocontrol agent for *Cercospora* leaf spot of sugar beet. BioControl 53(1): 917-930. https://doi.org/10.1007/s10526-007-9113-1

Gerbore J, Benhamou N, Vallance J, Le Floch G, Grizard D, Regnault-Roger C, Rey P (2014). Biological control of plant pathogens: advantages and limitations seen through the case study of *Pythium oligandrum.* Environmental Science and Pollution Research 21: 4847-4860. https://doi.org/10.1007/s11356-013-1807-6

González A, Fajardo M, Leguizamón-Caycedo J, Cristancho-Ardila MA, Chaves-Cordoba B (2000). Variabilidad morfológica, patogénica y molecular de aislamientos de *Cercospora coffeicola.* Cenicafé. 51(4): 306-315.

Guédez C, Castillo C, Cañizales L, Olivar R (2008). Control biológico: una herramienta para el desarrollo sustentable y sostenible. Academia 7(13): 50-74.

Haddad F, Saraiva RM, Mizubuti ESG, Romeiro RS, Maffia LA (2013). Antifungal compounds as a mechanism to control *Hemileia vastatrix* by antagonistic bacteria. Tropical Plant Pathology 38(5): 398-405. https://doi.org/10.1590/S1982-56762013000500004

Helmuth WR (2000). Manejo integrado y control biológico de plagas y enfermedades. Una guía teórica. Proexant. Ecuador. 115 p.

Hernández-Lauzardo AN, Bautista-Baños S, Velázquez-del Valle MG, Hernández-Rodríguez A (2007). Uso de Microorganismos antagonistas en el control de enfermedades postcosecha en frutos. Revista Mexicana de Fitopatología 25(1): 66-74.

Huang LF, Song LX, Xia XJ, Mao WH, Shi K, Zhou YH, Yu JQ (2013). Plant-soil feedbacks and soil sickness: From mechanisms to application in agriculture. Journal of Chemical Ecology 39: 232-242. https://doi.org/10.1007/s10886-013-0244-9

IICA (1999). Desafíos de la cafeticultura en Centroamérica. PROMECAFE, CIRAD, IRD, Francia. 496 p.

Izzeddin N, Medina L (2011). Efecto del control biológico por antagonistas sobre patógenos en vegetales de consumo humano. Salus 15(3): 8-12.

Jackson D, Skillman J, Vandermeer J (2012). Indirect biological control of the coffee leaf rust, *Hemileia vastatrix,* by the entomogenous fungus *Lecanicillium lecanii* in a complex coffee agroecosystem. Biological Control 61: 89-97. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2012.01.004

Khan KAA, Najeeb S, Hussain S, Xie B, Li Y (2020). Bioactive secondary metabolites from *Trichoderma* spp against phytopathogenic fungi. Microorganisms 8(6): 817 https://doi.org/10.3390/microorganisms8060817

Lanna-Filho R, Ferro HM, Pinho RSC (2010). Controle biológico mediado por *Bacillus subtilis.* Revista Trópica 4:12-20.

Lacerda PTB, Estevao SP, Stella SM, Pereida MF (2013). Progress of *Cercospora* leaf spot in coffee under different irrigation management systems and plating densities. Coffee Science, Lavras 8(2): 158-167.

León LH, Rojas LM (2015). Determinación del potencial promotor del crecimiento vegetal de *Azotobacter* spp. aislados de la rizósfera de malezas en cultivos de maíz (*Zea mays* L.). Scientia Agropecuaria 6(4): 247-257. http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.04.02

Lindow SE, Brandl MT (2003). Microbiology of the Phyllosphere. Applied and environmental microbiology. 69(4): 1875-1883. http://dx.doi.org/10.1128/AEM.69.4.1875-1883.2003

Martínez-Absalón S, Rojas-Solís D, Hernández-León R, Prieto-Barajas C, Orozco-Mosqueda MC, Peña-Cabriales JJ, Sakuda S, Valencia-Cantero E, Santoyo G (2014). Potential use and mode of action of the new strain *Bacillus thuringiensis* UM96 for the biological control of the gray mold phytopathogen *Botrytis cinerea*. Biocontrol Science Technology 24: 1349-1362. http://dx.doi.org/10.1080/09583157.2014.940846

Mejía LC (2015). Microbiomas y control biológico como alternativa de manejo de la roya anaranjada del cafeto. En: Memorias del Seminario Científico Internacional Manejo Agroecológico de la Roya del Café. 16-18 septiembre 2014, Ciudad de Panamá, Panamá. pp. 47-54.

Mora F, Ramírez C, Vargas E, Rodríguez T (1989). Empleo de bacterias antagonistas en el combate de la enfermedad Ojo de Gallo del cafeto causada por *Mycena citricolor* (Berk & Curt) Sacc. Turrialba 39(3): 346-352.

Mora I, Cabrefiga J, Montesinos E (2015). Cyclic lipopeptide biosynthetic genes and products, and inhibitory activity of plant-associated *Bacillus* against phytopathogenic bacteria. PLoS One 10: e0127738. http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0127738

Nega A (2014). Review on concepts in Biological Control of Plant Pathogens. Journal of Biology, Agriculture and Healthcare 4(27): 33-54.

Pii Y, Mimmo T, Tomasi N, Terzano R, Cesco S, Crecchio C (2015). Microbial interactions in the rhizosphere: beneficial influences of plant growth-promoting rhizobacteria on nutrient acquisition process. A review. Biology and Fertility of Soil 51: 403-415. https://doi.org/10.1007/s00374-015-0996-1

Quesada-Chanto F, Jiménez-Ulate F (1996). Short communication: *In vitro* evaluation of a *Bacillus* sp. for the biological control of the coffee phytopathogen *Mycena citricolor.* World Journal of Microbiology and Biotecnology 12(1): 97-98.

Raaijmakers JM, Paulitz TC, Steinberg C, Alabouvette C, Moënne-Loccoz Y (2009). The rhizosphere: a playground and battlefield for soilborne pathogens and beneficial microorganisms. Plant and Soil 321: 341-361. https://doi.org/10.1007/s11104-008-9568-6

Rengifo-Guzmán HG, Leguizamón-Caydedo JE, Riaño-Herrera NM (2002). Algunos aspectos biológicos de *Cercospora coffeicola*. Cenicafé 53(3): 169-177.

Rivillas-Osorio CA, Serna-Giraldo CA, Cristancho-Ardilla MA, Gaitán-Bustamante AL (2011). La roya del cafeto en Colombia. Impacto, manejo y costos de control. Boletín Técnico Cenicafé 36. 53 pp.

Rivillas-Osorio CA, Castro-Toro AM (2011). Ojo de Gallo o Gota del Cafeto (*Omphalia flavida*). Boletín Técnico Cenicafé 37. 25 pp.

Romero-Cortes T, López-Pérez PA, Ramírez-Lepe M, Cuervo-Parra JA (2015). Modelado cinético del micoparasitismo por *Trichoderma harzianum* contra *Cladosporium cladosporioides* aislado de frutos de cacao (*Theobroma cacao*). Chilean Journal Agricultural Animal Sciences 31(3): 32-45. http://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902016000100004

Salas JA (1970). Studies on the production of the perfect stage of *Mycena citricolor* (Bert & Curt) Ph.D. Thesis. University of California, Berkeley. 117 p.

Sánchez-García BM, Espinosa-Huerta E, Villordo-Pineda E, Rodríguez-Guerra R, Mora-Avilés MA (2017). Identificación molecular y evaluación antagónica *in vitro* de cepas nativas de *Trichoderma* spp. sobre hongos fitopatógenos en raíz en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) *cv.* Montcalm. Agrociencia 51(1): 63-79.

Scharf DH, Heinekamp T, Brakhage AA (2014). Human and plant fungal pathogens: the role of secondary metabolites. PLoS Pathogens 10(1): e1003859. http://dx.doi.org/10.1371/journal.ppat.1003859

SENASICA (2014). Ojo de gallo *Mycena citricolor* (Berkeley & Curtis). Ficha Técnica (49) Dirección General de Sanidad Vegetal. 16 p.

SENASICA (2018). Fitosanidad de cafeto: Situación epidemiológica de la Roya del Cafeto y otros riesgos Fitosanitarios asociados al cultivo del Cafeto en diez estados productores. Boletín epidemiológico No. 63. SAGARPA-SENASICA-DGSV México. 5 pp.

Shafi J, Tian H, Ji M (2017). *Bacillus* species as versatile weapons for plant pathogens: a review. Biotechnology and Biotechnological Equipment 31: 446-459. http://dx.doi.org/10.1080/13102818.2017.1286950

Shiomi HF, Silva HSA, de Melo IS, Nunes FV, Bettiol W (2006). Bioprospecting endophytic bacteria for biological control of coffee leaf rust. Scientia Agricola 63(1): 32-39. https://doi.org/10.1590/S0103-90162006000100006

Silva HSA, Tozzi JP, Terrasan CRF, Bettiol W (2012). Endophytic microorganism from coffee tissues as plant growth promoters and biocontrol agents of coffee leaf rust. Biological Control 63: 62-67. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2012.06.005

Sirinunta A, Akarapisan A (2015). Screening of antagonistic bacteria for controlling *Cercospora coffeicola* in Arabica coffee. Journal of Agricultural Technology 11(5): 1209-1218.

Soto F, Tramón C, Aqueveque P, Bruijn J (2018). Microorganismos antagonistas que inhiben el desarrollo de patógenos en post-cosecha de limones (*Citrus limon* L.). Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences 34(2): 173-184. https://doi.org/10.4067/S0719-38902018005000406

Srimai K, Akarapisarn A (2014). *Bacillus subtilis* LBF02 as biocontrol agent against leaf spot diseases caused by *Cercospora lactucae-sativae* in lettuce. Journal of Agricultural Science 6(3): 151-158. https://doi.org/10.5539/jas.v6n3p151

Temis-Pérez AL, López-Malo Vigil A, Sosa-Morales ME (2011). Producción del café (*Coffea arabica* L.): cultivo, beneficio, plagas y enfermedades. Temas selectos de Ingeniería de Alimentos 5(2): 54-74.

Thapa S, Sotang N, Limbu AK, Joshi A (2020). Impact of *Trichoderma* sp. in agriculture: A mini-review. Journal Biology Today s World 9(7): 227.

Torres NE, Melchor-Martínez EM, Ochoa JS, Ramírez-Mendoza RA, Parra-Saldívar R, Iqbal HMN (2020). Impact of climate change and early development of coffee rust. An overview of control strategies to preserve organic cultivars in Mexico. Science of The Total Environment 738: 140225. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140225

Ulloa-Ogaz AL, Muñoz-Castellanos LN, Nevárez-Moorillón GV (2015). Biocontrol of phytopathogens: Antibiotic production as mechanism of control. En: The Battle Against Microbial Pathogens: Basic Science, Technological Advances and Educational Programs (Ed. Méndez-Vilas A), pp. 305-309. Formatex, Badajoz, España.

Vargas E (1984). Interacción de tratamiento biológico y químico en el combate del ojo de gallo (*Mycena citricolor*) en el cafeto. Agronomía Costarricense 8(2): 91-97.

Villamil JE, Viteri SE, Villegas WL (2015). Aplicación de antagonistas microbianos para el control biológico de *Moniliophthora roreri* Cif & Par en *Theobroma cacao* L. Bajo condiciones de campo. Revista de la Facultad Nacional de Agronomía de Medellín 68(1): 7441-7450. http://dx.doi.org/10.15446/rfnam.v68n1.47830

Villarreal-Delgado MF, Villa-Rodríguez ED, Cira-Chávez LA, Estrada-Alvarado MI, Parra-Cota FI, Santos-Villalobos S (2018). El género *Bacillus* como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola. Revista

Mexicana de Fitopatología 36(1): 95-130. https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1706-5

Virginio FE, Astorga DC (2015). Prevención y control de la roya del café. Manual de buenas prácticas para técnicos y facilitadores. Manual técnico No. 131. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 96 pp.

Yadav R, Karamanoli K, Vokou D (2010). Estimating bacterial population on the phyllosphere by serial dilution plating and leaf imprint methods. Ecoprint 17: 47-52. https://doi.org/10.3126/eco.v17i0.4105

(Aceptado para publicación el 5 de diciembre de 2020)

Taninos condensados de la esparceta y su efecto sobre los parámetros de la fermentación ruminal. Influencia del estado fenológico y de la conservación. Revisión bibliográfica

Pablo José Rufino-Moya[1,2], Mireia Blanco[1,2] y Margalida Joy[1,2,*]

[1] Unidad de Producción y Sanidad Animal. Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA). Avda. Montañana 930, 50059, Zaragoza, España

[2] Instituto Agroalimentario de Aragón – IA2 (CITA-Universidad de Zaragoza). Calle Miguel Servet 177, 50013, Zaragoza, España

Resumen

La esparceta (*Onobrychis viciifolia*) es una leguminosa forrajera con taninos condensados (TC), cuyo contenido puede variar en función de la variedad, el estado fenológico, la conservación del forraje, etc. Los TC pueden afectar a algunos parámetros de la fermentación ruminal dependiendo de su contenido en la dieta y la composición química de ésta, de la estructura química de los TC y de la especie de rumiante, entre otros. En esta revisión se pretende estudiar la influencia de la presencia de los TC, del estado fenológico y de la conservación de la esparceta en el contenido y fracciones de TC (libres, ligados a proteína y a fibra), así como en sus características estructurales (grado de polimerización, relación prodelfinidina:procianidina y relación *cis:trans* en la unidad de flavanol) y sus efectos en la fermentación ruminal de ovino y vacuno. Los TC provocan principalmente una reducción de la producción de gas y metano y una reducción de la degradación de la proteína que se manifiesta por una reducción en los contenidos de amoniaco e iso-ácidos. Sin embargo, existen discrepancias en los resultados obtenidos tanto en los estudios que usan polietilenglicol, como en los estudios que evalúan el efecto del estado fenológico y la conservación. Es difícil diferenciar si los cambios que se dan son debidos a cambios en la composición química o cambios en los TC y sus fracciones. A lo largo del desarrollo del forraje se puede dar una reducción del contenido de TC mientras que la conservación da lugar a cambios en la distribución de las fracciones de TC, especialmente en el ensilado. Sin embargo, los estudios no son concluyentes y muestran que otros factores distintos al contenido en TC, como el tipo de dieta, la especie rumiante o el tiempo de incubación, también afectan a la fermentación ruminal.

Palabras clave: Fermentación *in vitro*, metano, amoniaco, ácidos grasos volátiles, heno, silo.

Condensed tannins of sainfoin and their effect on ruminal fermentation. Influence of phenological stage and preservation. A review

Abstract

Sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) is a forage legume with condensed tannins (CT), varying the content upon different factors such as the variety, phenological stage, forage preservation, etc. The CT can affect some

* Autor para correspondencia: mjoy@cita-aragon.es

Cita del artículo: Rufino-Moya PJ, Blanco M, Joy M (2021). Taninos condensados de la esparceta y su efecto sobre los parámetros de la fermentación ruminal. Influencia del estado fenológico y de la conservación. Revisión bibliográfica. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 117(3): 227-246. https://doi.org/10.12706/itea.2020.026

parameters of the ruminal fermentation depending on their content and their chemical structure, the chemical composition of the diet and the ruminant species, among other factors. The objective of this review is to study the influence of CT, the phenological stage and the preservation of the sainfoin on the CT content and its fractions (free, protein-bound and fibre-bound), as well as in its structural characteristics (degree of polymerization, ratio of prodelphinidin:procyanidin and ratio of *cis:trans* in the flavanol unit) and their effects on ruminal fermentation in sheep and cattle. Condensed tannins mainly cause a reduction in the production of gas and methane and a reduction in the degradation of the protein that is showed by a reduction in the contents of ammonia and iso-acids. However, there are still controversies in the studies using polyethylene glycol and in the studies that evaluate the phenological stage and preservation. It is difficult to ascribe the difference to changes in chemical composition and/or changes in CTs characteristics... As forage develops, a reduction in CT content can occur whereas preservation leads to changes in the distribution of CT fractions, especially in silage. However, the studies are not conclusive and show that other factors different to the CT content also affect the ruminal fermentation, such as type of diet, ruminant species or incubation time.

Keywords: *In vitro* fermentation, methane, ammonia, volatile fatty acids, hay, silage.

Introducción

Algunas leguminosas forrajeras tienen taninos condensados (TC), que son compuestos secundarios cuya función principal es la defensa de la planta (Bodas *et al.*, 2012). Entre las especies de leguminosas forrajeras con TC cultivadas en España destaca la esparceta (*Onobrychis viciifolia)* con una superficie cultivada de más de 25.000 Ha y una producción de unas 260.000 toneladas en 2018 (MAPA, 2019). La producción anual de la esparceta se concentra principalmente en primavera, produciéndose alrededor de dos tercios del total, y el resto se distribuye entre el verano y el otoño (Delgado *et al.*, 2008). Esto hace que el aprovechamiento mayoritario para la alimentación de rumiantes sea mediante la conservación, siendo la henificación la forma de conservación más comúnmente usada. Dicha henificación conlleva una modificación de la composición química con pérdidas de proteína bruta (PB) e incremento de la fibra que pueden variar según el manejo mecánico, la exposición a la intemperie o la respiración durante el almacenamiento (Aufrere *et al.*, 2008; Wang *et al.*, 2015). La conservación mediante ensilado es menos frecuente por el bajo contenido en carbohidratos solubles y alta capacidad tampón de la esparceta que pueden impedir una correcta acidificación del ensilado (Heinritz *et al.*, 2012). Sin embargo, esto se puede contrarrestar con una desecación previa al ensilado y/o la aplicación de aditivos durante el proceso de ensilado que favorecen la fermentación adecuada (Lorenz *et al.*, 2010).

Químicamente, los TC o proantocianidinas son compuestos fenólicos oligoméricos o poliméricos no ramificados constituidos por monómeros de antocianinas (flavan-3-oles) que no son susceptibles a la degradación anaeróbica de las enzimas (Waghorn, 2008; Jonker y Yu, 2017). Todas las proantocianidinas contienen monómeros de (+) catequina y su isómero (–) epicatequina. Los TC se clasifican en procianidinas (PC) (constituidas únicamente por catequina y epicatequina), propelargonidinas (además contienen (+) afzelequina y (–) epiafzelequina) y prodelfinidinas (PD) (contienen (+) galocatequina y (–) epigalocatequina), siendo estos últimos los principales polímeros en la esparceta (Jonker y Yu, 2017; Mueller-Harvey *et al*., 2019). Los TC se pueden caracterizar según sus fracciones: TC libres (TCL), ligados a proteína (TCP) y ligados a fibra (TCF). Los métodos más extendidos que permiten la determinación de los TCL son el butano-HCl (Porter *et al*., 1985) y el vanillina-

HCl (Broadhurst y Jones, 1978) y estos métodos modificados permiten determinar los TCP y TCF (Terrill *et al*., 1992). Por otro lado, se puede determinar el grado de polimerización (GP), la relación PD:PC y la relación *cis:trans* en la unidad del flavanol (Theodoridou *et al.*, 2010 y 2011a) mediante técnicas cromatográficas como la tiólisis o floroglucinólisis (Gea *et al*., 2011) o con equipos de resonancia magnética nuclear, MALDI TOF MS o UPLC-MS/MS (Stringano *et al*., 2011; Engstrom *et al*., 2014). Dichas características determinan las propiedades químicas y la bioactividad de los TC, influyendo en la formación de complejos con la proteína y la fibra por parte de los TC (Jonker y Yu, 2017). Sin embargo, la cuantificación y caracterización es complicada debido a una falta de normalización de los métodos analíticos para la determinación de TC, así como de los estándares utilizados para expresarlos, generando una gran variabilidad de resultados entre estudios (Frutos *et al.*, 2004a; Toral *et al.*, 2016).

El contenido de TC y sus características estructurales dependen tanto de factores intrínsecos de la planta (variedad, estado fenológico,…) (Theodoridou *et al.*, 2011b; Hatew *et al.*, 2015) como de factores extrínsecos (humedad, temperatura, radiaciones solares, conservación,…) (Mole *et al.*, 1988; McMahon *et al.*, 2000; Li *et al.*, 2014). Diversos estudios apuntan a que los TC afectan a parámetros de la fermentación ruminal, como a la producción de metano y/o la degradación ruminal de la proteína (Theodoridou *et al.*, 2011b; Niderkorn *et al.*, 2012). Sin embargo, los efectos sobre la fermentación ruminal dependen tanto del contenido del TC como de sus características estructurales (Theodoridou *et al.*, 2011b; Hatew *et al.*, 2016; Huyen *et al.*, 2016), los cuales están influenciados por el estado fenológico y la conservación de la esparceta (Theodoridou *et al.*, 2010; Rufino-Moya *et al.,* 2019a,b). En la presente revisión se estudiarán los efectos del contenido en TC, del estado fenológico y de la conservación de la esparceta en el contenido y fracciones de TC (libres, ligados a proteína y a fibra), así como en sus características estructurales (grado de polimerización, relación prodelfinidina:procianidina y relación *cis:trans* en la unidad de flavanol) y sus efectos en la fermentación ruminal de ovino y vacuno.

Presencia de taninos condensados en la esparceta y efectos sobre la fermentación ruminal

Los factores ligados a la planta, como la variedad, influyen en el contenido y características de los TC de la esparceta (McMahon *et al.*, 2000; Hatew *et al.*, 2015; Jonker y Yu, 2017). El estado fenológico de la planta también determina dicho contenido (Theodoridou *et al.*, 2011a; Rufino-Moya *et al.*, 2019b) dado que el grado de madurez influye sobre los porcentajes de hojas, flores y frutos de una planta, los cuales presentan distinto contenido en TC (Frutos *et al.*, 2002). Específicamente, los TC se presentan en mayor concentración en las hojas en la esparceta (Piluzza y Bullitta, 2010). Los resultados recopilados muestran una amplia variabilidad de contenido de los TC y sus fracciones, así de sus características estructurales (Tabla 1).

También hay factores medioambientales que afectan al contenido de TC (Frutos *et al.*, 2002; Wang *et al.*, 2015). El déficit hídrico y elevadas temperaturas (McMahon *et al.*, 2000; Li *et al.*, 2014), la mayor intensidad de la luz y de radiaciones solares (Mole *et al.*, 1988) y/o las adversas propiedades físicas del suelo (Kelman y Tanner, 1990), provocan una mayor síntesis y concentración de los TC. Otro factor extrínseco de la planta que afecta al contenido de TC, es el proceso de conservación, como se detalla más adelante.

Tabla 1. Contenido en taninos condensados totales (TCT), libres (TCL), ligados a la proteína (TCP), ligados a fibra (TCF), grado de polimerización (GP), relación de prodelfinidinas (PD) y relación de configuración *cis* (CIS) de la esparceta según el estado fenológico.
Table 1. Content of total condensed tannins (TCT), extractable (ECT), protein-bound (PBCT), fiber-bound (FBCT), mean degree of polymerization (mDP), ratio of prodelphinidins (PD), ratio of cis configuration (CIS) of sainfoin according to the phenological stage.

Tipo forraje/ variedad	Estado fenológico	TCT	TCL	TCP	TCF	GP	PD	CIS	Ref
Fresco									
Ambra	Vegetativo	3,8				25	63	71	[1]
	Botón floral	6				40	69	79	[1]
	Inicio floración	6,2				46	71	79	[1]
Anatolian	Vegetativo	105							[2]
	Floración	69,6							[2]
	Semilla	42,6							[2]
Esparcette	Vegetativo	5,2				25	63,5	78	[1]
	Botón floral	6,7				31	67	83	[1]
	Inicio floración	6,2				39	70,5	83	[1]
LRC 3519	Vegetativo		24,5						[3]
	Inicio floración		6,6						[3]
Perly	Floración	174	79	15	6				[4]
	Final floración	207	79	15	6				[4]
	Inicio floración	13,6				11	70,5	81,7	[5]
	Final floración	6,2				31	69,2	82,9	[5]
	Inicio floración	13,6				11	70,5	81,7	[6]
	Final floración	6,2				31	69,2	82,9	[6]
	Semilla	8,3				21,9	66,2	79	[6]
Reznos	Vegetativo	46	40	4,3	2,2				[7]
	Inicio floración	44	37	4,9	1,9				[7]
	Final floración	30	25	3,8	1,3				[7]
Villahoz	Vegetativo	3				25	64	68	[1]
	Botón floral	5				37	68	79	[1]
	Inicio floración	4,8				37	70,5	79	[1]
Zeus	Vegetativo		35						[8]
	Inicio floración		25						[8]
Nova	Vegetativo	67,2	60,8	5,9	0,5				[9]
	Floración	33,9	30	3,4	0,54				[9]

Tipo forraje/ variedad	Estado fenológico	TCT	TCL	TCP	TCF	GP	PD	CIS	Ref
Predesecado									
Perly	Final floración	166	69	22	9				[4]
	Floración	156	56	33	11				[4]
Heno									
Avellinese	Botón floral	31,5							[10]
	Inicio floración	9,8							[10]
	Final floración	5,8							[10]
	Inicio semillado	10,6							[10]
Perly	Floración		12,5			26,4	70,5	75,5	[11]
Ambra	Floración		8,7			30,9	79,3	74,4	[11]
Teruel	Floración		9,1			27,2	72,3	75,8	[11]
CPI63763	Floración		8,8			20,4	80,6	70,1	[11]
CPI63767	Floración		9			84	82,8	70,4	[11]
Rees A	Floración		15,6			19,4	65,7	76,5	[11]
Cotswold Common	Floración		10,7			15,8	80,8	75,2	[11]
Visnovsky	Floración		12			25,8	67,8	79,6	[11]
Cotswold Common	Floración		10			31	71	78	[12]
CPI63763	Floración		7			24	77	68	[12]
CPI63767	Floración		5			73	75	74	[12]
Rees A	Floración		11			13	71	78	[12]
Silo									
Perly	Inicio floración	33,6							[13]
	Final floración	25,6							[13]
	Floración	136	37	78,7	20,3				[14]

Ref = Referencias.

[1] Theodoridou *et al.*, 2011a[1]; [2] Bal *et al.*, 2006[2]; [3]Chung *et al.*, 2014[3]; [4] Girard *et al.*, 2018[4]; [5] Theodoridou *et al.*, 2011b[1]; [6] Theodoridou *et al.*, 2010[1]; [7] Rufino-moya *et al.*, 2019b[4]; [8] Aufrere *et al.*, 2008[2]; [9] Li *et al.*, 2014[4]; [10] Guglielmelli *et al.*, 2011[5]; [11] Hatew *et al.*, 2015[6]; [12] Hatew *et al.*, 2016[6]; [13] Theodoridou *et al.*, 2012[1]; [14] Brinkhaus *et al.*, 2017[4].

[1]g TC/kg MS; [2]g eq leucocianidina/kg MS; [3]g eq TC *Lotus pedunculatus*/kg MS; [4]g eq TC esparceta/kg MS; [5]g eq catequina/kg MS; [6]g TC esparceta/kg esparceta liofilizada.

El efecto de los TC sobre la fermentación ruminal depende de su concentración y sus características estructurales (Hatew *et al.*, 2016; Huyen *et al.*, 2016), la especie rumiante que lo ingiere (Frutos *et al.*, 2004b; Bueno *et al.*, 2015) y la composición de la dieta y/o el tiempo de incubación (Hervás *et al.*, 2003; Martínez *et al.*, 2006). Las dosis elevadas de TC en la dieta (>50 g/kg MS) se asocian con efectos negativos como la reducción de la ingestión voluntaria, la digestibilidad y el metabolismo del rumen (Frutos *et al.*, 2004a; Waghorn, 2008; Patra y Saxena, 2011). La reducción de la ingestión voluntaria debido a una alta concentración de TC está asociada con: i) la reducción de la palatabilidad debido a la sensación de astringencia (Makkar, 2003; Waghorn, 2008); ii) el enlentecimiento de la fermentación ruminal como consecuencia de la formación de complejos con los nutrientes (Kumar y Singh, 1984); iii) el desarrollo de aversiones provocadas por los efectos post-prandiales (Hervás *et al.*, 2003). La reducción de la digestibilidad se debe: i) a la formación de complejos entre TC y los componentes de la dieta (Mueller-Harvey, 2006); ii) a la inhibición enzimática (O'Donovan y Brooker, 2001); iii) y a la acción sobre los microorganismos ruminales (Patra y Saxena, 2011). Sin embargo, los TC no tienen el mismo efecto en todos los componentes de la dieta, afectando en mayor grado a las proteínas que a los carbohidratos debido a su mayor afinidad por las primeras (Kumar y Singh, 1984; McMahon *et al.*, 2000). Los TC provocan cambios en la fermentación ruminal, fundamentalmente en los productos finales como son el metano (CH_4), el amoniaco (NH_3-N) y los ácidos grasos volátiles (AGV) (Calabrò *et al.*, 2012; Rufino-Moya *et al.*, 2019b).

La presencia de TC en cantidades moderadas (<50 g/kg MS) puede reducir la degradación ruminal de los carbohidratos (Jayanegara *et al.*, 2015) y de las proteínas (Aufrere *et al.*, 2008; Mueller-Harvey, 2006). En la Tabla 2 se presenta el efecto de los TC sobre la fermentación ruminal en estudios en los cuales se ha utilizado el polietilenglicol (PEG) como agente bloqueante. EL PEG es un detergente no iónico que se usa para evaluar los efectos de los TC en el metabolismo del rumen debido a su capacidad para formar complejos con los TC y para hacer que la actividad de estos compuestos sea inocua (Makkar, 2003). Es necesario señalar que la afinidad y el efecto del PEG sobre los TC no es universal y no siempre revierte los efectos de los TC (Frutos *et al*., 2004b). Dicho efecto depende de diversos factores como la cantidad y el peso molecular del PEG, del contenido y la fuente de TC, e incluso de la especie rumiante que los consuma (Frutos *et al*., 2004b). La suplementación de PEG debe ser equivalente a los TC presentes en la dieta para neutralizar sus efectos (Tiemann *et al*., 2008), aunque se usan cantidades superiores a la relación 1:1 entre PEG:TC debido a que se considera un compuesto inerte para la función ruminal (Tiemann *et al*., 2008). Sin embargo, se debería ajustar la cantidad de PEG adicionado, ya que Belenguer *et al*. (2011) observaron que la adición de cantidades altas de PEG-6000 (1 g) en incubaciones *in vitro* puede afectar a la comunidad microbiana ruminal. En general, la presencia de TC en la esparceta fresca no afecta a la degradabilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) ni de la materia orgánica (DIVMO) evaluada en tiempos cortos, medios y largos (Theodoridou *et al.*, 2011b; Niderkorn *et al.*, 2012; Rufino-Moya *et al.*, 2019b), con la excepción de una disminución en dichos parámetros tras 24 h de incubación (Niderkorn *et al.*, 2012). En estudios *in sacco,* la inclusión de PEG incrementó la degradabilidad de la materia seca a 48 h con esparceta fresca y ensilada e incrementó la digestibilidad de MO (DMO) *in vivo* en la esparceta dependiendo del estado fenológico (Theodoridou *et al.*, 2010 y 2012). Scharenberg *et al.* (2007b) también observaron una mayor DMO en presencia de PEG cuando usaron el forraje deshidratado o en silo en estudios *in vivo*.

Tabla 2. Efecto[1] de los taninos condensados (TC) de la esparceta evaluados mediante la inclusión de polietilenglicol sobre la degradabilidad de la materia orgánica (DMO), materia seca (DMS), producción de gas y metano (CH_4), amoniaco (NH_3-N), ácidos grasos volátiles totales (AGVt), relación acético:propiónico (C_2:C_3) e iso-ácidos.
Table 2. Effect of the condensed tannins of sainfoin evaluated using polyethylene glycol on the degradability of organic matter (DMO) and of dry matter (DMS), gas and methane (CH_4) production, ammonia (NH_3-N), total volatile fatty acids (AGVt), acetic:propionic ratio (C_2:C_3) and iso-acids.

								Parámetros fermentación[1]							
Tipo forraje	Variedad	Incub	E. Rum	TCT	TCL	TCP	TCF	DMO/DMS	Gas	CH_4	NH_3-N	AGVt	C_2:C_3	iso-ácidos	Ref
In vitro															
Fresco	Zeus	3,5 h	Ovino		9,8			=	↓	↓	↓	↓	=		[1]
Fresco	Zeus	24 h	Ovino		9,8			↑	↓	=	↓	=	=		[1]
Fresco	Perly	3,5 h	Ovino	6-14				=	↓	↓	↓	↓	↑		[2]
Fresco	Perly	24 h	Ovino	6-14				=	↓	↓	↓	↓	↑		[2]
Fresco	Reznos	72 h	Ovino	30-46	25-40	3,8-4,9	1,3-2,2	=	=	=	↓	=	↑	↓	[3]
Heno	Avellinese	96 h	Búfalo	31					↓			=	=	↓	[4]
Heno	Varias	48 h	Vacuno						↓	↓		↓	↑	↑	[5]
In situ															
Silo	Perly	48 h	Ovino	26-34				↓							[6]
Fresco	Perly	48 h	Ovino	6-14				↓							[7]
In vivo															
Silo	Perly		Ovino	26-34				=			=	=	↑		[6]
Fresco	Perly		Ovino	6-14				=			↓	=	=		[7]
Silo/ deshidratado	Visnovsky		Ovino	71-77	5-50	47-21	19-6	↓			↓	=		=	[8]

[1] Efecto sobre los parámetros de la fermentación: incrementa (↑) o disminuye (↓) el parámetro de forma significativa ($P < 0,05$); no hay efecto (=) ($P > 0,05$).

Incub: Incubación. TCT: Taninos condensados totales. TCL: Taninos condensados libres. TCP: Taninos condensados ligados a proteína. TCF: Taninos condensados ligados a fibra. E. Rum: Especie rumiante. Ref: Referencias.

[1] Niderkorn *et al.,* 2012[2]; [2] Theodoridou *et al.,* 2011b[2]; [3] Rufino-Moya *et al.,* 2019[3]; [4] Calabro *et al.,* 2012[4]; [5] Hatew *et al.,* 2015[5]; [6] Theodoridou *et al.,* 2012[2]; [7] Theodoridou *et al.*, 2010[2]; [8] Scharenberg *et al.,* 2007b[6].

[2]g TC/kg MS; [3]g eq TC esparceta/kg MS; [4]g Catequina/kg MS; [5]g TC esparceta/kg esparceta liofilizada; [6]g eq TC *Lotus pedunculatus*/kg MS.

La presencia de TC provoca una reducción en la producción de gas debido a un cambio en la disponibilidad de los nutrientes, destinando una mayor proporción a la síntesis de proteína microbiana en detrimento de la empleada para la producción de AGV de cadena corta (Getachew *et al.*, 2000). Dicho efecto se ha puesto de manifiesto en casi todos los estudios con esparceta realizados tanto en fresco como con heno a distintos tiempos de incubación (Theodoridou *et al.*, 2011b; Calabrò *et al.*, 2012; Niderkorn *et al.*, 2012) (Tabla 2). Sin embargo, Rufino-Moya *et al.* (2019b) no encontraron dicho efecto cuando incubaron esparceta durante 72 h, lo que pudo deberse al mayor contenido en TC de la esparceta.

Los TC pueden reducir la producción de CH_4 mediante: (i) un efecto directo sobre arqueas metanogénicas ruminales, así como por una disminución del número de protozoos simbióticos asociados a la producción de metano; (ii) y un efecto indirecto sobre la producción de hidrógeno, debido a una menor degradación del alimento, fundamentalmente de fibra (Patra y Saxena, 2011; Piluzza *et al.*, 2014). Sin embargo, el efecto de los TC sobre la producción de CH_4 no es uniforme, y varía según los estudios (Tabla 2). Se ha observado una reducción de la producción de CH_4 cuando se incuba *in vitro* esparceta fresca durante 3,5 h (Theodoridou *et al.*, 2011b; Niderkorn *et al.*, 2012), mientras que a 24 h únicamente Theodoridou *et al.* (2011b) observaron dicha reducción. Según Niderkorn *et al.* (2012), la diferente respuesta de la producción de CH_4 respecto el tiempo de incubación, podría estar relacionada con que la reducción en la producción de gas a las 24 h estuvo asociada a una disminución de CO_2 en lugar del CH_4. Aunque estos mismos autores también sugieren que podría ser debido a una adaptación del ecosistema ruminal microbiano a la presencia de TC, lo cual estaría apoyado por Rufino-Moya *et al.* (2019b), quienes no observaron este efecto reductor de los TC de la esparceta en incubaciones de 72 h. Sin embargo, para la adaptación de los microorganimos ruminales es necesario tiempos de exposición a los TC de la esparceta más prolongados (Guglielmelli *et al.*, 2009). Por tanto, esta discrepancia en los estudios estaría más relacionada con diferencias en el peso molecular y la estructura química de los TC, los cuales determinan los efectos sobre la producción del CH_4 (Hatew *et al.*, 2016; Huyen *et al.*, 2016).

La presencia de TC en la dieta se ha asociado con una reducción del contenido de NH_3-N debido a que reducen la solubilidad y la degradación de las proteínas de la dieta en el rumen. Además, la presencia de TC provoca un menor ritmo de fermentación que permite una mejor sincronización entre el nitrógeno y la energía, lo cual reduce el contenido en NH_3-N y posibilita una mayor síntesis de proteína microbiana (Mueller-Harvey, 2006). Dicho efecto es claramente visible en los ensayos *in vitro* realizados con esparceta fresca a diferentes tiempos de incubación (Theodoridou *et al.*, 2011b; Niderkorn *et al.*, 2012; Rufino-Moya *et al.*, 2019b). Este efecto protector de los TC de esparceta también se observa en ensayos *in vivo* usando esparceta fresca (Theodoridou *et al.*, 2010) o conservada (Scharenberg *et al.*, 2007b).

Los TC pueden reducir la producción total de los AGV y modificar sus proporciones (Hatew *et al.*, 2015; Huyen *et al.*, 2016), lo que está relacionado con la disminución de la DMO y/o con un aumento de la síntesis de proteína microbiana (Getachew *et al.*, 1998; Getachew *et al.*, 2000). El tiempo de incubación puede ser un factor determinante en la reducción de la producción total de AGV en la esparceta (Tabla 2). En este sentido usando esparceta fresca, el efecto reductor de los TC de la esparceta se manifiesta en las incubaciones *in vitro* cortas 3,5 h y 24 h (Niderkorn *et al.*, 2012; Theodoridou *et al.*, 2011b) pero no en incubaciones más prolongadas (Calabrò *et al.*, 2012; Rufino-Moya *et al.*, 2019b).

En cuanto a la modificación de las proporciones de acético:propiónico (C_2:C_3), los TC incrementan la relación en la esparceta fresca incubada *in vitro* durante 3,5 h y 24 h (Theodoridou *et al.*, 2011b) o 72 h (Rufino-Moya *et al.*, 2019b) o en un ensayo *in vivo* al usar la esparceta ensilada (Theodoridou *et al.*, 2012). Sin embargo, otros estudios *in vitro* con tiempos similares de incubación no observaron efecto de los TC en esparceta fresca (Niderkorn *et al.*, 2012) o henificada (Calabrò *et al.*, 2012). Además, los TC pueden reducir los ácidos valérico e iso-ácidos (iso-butírico e iso-valérico) porque en el rumen se da la inhibición de la degradación de las proteínas (Mueller-Harvey, 2006) y/o un aumento de la utilización de los iso-ácidos para la síntesis de proteína microbiana (Martínez *et al.*, 2006). Un efecto relevante de los TC es la reducción en la proporción del ácido valérico procedente de la valina, que tiene gran afinidad por los TC en el rumen, y de la proporción de iso-valérico. Dicho efecto fue observado por Calabrò *et al.* (2012), Hatew *et al.* (2015) y Rufino-Moya *et al.* (2019b). Sin embargo, en un ensayo *in vivo*, Scharenberg *et al.* (2007b) no encontraron efecto de la presencia de TC de la esparceta sobre el valérico y los iso-ácidos.

Efecto del estado fenológico de la esparceta sobre el contenido en taninos condensados y la fermentación ruminal

Los taninos condensados totales (TCT) y sus fracciones se modifican a lo largo del desarrollo del cultivo (Bal *et al.*, 2006; Rufino-Moya *et al.*, 2019b), aunque los datos no son concluyentes. En la Tabla 1 se presentan los contenidos en TC y sus fracciones en función del estado fenológico de la esparceta. Se ha encontrado un menor contenido al inicio (Chung *et al.*, 2013) y al final de floración (Rufino-Moya *et al.*, 2019b) frente al estado vegetativo. Por el contrario, Theodoridou *et al.* (2011a) y Girard *et al.* (2018) observaron un incremento de TCT durante la floración respecto al estado vegetativo, sin que existieran diferencias entre el inicio y final de floración. El contenido de TCT en la formación de la semilla se incrementa ligeramente (Theodoridou *et al.*, 2010; Guglielmelli *et al.*, 2011) o se reduce (Li *et al.*, 2014) con respecto al contenido en el estado vegetativo y en la fase de floración. Esta discrepancia podría estar relacionada con las diferencias en las condiciones de cultivo, la variedad del forraje y en el estado de la semilla en el momento de la toma de muestras entre estudios.

En cuanto a las fracciones, Li *et al.* (2014) encontraron una reducción de los TCL y los TCP a medida que avanzaba el cultivo (estado vegetativo, de floración y con semilla madura) sin modificar los TCF. Por otro lado, Rufino-Moya *et al.* (2019b) encontraron una reducción de los TCL y TCF al final de la floración respecto al estado vegetativo, mientras que no se encontraron diferencias en los TCP. En cambio, Girard *et al.* (2018) no encontraron ningún cambio en las distintas fracciones de los TC cuando compararon esparceta en estado vegetativo, en plena floración y al final de la misma.

La fermentación ruminal se puede ver afectada por el estado fenológico de la esparceta, pero es difícil discernir si se debe a la modificación de la composición química, al contenido y características de TC, o a ambos (Tabla 3). A medida que avanza el cultivo de la esparceta aumenta el contenido en fibra mientras que disminuye el contenido en TCT y la DIVMO (Aufrere *et al.*, 2008; Theodoridou *et al.*, 2010 y 2012; Chung *et al.*, 2013), lo cual nos indica que el contenido en fibra es más determinante que la presencia de TC. Sin embargo, Guglielmelli *et al.* (2011) atribuyen al mayor contenido en TCT del heno en botón floral la menor DIVMO, mientras que la mayor DIVMO la encontraron al final de floración, que registraba el menor conte-

Tabla 3. Efecto del estado fenológico (Est. Fen.) de la esparceta sobre el contenido en taninos condensados (TC) y sus fracciones, la degradabilidad de la materia orgánica (DMO) y materia seca (DMS), producción de gas y metano (CH_4), amoniaco (NH_3-N), ácidos grasos volátiles totales (AGVt), relación acético:propiónico (C_2:C_3) e iso-ácidos.
Table 3. Effect of the phenologic stage (Est. Fen.) *of the sainfoin on the content of condensed tannins (TC) and its fractions, degradability of the organic matter (DMO), dry matter (DMS), gas and methane (CH_4) production, ammonia (NH_3-N), volatile fatty acids (AGVt), acetic:propionic ratio (C_2:C_3) and iso-acids.*

									Parámetros fermentación[1]							
Tipo forraje	Variedad	Est. Fen	Incub	E. Rum	TCT	TCL	TCP	TCF	DMO/DMS	Gas	CH_4	NH_3-N	AGVt	C_2:C_3	iso-ácidos	Ref
Vegetativo *vs.*																
In vitro																
Fresco	Reznos	Inicio floración	72 h	Ovino	=	=	=	=	↑	=	=	=	↑	↑	↓	[1]
Fresco	Reznos	Final floración	72 h	Ovino	↓	↓	=	↓	=	=	=	=	=	↑	↓	[1]
Fresco	Anatolian	Floración	96 h	Ovino	↓				↓	↓						[2]
Fresco	Anatolian	Semilla	96 h	Ovino	↓				↓	↓						[2]
In vivo																
Fresco	Zeus	Inicio floración	48 h	Ovino		=			↓							[3]
Fresco	LRC 3519	Inicio floración	96 h	Vacuno		↓			↓		=	↓	=	↓	↓	[4]
In situ																
Fresco	Zeus	Inicio floración	48 h	Ovino		=			↓							[3]
Fresco	LRC 3519	Inicio floración	96 h	Vacuno		↓			↓							[4]
Inicio floración vs.																
In vitro																
Fresco	Perly	Final floración	3,5 h	Ovino	=				↓	↓	=	↓	↓	↓		[5]
Fresco	Perly	Final floración	24 h	Ovino	=				↓	↓	=	↓	↓	↓		[5]
Heno	Avellinese	Botón floral	48 h	Vacuno		↑			↓	=	=	↓	=	↓	=	[6]
Heno	Avellinese	Final floración	48 h	Vacuno		↓			=	↑	=	=	↑	↓	↓	[6]
Heno	Avellinese	Inicio semillado	48 h	Vacuno		=			↓	=	=	↓	↓	↑	↑	[6]
In vivo																
Silo	Perly	Final floración		Ovino	↓				↓			↓	↓	↑		[7]
Fresco	Perly	Final floración		Ovino	↓				↓			↓	↓	↓		[8]
Fresco	Perly	Semilla verde		Ovino	=				↓			↓	=	=		[8]
In situ																
Silo	Perly	Final floración	48 h	Ovino	↓				=							[7]
Fresco	Perly	Final floración	48 h	Ovino	↓				=							[8]
Fresco	Perly	Semilla	48 h	Ovino	=				=							[8]

[1]Efecto sobre los parámetros de la fermentación: incrementa (↑) o disminuye (↓) el parámetro de forma significativa ($P < 0,05$); no hay efecto (=) ($P > 0,05$); ND, no determinado.

Incub: Incubación. TCT: Taninos condensados totales. TCL: Taninos condensados libres. TCP: Taninos condensados ligados a proteína. TCF: Taninos condensados ligados a fibra. E. Rum: Especie rumiante. Ref: Referencias.

[1] Rufino-Moya *et al.,* 2019; [2] Bal *et al*., 2006; [3] Aufrere *et al.*, 2008; [4] Chung *et al.*, 2013; [5] Theodoridou *et al.*, 2011b; [6] Guglielmelli *et al.*, 2011; [7] Theodoridou *et al.*, 2012; [8] Theodoridou *et al.*, 2010.

nido de TCT. Rufino-Moya *et al.* (2019b) observaron mayor DIVMO al inicio de floración que en el estado vegetativo o al final de la floración, lo cual no coincide ni con el contenido de TC ni de fibra, por lo que otros factores, como puede ser la estructura del TC, pueden influir en la fermentación. Theodoridou *et al.* (2011b) encontraron diferencias en DIVMO con similar contenido en fibras y en TCT, pero distinta actividad de los TC y grado de polimerización. La disparidad de resultados indica que otros factores diferentes al contenido en TC y en fibra, como pueden ser las características químicas de los TC o las condiciones en las que se realizan los ensayos de fermentación, afectan a la tasa de DIVMO.

El estado fenológico del forraje incubado puede afectar a la producción de gas aunque los resultados son contradictorios (Tabla 3). Bal *et al.* (2006) observaron una reducción de la producción de gas a medida que la esparceta maduraba, estando asociada a una menor DIVMO y fermentación en el rumen. En el mismo sentido, Theodoridou *et al.* (2011b) mostraron una reducción de la producción de gas al final de la floración respecto al inicio de floración de la esparceta, relacionado con más fibra, mayor grado de polimerización y menor actividad de los TC sin que existieran diferencias en el contenido en TC. Guglielmelli *et al.* (2011) no encontraron diferencias entre el estado inicio de floración y botón floral o inicio de formación de semilla, aunque si encontraron mayor producción de gas al final de la floración de la esparceta, la cual presentaba el menor contenido en TC respecto a los demás estados fenológicos. Contrariamente a los anteriores estudios, Rufino-Moya *et al.* (2019b) no encontraron efecto del estado fenológico sobre la producción de gas al incubar esparceta fresca.

En general, los estudios muestran que el estado fenológico no afecta a la producción *in vitro* de CH_4 independientemente del tiempo de incubación (Tabla 3), aunque los cambios en la porción fibrosa pueden provocar cambios en dicha producción (Beauchemin *et al.*, 2008). No se ha visto efecto cuando la incubación *in vitro* se realizó sobre esparceta fresca durante 3,5 h y 24 h (Theodoridou *et al.,* 2011b) ni en incubaciones más prolongadas (72 h) (Rufino-Moya *et al.*, 2019b). Tampoco se observó dicho efecto cuando la incubación se realizó sobre heno de esparceta durante 48 h (Guglielmelli *et al.,* 2011).

Varios estudios apuntan a diferencias en la producción de NH_3-N entre los diferentes estados fenológicos debido a diferencias en el contenido en PB y/o a cambios en los TC. Durante el desarrollo de la planta se dan modificaciones del peso molecular de los TC, de la relación PD:PC, con un aumento de PD, que favorece la interacción con las proteínas (Jonker y Yu, 2017) influyendo sobre su degradación ruminal y por tanto sobre el contenido en NH_3-N. Sin embargo, la mayoría de los estudios no determinan la estructura de los TC, por lo que es difícil saber la causa o causas de la variación del contenido en NH_3-N. Theodoridou *et al.* (2011b) encontraron un menor contenido al final de la floración respecto al inicio de la floración cuando incubaron *in vitro* la esparceta fresca durante 3,5 h y 24 h. En el mismo sentido, Guglielmelli *et al.* (2011) observaron un mayor contenido al inicio de floración respecto al final de floración en incubaciones *in vitro* de 48 h lo cual lo relacionaron con su mayor contenido en PB dado que el contenido en TC fue similar entre estados fenológicos. Dicha reducción de NH_3-N a medida que avanza el desarrollo del cultivo se han observado en estudios *in vivo* realizados con esparceta en fresco (Chung *et al.*, 2013), en heno (Theodoridou *et al.*, 2010) y en silo (Theodoridou *et al.*, 2012). Sin embargo, Rufino-Moya *et al.* (2019b) no encontraron ningún efecto del estado fenológico sobre el contenido de NH_3-N cuando incubaron esparceta fresca en *in vitro* durante 72 h, pudiendo estar asociado a las diferen-

tes características de los TC, como se ha apuntado anteriormente, o al mayor tiempo de fermentación *in vitro*.

Los estudios del efecto del crecimiento del forraje sobre la producción total de AGV tampoco presentan unos resultados concluyentes (Tabla 3). Según Rufino-Moya *et al*. (2019b), la esparceta fresca al inicio de floración produce mayor cantidad de AGV que en estado vegetativo, mientras que no se registran diferencias cuando se estudia a final de floración. Otros estudios muestran que la producción de AGV es inferior a medida que avanza la madurez de la planta, tanto en estudios *in vitro* (Theodoridou *et al.*, 2011b) como en estudios *in vivo* (Theodoridou *et al.*, 2010 y 2012). Los resultados son contradictorios como demostraron Guglielmelli *et al.* (2011) en un mismo ensayo *in vitro*, donde observaron que la producción de AGV del heno de esparceta fue similar en las etapas de vegetativo y botón floral, mientras que al final de floración aumentaba y al inicio de formación de la semilla disminuía. Las discrepancias en el efecto del estado fenológico entre ensayos pueden ser debidos a la combinación de las diferencias en la composición química y en la estructura de los TC. En cuanto al efecto sobre la relación C_2:C_3, se ha observado su reducción con el desarrollo del cultivo, tanto en ensayos *in vitro* de incubación corta y media (hasta 48 h) (Guglielmelli *et al.*, 2011; Theodoridou *et al.*, 2011b) como en ensayos *in vivo* (Theodoridou *et al.*, 2010; Chung *et al.*, 2013). Sin embargo, en incubaciones más largas se encontró una mayor relación C_2:C_3 en la esparceta fresca en estado de inicio y final de floración que en el estado vegetativo Rufino-Moya *et al.* (2019b). Este incremento de la relación C_2:C_3 también se ha descrito en un ensayo *in vivo* con esparceta fresca al final de la floración respecto al inicio (Theodoridou *et al.*, 2012). El estado fenológico también puede afectar a las proporciones de valérico e iso-ácidos debido a los cambios que se producen a medida que el forraje madura. Rufino-Moya *et al.* (2019b) observaron menor proporción de los iso-ácidos al inicio y al final de la floración y menor proporción del valérico al inicio de la floración respecto al estado vegetativo. Estos resultados van ligados tanto al contenido en PB de los forrajes como al contenido en TC. El efecto reductor de los iso-ácidos a medida que madura la esparceta se ha descrito en un ensayo *in vivo* al comparar la esparceta al inicio con final de la floración (Chung *et al.*, 2013). Sin embargo, en esparceta henificada, Guglielmelli *et al.* (2011) encontraron menores contenidos de iso-ácidos en la etapa de botón floral y final de floración y mayor contenido en inicio de formación de semilla respecto al inicio de floración.

Efecto de la conservación de la esparceta sobre el contenido en taninos condensados y la fermentación ruminal

Uno de los principales factores que también determinan el contenido de los TC y sus fracciones es la conservación del forraje (Tabla 4). La henificación del forraje puede dar lugar a la oxidación de los TC, pudiendo reducir su actividad biológica en función de la temperatura, la luz ultravioleta y el tiempo de secado a las que el forraje se expone (Wang *et al.*, 2015). El efecto de la henificación varía en función de las condiciones del henificado. Cuando la henificación se realiza en campo se observa una reducción del 76 % del contenido en TCT con respecto a la esparceta fresca (Aufrere *et al.*, 2008). Cuando se realiza bajo condiciones experimentales controladas, únicamente se reducen un 28 % los TCF (Rufino-Moya *et al.,* 2019a) o se reducen las fracciones de TCP (56 %) y TCF (18 %) cuando la desecación se realiza con aire forzado a 30 °C (Scharenberg *et al.*, 2007a), pero no el contenido en TCT. El ensilado provoca

Tabla 4. Contenido en taninos condensados totales (TCT), libres (TCL), ligados a la proteína (TCP) y ligados a fibra (TCF) de la esparceta según el método de conservación.
Table 4. Content of total condensed tannins (TCT), extractable (ECT), protein-bound (PBCT) and fiber-bound (FBCT) of sainfoin according to the preservation method.

Estado fenológico/variedad	Conservación	TCT	TCL	TCP	TCF	Ref
Inicio floración						
LRC 3519	Fresco		6,6			[1]
	Heno		5,5			[1]
Visnovsky	Fresco	86,8	43,7	38	5,1	[2]
	Deshidratado	66,5	46,2	17	3,7	[2]
	Silo	78,9	28,8	46	4.2	[2]
Zeus	Fresco		25			[3]
	Heno		6			[3]
Floración						
Perly	Fresco	174,1	779	15	6	[4]
	Predesecado	155,5	56	33	11	[4]
	Silo	111,6	38	51	11	[4]
Final floración						
Cotswold Common	Fresco		32,2	35		[5]
	Predesecado		50,4	33		[5]
	Silo		18	34		[5]
Perly	Fresco	207	79	15	6	[4]
	Pellets	140,4	69	21	10	[4]
	Predesecado	166,3	69	22	9	[4]
Reznos	Fresco		41,2	24		[5]
	Predesecado		41,2	16		[5]
	Silo		13,1	33		[5]
	Fresco	38,6	31,6	5,3	1,8	[6]
	Heno	42,2	32,6	7,3	2,3	[6]
	Silo	33,2	8,2	17	7,9	[6]
Teruel	Fresco		42,4	18		[5]
	Predesecado		57,8	22		[5]
	Silo		10,7	19		[5]
No descrito						
Visnovsky	Deshidratado	77	50	21	6	[7]
	Silo	71	5	47	19	[7]

Ref: Referencias.

[1] Chung *et al.,* 2014[1] [2] Scharenberg *et al.,* 2007a[1] [3] Aufrere *et al.,* 2008[1] [4] Girard *et al.,* 2018[2] [5] Lorenz *et al.,* 2010[2] [6] Rufino moya *et al.,* 2019a[2] [7] Scharenberg *et al.,* 2007b[1].

[1]g eq TC *Lotus pedunculatus*/kg MS; [2]g eq TC esparceta/kg MS.

mayores cambios que la henificación, reduciendo el contenido de TCL y aumentando los de TCP y TCF por la ruptura parcial de las células de la planta que permite a los TCL interaccionar con otras moléculas presentes en el forraje (Wang *et al.*, 2015; Mueller-Harvey *et al.*, 2019). La interacción de los TC con las proteínas del forraje en el silo reduce la proteólisis que tiene lugar durante el proceso de ensilado, resultando una mejora de la calidad del silo (Theodoridou *et al.*, 2012). Los efectos del ensilado sobre los TC y sus fracciones están determinados por la variedad del forraje (Lorenz *et al.* 2010), el estado fenológico (Girard *et al.*, 2018) y/o el picado del forraje previo a su conservación (Scharenberg *et al.*, 2007a; Girard *et al.*, 2018). Generalmente, las fracciones de los TC varían más que los TCT, reduciéndose los TCL (45-77 %) en favor de los TCP y/o TCF (Scharenberg *et al.*, 2007a; Lorenz *et al.*, 2010; Girard *et al.*, 2018; Rufino-Moya *et al.*, 2019a). A pesar de que hay varios estudios que evalúan el efecto de la conservación sobre el contenido de TC y sus fracciones, únicamente hay dos estudios que comparen la fermentación de la esparceta según su conservación (Tabla 5).

El proceso de conservación de los forrajes influye en los parámetros de la fermentación a través de cambios en la cantidad de fibra y/o de cambios en las fracciones de los TC, que suelen ser más acusados en los ensilados. En este sentido, Rufino-Moya *et al.* (2019a) encontraron una reducción de la DIVMO con la henificación, pero no con el ensilado de esparceta con respecto al forraje fresco, presentando ambos forrajes conservados similar composición química, pero diferencias en las fracciones de TC. Las modificaciones que se registran durante el proceso del ensilado favorecen el ataque de los microorganismos ruminales (Arroquy *et al.*, 2014) y por tanto no se registra una reducción de la DIVMO. Cuando se compara la esparceta deshidratada frente a la ensilada en un ensayo *in vivo*, la DMO fue inferior en la segunda (Scharenberg *et al.*, 2007b), lo que pudo ser debido al proceso de ensilado per se y a la acción de los TC en el tracto digestivo.

Con respecto a la producción de gas y CH_4, Rufino-Moya *et al.* (2019a) observaron un incremento de la producción de gas sin cambios en la de CH_4 en la esparceta con la henificación, mientras que el ensilado redujo ambas producciones respecto a la esparceta fresca. Los autores relacionaron estos efectos con las fracciones de TCP y TCF, que protegen a la proteína y la fibra del ataque de los microorganismos con actividad proteolítica y fibrolítica (Bodas *et al.*, 2012).

La conservación de la esparceta tiene escaso efecto sobre la producción de amoniaco y sobre la producción total de AGV (Scharenberg *et al.*, 2007b; Rufino-Moya *et al.*, 2019a) (Tabla 5). En cuanto a la relación C_2:C_3, Rufino-Moya *et al.* (2019a) observaron que el ensilado de esparceta produjo una reducción de este parámetro mientras que la henificación no provocó diferencias respecto al forraje fresco. Tanto la henificación como el ensilado de la esparceta provocaron un incremento de los iso-ácidos respecto al forraje fresco independientemente de la reducción del contenido en la proteína (Rufino-Moya *et al.*, 2019a), por lo que la causa de dicho incremento puede ser debido a modificaciones en las proporciones y estructura de los TC.

Conclusiones

El avance del estado fenológico y la conservación de la esparceta suelen reducir los contenidos de TC, dependiendo de las condiciones del cultivo, la variedad del forraje o del tipo de conservación. El ensilado genera cambios más importantes que el henificado, provocando una reducción de los TCL en favor de los TCP o TCF, reduciéndose en ocasiones los TCT.

Tabla 5. Efecto[1] del método de conservación de la esparceta sobre la degradabilidad de la materia orgánica (DMO), materia seca (DMS), producción de gas y metano (CH_4), amoniaco (NH_3-N), ácidos grasos volátiles totales (AGVt), relación acético:propiónico (C_2:C_3) e iso-ácidos.
Table 5. Effect of the preservation method of the sainfoin on degradability of the organic matter (DMO), dry matter (DMS), gas and methane (CH_4) production, ammonia (NH_3-N), volatile fatty acids (AGVt), acetic:propionic ratio (C_2:C_3) and iso-acids.

									Parámetros fermentación[1]							
Conservación	Variedad	Est. Fen	Incub	E. Rum	TCT	TCL	TCP	TCF	DMO/DMS	Gas	CH_4	NH_3-N	AGVt	C_2:C_3	iso-ácidos	Ref
Respecto al forraje fresco																
In vitro																
Heno	Reznos	Final floración	72 h	Ovino	=	=	=	↑	↓	↑	=	=	=	=	↑	[1]
Silo	Reznos	Final floración	72 h	Ovino	↓	↓	↑	↑	=	↓	↓	=	=	↓	↑	[1]
Respecto al heno																
In vitro																
Silo	Reznos	Final floración	72 h	Ovino	↓	↓	↑	↑	↑	↓	↓	=	=	↓	↓	[1]
In vivo																
Silo	Visnovsky	–	–	Ovino	=	↓	↑	↑	↓	ND	ND	=	=	ND	=	[2]

[1]Efecto sobre los parámetros de la fermentación: incrementa (↑) o disminuye (↓) el parámetro de forma significativa ($P < 0,05$); no hay efecto (=) ($P > 0,05$).

Incub: Incubación; E. Rum: Especie rumiante; Ref: Referencias.

[1] Rufino-Moya *et al.,* 2019a[2]; [2] Scharenberg *et al.,* 2007b[3].

[2]g eq TC esparceta/kg MS; [3]g eq TC *Lotus pedunculatus*/kg MS.

Los TC de la esparceta pueden provocar cambios beneficiosos en la fermentación, como la reducción de la producción de metano y de amoniaco. El avance del estado fenológico y de la conservación generan cambios en la composición química y en los taninos condensados que afectan a los parámetros de la fermentación ruminal. Con el avance de la madurez se reduce la degradabilidad de la MS o MO y el contenido en amoniaco, lo cual estaría más ligado al incremento de la fracción fibrosa y a la reducción de la proteína que al contenido en TC. Los efectos de la conservación dependen del método usado, tendiendo la henificación a reducir la degradabilidad más que el ensilado.

Es necesario que la comunidad científica acuerde unos criterios comunes en los ensayos de fermentación *in vitro* para que el forraje y sus TC sean los únicos factores que influyan en los resultados. Por otro lado, sería interesante realizar estudios más profundos de las características estructurales de los TC de la esparceta en sus diferentes variedades, estados fenológicos y métodos de conservación.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado en el marco de los proyectos INIA-RTA2012-080-00 y RTA 2017-00008-C02-02, financiados por el MINECO y con el apoyo del Grupo de Investigación de Sistemas AgroGanaderos Alimentarios Sostenibles (SAGAS) del Gobierno de Aragón (A14-20R). P.J. Rufino-Moya tuvo un contrato FPI financiado por el INIA.

Referencias bibliográficas

Arroquy JI, Cornacchione M, Colombatto D, Kunst Jr C (2014). Chemical composition and in vitro ruminal degradation of hay and silage from tropical grasses. Canadian Journal of Animal Science 94: 705-715. https://doi.org/10.4141/cjas-2014-014

Aufrère J, Dudilieu M, Poncet C (2008). *In vivo* and *in situ* measurements of the digestive characteristics of sainfoin in comparison with lucerne fed to sheep as fresh forages at two growth stages and as hay. Animal 2: 1331-1339. https://doi.org/10.1017/s1751731108002450

Bal MA, Ozturk D, Aydin R, Erol A, Ozkan CO, Ata M, Karakas E, Karabay P (2006). Nutritive value of sainfoin (*Onobrychis viciaefolia*) harvested at different maturity stages. Pakistan Journal of Biological Sciences 9: 205-209. https://doi.org/10.3923/pjbs.2006.205.209

Beauchemin KA, Kreuzer M, O'Mara F, McAllister TA (2008). Nutritional management for enteric methane abatement: A review. Australian Journal of Experimental Agriculture 48: 21-27. https://doi.org/10.1071/EA07199

Belenguer A, Hervás G, Toral PG, Fondevila M, Frutos P (2011). Is polyethylene glycol innocuous to the rumen bacterial community? A preliminary *in vitro* study. Animal Production Science 51: 990-995. https://doi.org/10.1071/AN11041

Bodas R, Prieto N, García-González R, Andrés S, Giráldez FJ, López S (2012). Manipulation of rumen fermentation and methane production with plant secondary metabolites. Animal Feed Science and Technology 176: 78-93. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.07.010

Broadhurst RB, Jones WT (1978). Analysis of condensed tannins using acidified vanillin. Journal of the Science of Food and Agriculture 29: 788-794. https://doi.org/10.1002/jsfa.2740290908

Brinkhaus AG, Wyss U, Arrigo Y, Girard M, Bee G, Zeitz JO, Kreuzer M, Dohme-Meier F (2017). *In vitro* ruminal fermentation characteristics and utilisable CP supply of sainfoin and birdsfoot trefoil silages and their mixtures with other legumes. Animal 11: 580-590. https://doi.org/10.1017/S1751731116001816

Bueno ICS, Brandi RA, Franzolin R, Benetel G, Fagundes GM, Abdalla AL, Louvandini H, Muir JP (2015). *In vitro* methane production and tolerance to condensed tannins in five ruminant species. Animal Feed Science and Technology 205: 1-9. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.03.008

Calabrò S, Guglielmelli A, Iannaccone F, Danieli PP, Tudisco R, Ruggiero C, Piccolo G, Cutrignelli MI, Infascelli F (2012). Fermentation kinetics of sainfoin hay with and without PEG. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 96: 842-849. https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2011.01260.x

Chung YH, Mc Geough EJ, Acharya S, McAllister TA, McGinn SM, Harstad OM, Beauchemin KA (2013). Enteric methane emission, diet digestibility, and nitrogen excretion from beef heifers fed sainfoin or alfalfa. Journal of Animal Science 91: 4861-4874. https://doi.org/10.2527/jas.2013-6498

Delgado I, Andrés C, Muñoz F (2008). Effect of the environmental conditions on different morphological and agronomical characteristics of sainfoin. En: Sustainable Mediterranean grasslands and their multi-functions (Eds. Porqueddu C y Tavares de Sousa MM), Vol. 79, pp. 199-202. Zaragoza: CIHEAM / FAO / ENMP / SPPF.

Engstrom MT, Palijarvi M, Fryganas C, Grabber JH, Mueller-Harvey I, Salminen J-P (2014). Rapid qualitative and quantitative analyses of proanthocyanidin oligomers and polymers by UPLC-MS/MS. Journal of Agricultural and Food Chemistry 62: 3390-3399. https://doi.org/10.1021/jf500745y

Frutos P, Hervás G, Ramos G, Giráldez F, Mantecón A (2002). Condensed tannin content of several shrub species from a mountain area in northern Spain, and its relationship to various indicators of nutritive value. Animal Feed Science and Technology 95: 215-226. https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00323-6

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

Frutos P, Hervás G, Giráldez FJ, Mantecón AR (2004b). An *in vitro* study on the ability of polyethylene glycol to inhibit the effect of quebracho tannins and tannic acid on rumen fermentation in sheep, goats, cows, and deer. Australian Journal of Agricultural Research 55: 1125-1132. https://doi.org/10.1071/ar04058

Gea A, Stringano E, Brown RH, Mueller-Harvey I (2011). *In situ* analysis and structural elucidation of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) tannins for high-throughput germplasm screening. Journal of Agricultural and Food Chemistry 59: 495-503. https://doi.org/10.1021/jf103609p

Getachew G, Blümmel M, Makkar HPS, Becker K (1998). *In vitro* gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: A review. Animal Feed Science and Technology 72: 261-281. https://doi.org/10.1016/S0377-8401(97)00189-2

Getachew G, Makkar HPS, Becker K (2000). Effect of polyethylene glycol on *in vitro* degradability of nitrogen and microbial protein synthesis from tannin-rich browse and herbaceous legumes. British Journal of Nutrition 84: 73-83. https://doi.org/10.1017/S0007114500001252

Girard M, Dohme-Meier F, Ampuero-Kragten S, Grosse-Brinkhaus A, Arrigo Y, Wyss U, Bee G (2018). Modification of the proportion of extractable and bound condensed tannins in birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) and sainfoin (*Onobrychis viicifolia*) during wilting, ensiling and pelleting processes. Biotechnology in Animal Husbandry 34: 1-19. https://doi.org/10.2298/BAH1801001G

Guglielmelli A, Calabrò S, Primi R, Carone F, Cutrignelli MI, Tudisco R, Piccolo G, Ronchi B, Danieli PP (2011). *In vitro* fermentation patterns and methane production of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* scop.) hay with different condensed tannin contents. Grass and Forage Science 66: 488-500. https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2011.00805.x

Hatew B, Hayot Carbonero C, Stringano E, Sales LF, Smith LMJ, Mueller-Harvey I, Hendriks WH, Pellikaan WF (2015). Diversity of condensed tannin structures affects rumen *in vitro* methane production in sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) accessions. Grass and Forage Science 70: 474-490. https://doi.org/10.1111/gfs.12125

Hatew B, Stringano E, Mueller-Harvey I, Hendriks WH, Carbonero CH, Smith LMJ, Pellikaan WF (2016). Impact of variation in structure of condensed tannins from sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) on in vitro ruminal methane production and fermentation characteristics. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 100: 348-360. https://doi.org/10.1111/jpn.12336

Heinritz SN, Martens SD, Avila P, Hoedtke S (2012). The effect of inoculant and sucrose addition on the silage quality of tropical forage legumes with varying ensilability. Animal Feed Science and Technology 174: 201-210. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.03.017

Hervás G, Frutos P, Giráldez FJ, Mantecón ÁR, Álvarez Del Pino MC (2003). Effect of different doses of quebracho tannins extract on rumen fermentation in ewes. Animal Feed Science and Technology 109: 65-78. https://doi.org/10.1016/S0377-8401(03)00208-6

Huyen N, Fryganas C, Uittenbogaard G, Mueller-Harvey I, Verstegen M, Hendriks W, Pellikaan W (2016). Structural features of condensed tannins affect *in vitro* ruminal methane production and fermentation characteristics. The Journal of Agricultural Science 154: 1474-1487. https://doi.org/10.1017/S0021859616000393

Jayanegara A, Goel G, Makkar HPS, Becker K (2015). Divergence between purified hydrolysable and condensed tannin effects on methane emission, rumen fermentation and microbial population *in vitro*. Animal Feed Science and Technology 209: 60-68. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.08.002

Jonker A, Yu P (2017). The occurrence, biosynthesis, and molecular structure of proanthocyanidins and their effects on legume forage protein precipitation, digestion and absorption in the ruminant digestive tract. International Journal of Molecular Sciences 18: 1105. https://doi.org/10.3390/ijms18051105

Kelman W, Tanner G (1990). Foliar condensed tannin levels in lotus species growing on limed and unlimed soils in south-eastern Australia. Proceedings of the New Zealand Grasslands Association 52: 51-54.

Kumar R, Singh M (1984). Tannins: Their adverse role in ruminant nutrition. Journal of Agricultural and Food Chemistry 32: 447-453. https://doi.org/10.1021/jf00123a006

Li Y, Iwaasa A, Wang Y, Jin L, Han G, Zhao M (2014). Condensed tannins concentration of selected prairie legume forages as affected by phenological stages during two consecutive growth seasons in western canada. Canadian Journal of Plant Science 94: 817-826. https://doi.org/10.4141/cjps2013-234

Lorenz MM, Eriksson T, Udén P (2010). Effect of wilting, silage additive, PEG treatment and tannin content on the distribution of N between different fractions after ensiling of three different sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) varieties. Grass and Forage Science 65: 175-184. https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2010.00736.x

Makkar H (2003). Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. Small Ruminant Research 49: 241-256. https://doi.org/10.1016/S0921-4488(03)00142-1

Martínez TF, McAllister TA, Wang Y, Reuter T (2006). Effects of tannic acid and quebracho tannins on *in vitro* ruminal fermentation of wheat and corn grain. Journal of the Science of Food and Agriculture 86: 1244-1256. https://doi.org/10.1002/jsfa.2485

McMahon L, McAllister T, Berg B, Majak W, Acharya S, Popp J, Coulman B, Wang Y, Cheng K-J (2000). A review of the effects of forage condensed tannins on ruminal fermentation and bloat in grazing cattle. Canadian Journal of Plant Science 80: 469-485. https://doi.org/10.4141/P99-050

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentacion (MAPA) (2019). Superficies y producciones de cultivos. 7.5.11.3. Cultivos forrajeros-leguminosas forrajeras-esparceta: Análisis provincial de superficie, rendimiento y producción en verde, 2018. Disponible en https://www.mapa.gob.es/estadistica/pags/anuario/2019-Avance/CAPITULOSPDF/CAPITULO07/pdfc07_5.11.3.pdf (consultado: 2 agosto 2020.

Mole S, Ross JA, Waterman PG (1988). Light-induced variation in phenolic levels in foliage of rain-forest plants. Journal of Chemical Ecology 14: 23-34. https://doi.org/10.1007/BF01022528

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

Mueller-Harvey I, Bee G, Dohme-Meier F, Hoste H, Karonen M, Kölliker R, Lüscher A, Niderkorn V,

Pellikaan WF, Salminen J-P, Skøt L, Smith LMJ, Thamsborg SM, Totterdell P, Wilkinson I, Williams AR, Azuhnwi BN, Baert N, Brinkhaus AG, Copani G, Desrues O, Drake C, Engström M, Fryganas C, Girard M, Huyen NT, Kempf K, Malisch C, Mora-Ortiz M, Quijada J, Ramsay A, Ropiak HM, Waghorn GC (2019). Benefits of condensed tannins in forage legumes fed to ruminants: Importance of structure, concentration, and diet composition. Crop Science 59: 1-25. https://doi.org/10.2135/cropsci2017.06.0369

Niderkorn V, Mueller-Harvey I, Le Morvan A, Aufrère J (2012). Synergistic effects of mixing cocksfoot and sainfoin on *in vitro* rumen fermentation. Role of condensed tannins. Animal Feed Science and Technology 178: 48-56. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.09.014

O'Donovan L, Brooker JD (2001). Effect of hydrolysable and condensed tannins on growth, morphology and metabolism of *Streptococcus gallolyticus* (*S. caprinus*) and *Streptococcus bovis*. Microbiology 147: 1025-1033. https://doi.org/10.1099/00221287-147-4-1025

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

Piluzza G, Bullitta S (2010). The dynamics of phenolic concentration in some pasture species and implications for animal husbandry. Journal of the Science of Food and Agriculture 90: 1452-1459. https://doi.org/10.1002/jsfa.3963

Piluzza G, Sulas L, Bullitta S (2014). Tannins in forage plants and their role in animal husbandry and environmental sustainability: A review. Grass and Forage Science 69: 32-48. https://doi.org/10.1111/gfs.12053

Porter LJ, Hrstich LN, Chan BG (1985). The conversion of procyanidins and prodelphinidins to cyanidin and delphinidin. Phytochemistry 25: 223-230. https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)94533-3

Rufino-Moya P, Blanco M, Bertolín J, Joy M (2019a). Effect of the method of preservation on the chemical composition and in vitro fermentation characteristics in two legumes rich in condensed tannins. Animal Feed Science and Technology 251: 12-20. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.02.005

Rufino-Moya PJ, Blanco M, Bertolín JR, Joy M (2019b). Methane production of fresh sainfoin, with or without PEG, and fresh alfalfa at different stages of maturity is similar but the fermentation end products vary. Animals 9: 197. https://doi.org/10.3390/ani9050197

Scharenberg A, Arrigo Y, Gutzwiller A, Soliva CR, Wyss U, Kreuzer M, Dohme F (2007a). Palatability in sheep and *in vitro* nutritional value of dried and ensiled sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*), and chicory (*Cichorium intybus*). Archives of Animal Nutrition 61: 481-496. https://doi.org/10.1080/17450390701664355

Scharenberg A, Arrigo Y, Gutzwiller A, Wyss U, Hess HD, Kreuzer M, Dohme F (2007b). Effect of feeding dehydrated and ensiled tanniferous sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) on nitrogen and mineral digestion and metabolism of lambs. Archives of Animal Nutrition 61: 390-405. https://doi.org/10.1080/17450390701565081

Stringano E, Cramer R, Hayes W, Smith C, Gibson T, Mueller-Harvey I (2011). Deciphering the complexity of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) proanthocyanidins by MALDI-TOF mass spectrometry with a judicious choice of isotope patterns and matrixes. Analytical chemistry 83: 4147-4153. https://doi.org/10.1021/ac2003856

Terrill T, Rowan A, Douglas G, Barry T (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: 321-329. https://doi.org/10.1002/jsfa.2740580306

Theodoridou K, Aufrère J, Andueza D, Pourrat J, Le Morvan A, Stringano E, Mueller-Harvey I, Baumont R (2010). Effects of condensed tannins in fresh sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) on *in vivo* and *in situ* digestion in sheep. Animal Feed Science and Technology 160: 23-38. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.06.007

Theodoridou K, Aufrere J, Andueza D, Le Morvan A, Picard F, Stringano E, Pourrat J, Mueller-Harvey I, Baumont R (2011a). Effect of plant deve-

lopment during first and second growth cycle on chemical composition, condensed tannins and nutritive value of three sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) varieties and lucerne. Grass and Forage Science 66: 402-414. https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2011.00798.x

Theodoridou K, Aufrère J, Niderkorn V, Andueza D, Le Morvan A, Picard F, Baumont R (2011b). *In vitro* study of the effects of condensed tannins in sainfoin on the digestive process in the rumen at two vegetation cycles. Animal Feed Science and Technology 170: 147-159. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.09.003

Theodoridou K, Aufrére J, Andueza D, Le Morvan A, Picard F, Pourrat J, Baumont R (2012). Effects of condensed tannins in wrapped silage bales of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) on *in vivo* and *in situ* digestion in sheep. Animal 6: 245-253. https://doi.org/10.1017/S1751731111001510

Tiemann TT, Avila P, Ramírez G, Lascano C, Kreuzer M, Hess H (2008). *In vitro* ruminal fermentation of tanniniferous tropical plants: Plant-specific tannin effects and counteracting efficiency of PEG. Animal Feed Science and Technology 146: 222-241. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.12.009

Toral PG, Hervás G, Missaoui H, Andrés S, Giráldez FJ, Jellali S, Frutos P (2016). Effects of a tannin-rich legume (*Onobrychis viciifolia*) on *in vitro* ruminal biohydrogenation and fermentation. Spanish Journal of Agricultural Research 14: 1-9. https://doi.org/10.5424/sjar/2016141-8989

Waghorn G (2008). Beneficial and detrimental effects of dietary condensed tannins for sustainable sheep and goat production–progress and challenges. Animal Feed Science and Technology 147: 116-139. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.09.013

Wang Y, McAllister TA, Acharya S (2015). Condensed tannins in sainfoin: Composition, concentration, and effects on nutritive and feeding value of sainfoin forage. Crop Science 55: 13-22. https://doi.org/10.2135/cropsci2014.07.0489

(Aceptado para publicación el 3 de agosto de 2020)

Cambios en el perfil lipídico de la grasa subcutánea según el tipo de pienso en cerdos ibéricos próximos a mantenimiento

Ana I. Rey[1,*], Pablo Garre[1] y Argimiro Daza[2]

[1] Dpto. Producción Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad Complutense de Madrid, Avda. Puerta de Hierro s/n., 28040 Madrid, España

[2] Dpto. Producción Agraria, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid, España

Resumen

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto del nivel de alimentación (próximo a necesidades de mantenimiento) en función del tipo de pienso (con distintos niveles de grasa: 7 % *vs.* 4 %) y del tiempo, en el perfil graso subcutáneo de cerdos ibéricos. La capa externa presentó mayor proporción de C18:0 y C20:0, y la capa interna más C16:0 y C22:5n-3 con la dieta basada en carbohidratos. En cambio, con el suministro del pienso alto en grasa se obtuvieron mayores proporciones de C18:2n-6 y C20:3n-9 en ambas capas. Respecto al efecto del tiempo en los cerdos que estuvieron próximos al mantenimiento, se produjo una disminución de C16:1n-7, C18:1n-7, total de n-7 y C18:4n-3 y un aumento en C18:0 en la capa externa. En la capa interna, se produjo la disminución de la concentración del C18:1n-7, C18:3n-3, C20:5n-3 y C22:5n-3, sin cambios en los sumatorios de los principales grupos de ácidos grasos. En conclusión, un tiempo de espera en mantenimiento de tres semanas supone una reducción de las proporciones de ácidos grasos monoinsaturados n-7 a nivel de la capa externa de grasa subcutánea, con cambios individuales en poliinsaturados n-3 en ambas capas a causa de su utilización metabólica que no se manifiestan en el total de ácidos grasos n-3. No se observaron cambios en ambas capas con ambos factores (tipo de pienso y tiempo a nivel próximo a mantenimiento) lo que supone un avance para el manejo por el ganadero en el sector.

Palabras clave: cerdo ibérico, ácidos grasos, nivel alimentación.

Changes in the lipid profile of subcutaneous fat according to the type of feed in Iberian pigs close to maintenance

Abstract

The objective of this research was to study the effect of the feeding level (close to maintenance needs) depending on the type of feed (with different fat levels: 7 % *vs*. 4 %) and the time, on the subcutaneous fat profile of Iberian pigs. The outer layer presented greater proportions of C18:0 and C20:0, and the inner greater C16:0 and C22:5n-3 with the carbohydrate-based diet. On the other hand, with the supply of high fat feed, greater proportions of C18:2n-6 and C20:3n-9 were obtained in both layers. Re-

* Autor para correspondencia: anarey@vet.ucm.es

Cita del artículo: Rey AI, Garre P, Daza A (2021). Cambios en el perfil lipídico de la grasa subcutánea según el tipo de pienso en cerdos ibéricos próximos a mantenimiento. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 117(3): 247-261. https://doi.org/10.12706/itea.2020.029

garding the effect of time there was a decrease in C16:1n-7, C18:1n-7 and C18:4n-3 and an increase in C18:0 in the external layer in pigs close to maintenance level. In the inner layer, the proportion of C18:1n-7, C18:3n-3, C20:5n-3 and C22:5n-3 decreased but there were not changes in the sum of the main fatty acid groups. In conclusion, a maintenance waiting time of three weeks implies a reduction in the proportions of n-7 monounsaturated in subcutaneous fat of external layer and individual changes in n-3 polyunsaturated fatty acids in both layers due to its metabolic utilization; however these changes were not observed in the total of n-3 fatty acids. No changes were observed in both layer due to the interaction of both factors (type of diet and time of feeding close to maintenance) which represents an advance in for the management by the rancher in the sector.

Keywords: Iberian pig, fatty acid profile, feeding level.

Introducción

El uso de piensos compuestos en la alimentación del cerdo ibérico es una alternativa interesante para obtener productos de calidad no tan elevada en comparación con los procedentes de animales cebados con bellotas, pero con otros beneficios. De hecho esta práctica permite la obtención de productos económicamente viables, tanto para el productor, que podrá tener una mayor producción anual además de una mayor estabilidad interanual productiva; como para el consumidor, que podrá obtener un producto a un precio más asequible (López-Bote, 1998). Es por ello que ésta estrategia es la predominante en la actualidad (López-Bote, 2001). En el cebo del cerdo ibérico, existe un amplio abanico de posibilidades en cuanto a la alimentación a base de piensos se refiere con variaciones en el tipo o nivel de grasa y por tanto diferente nivel de carbohidratos, lo que puede afectar al perfil lipídico (López-Bote, 2001).

El perfil de ácidos grasos en el cerdo ibérico, especialmente durante su última fase de cebo, es un factor determinante de la calidad del producto final, que se usó durante años como método de control de calidad (BOE, 2001). Así, en la etapa de cebado/acabado, el animal se encuentra prácticamente de forma continua en una situación de balance energético positivo, por lo que casi en ningún momento moviliza ácidos grasos para obtener energía (López-Bote, 2001). Sin embargo, en periodos de restricción alimenticia, el balance energético tiende a mayor utilización que acumulación, y el grado en el que las proporciones de los distintos ácidos grasos en la grasa se ve afectado puede depender de la fuente energética del pienso y de su rápida disponibilidad por parte del organismo (Daza *et al*., 2007). Así, los ácidos grasos saturados se metabolizan con mayor dificultad que el C18:2n-6 u otros ácidos grasos insaturados (Raclot y Groscolas, 1993). El hecho de que el animal metabolice uno u otro ácido graso, variando su acumulación en los tejidos, pueden determinar en buena medida ciertas características de calidad de los productos como el sabor, aroma o el valor nutricional (Ruiz *et al*., 2005).

Por otra parte, y debido a la rusticidad de la raza ibérica, es habitual que dentro de un mismo lote se dé la coexistencia de animales que presentan diferencias en su peso debido a diferentes velocidades de crecimiento (López-Bote, 1998). Esto da lugar a lotes heterogéneos poco interesantes de cara al mercado (López-Bote, 2001). Por ello, los ganaderos se ven obligados a restringir el nivel de alimentación, dejando en mantenimiento aquellos animales con mayor peso con el objetivo de homogeneizar el lote de envío a matadero.

Se han llevado a cabo distintos estudios de los efectos que la restricción alimentaria pueden producir en el perfil lipídico en el cerdo

ibérico (Daza *et al*., 2006; Dunker *et al*., 2007; Serrano *et al*., 2009), pero se desconoce si la restricción alimentaria más severa próxima a la de mantenimiento puede afectar al perfil lipídico, en particular a determinados ácidos grasos que sean fácilmente metabolizables. Por tanto, los principales objetivos del estudio fueron por una parte: (1) estudiar la influencia de la utilización de dos tipos de piensos con distinto contenido en grasa administrados a cerdos ibéricos a un nivel próximo al mantenimiento los días previos de envío a matadero, sobre el perfil lipídico de las capas externa e interna de la grasa subcutánea; y por otra: (2) estudiar si el tiempo de espera próxima al mantenimiento afectó al perfil de ácidos grasos de las capas externa e interna de la grasa subcutánea.

Material y métodos

Animales experimentales

Para el estudio se utilizaron cerdos ibéricos castrados (n = 12) de la línea Torbiscal (Duarte *et al*., 2019) que fueron acabados en la finca "Dehesón del Encinar" (Oropesa, Toledo, España) con un peso inicial de 123,8 ± 6,0 kg y 11 meses de edad. Los cerdos estuvieron alojados en boxes individuales de 8 m^2 y recibieron agua *ad libitum*. Al inicio de tal periodo los animales se dividieron en dos grupos de 6 animales cada uno que recibieron dos piensos distintos, un pienso con un 7 % de grasa (girasol alto oleico) y otro con 4 % de grasa (girasol alto oleico) y mayor aporte de hidratos de carbono. Los dos piensos proporcionaron cantidades similares de energía y proteína al día. La composición calculada del pienso e ingredientes se muestra en la Tabla 1.

Los cerdos al final del acabado (63 días) fueron alimentados durante 3 semanas en régimen alimenticio próximo al mantenimiento con los mismos piensos recibiendo aproximadamente 27,5-31,0 MJ de energía digestible al día. Los cerdos fueron pesados cada 7 días (desde el inicio del cebo hasta los 84 días) y la cantidad de alimento se ajustaba en función de sus necesidades de mantenimiento (FEDNA, 2013).

Los cambios en el perfil lipídico se determinaron mediante la toma de biopsias en la grasa subcutánea. Los animales no mostraron ningún grado de disconfor los días posteriores al procedimiento. La muestra se tomó a 6 cm de la línea media a nivel de la última costilla usando un cilindro (diámetro 0,25 cm) con borde afilado. Los animales se tranquilizaron previamente con Azaperon (Stresnill, Labopica, Madrid) 1 hora antes de la toma de biopsias y se aplicó anestesia local (2 % lidocaína-HCl) inmediatamente antes de la toma de muestras. Con posterioridad los animales recibieron una inyección de 2 ml de penicilina intramuscular (Labopica, Madrid). Las muestras de grasa se situaron en tubos eppendorf y fueron trasladadas en presencia de frío al laboratorio de Nutrición de la Facultad de Veterinaria (UCM, Madrid), donde fueron congeladas a –20 °C hasta el momento de su análisis. En el momento de análisis se separaron en las muestras de grasa la capa externa e interna que se analizaron de forma independiente para determinar su composición en ácidos grasos.

Análisis de laboratorio

Análisis de la composición general del pienso

La determinación de humedad se llevó a cabo según la Norma ISO-1442 por gravimetría. Para el análisis de proteína, se determinó el nitrógeno total de la muestra por el método de Kjeldahl y el valor obtenido se multiplicó por 6,25. El método Kjeldahl se realizó siguiendo la norma ISO R-937. Para la determinación

Tabla 1. Ingredientes y composición calculada y analizada de los dos piensos experimentales utilizados en el estudio.
Table 1. Ingredients and calculated and analyzed composition of the two experimental diets used in the study.

	Pienso 1 (g/kg)	Pienso 2 (g/kg)
Ingredientes		
Cebada	583,9	532,8
Trigo	162,8	310,5
Harina soja 44	79,7	81.0
Semilla girasol (alto oleico)	143,5	50,1
Carbonato cálcico	12,1	8,2
Fosfato bicálcico	9,8	9,1
Cloruro sódico	4,0	4,0
Premix	4,0	4,0
Composición calculada		
Energía digestible (MJ/kg)	14,25	13,71
Composición analizada		
Materia seca (g/kg)	897,8	896,0
Proteína bruta (g/kg)	145,2	141,0
Grasa bruta (g/kg)	68,7	40,0
C16:0 (%)	6,78	15,39
C18:0 (%)	2,09	3,43
C18:1n-9 (%)	23,16	31,15
C18:2n-6 (%)	16,83	45,74

de la grasa se utilizó una modificación del método Bligh y Dyer (1959). Brevemente, la muestra pesada se puso en presencia de ácido clorhídrico 6 N y una mezcla de cloroformo:metanol 1:2 y tras proceder al filtrado, éste se decantó en presencia de una solución salina al 0,9 % de forma que la concentración final fuese cloroformo:metanol:agua (2:2:1,8). La fase inferior se evaporó en el rotavapor a una temperatura inferior a 50 °C y la grasa se cuantificó por diferencia de pesada.

Para el análisis de la composición de ácidos grasos del pienso, se utilizó el método de un solo paso propuesto por Sukhija y Palmquist (1988) con ligeras modificaciones. La muestra en presencia de tolueno (1 ml conteniendo 10 mg/ml de C15:0 como patrón interno) y cloruro acético en metanol (3 ml al 5 %) fue calentado a 70 °C durante 2 horas. Posteriormente la muestra se centrifugó 5 min a 3000 rpm y el sobrenadante se puso en presencia de sodio sulfato anhidro. La fase superior se recogió para su

análisis por cromatografía de gases (Agilent Technologies®, Waldbronn, Germany) (Rey y López-Bote, 2001).

Análisis de la composición de ácidos grasos de la grasa subcutánea

La grasa se extrajo mediante el método de fusión térmica (Carrapiso y García, 2000). Se colocó la grasa en un tubo de vidrio que se introdujo en un horno microondas durante 1 min aproximadamente, a una potencia de media de 350 w. La grasa se metiló en una estufa en presencia de metilato sódico y sulfúrico en metanol (Rey y López-Bote, 2001). Los ésteres metílicos de la capa superior fueron previamente disueltos en éter de petróleo para su análisis por cromatografía de gases. Para el análisis se utilizó un cromatógrafo equipado con un inyector de split (1/50), un detector de ionización de llama (FID) y una columna capilar Innowax® con fase estacionaria polietilen-glicol (30 m x 0,32 mm x 0,25 µm) (Agilent Technologies®, Waldbronn, Germany) siguiendo el programa de temperaturas descrito anteriormente (Rey y López-Bote, 2001). La identificación individualizada de los ácidos grasos se realizó mediante el empleo de mezclas conocidas de patrones externos. El ácido C15:0 (ácido pentadecanoico) (Sigma, St Louis, M.O. USA) se utilizó como patrón interno. Los ácidos grasos se expresaron como porcentaje sobre el total de los ácidos grasos.

Análisis estadístico de los datos

La unidad experimental fue el cerdo. Los datos se analizaron siguiendo un diseño completamente al azar utilizando el procedimiento GLM del SAS (v9.3) (Statistical Analysis Institute, 2002). Se evaluaron como efectos principales el tratamiento (pienso1 *vs*. pienso 2) y el tiempo (62 días *vs.* 83 días), así como la interacción. Los datos se presentaron con el valor medio seguido de la raíz del error cuadrado de la media (RMSE), seguido de la probabilidad (P). Las diferencias se consideraron estadísticamente significativas cuando $P < 0,05$.

Resultados

Los pesos medios de los cerdos el día 63 después del inicio del periodo experimental fueron 150,00 ± 4,70 kg y 157,17 ± 5,20 kg en los animales que recibieron el pienso 1 y 2 respectivamente, ascendiendo tales pesos a 155,40 ± 5,10 kg y 160,50 ± 4,80 kg en el día 84 final del experimento, por lo que el crecimiento medio diario fue de 257,14 g y 158,57 g para los cerdos que consumieron el pienso 1 y 2 respectivamente, lo que significa que la ingestión energética diaria de los cerdos, entre los días 64 y 84 del periodo de acabado, fue ligeramente superior a las necesidades de mantenimiento alrededor del 27 % y 17 % más elevado según FEDNA (2013) en los cerdos que consumieron el pienso 1 y 2, respectivamente.

En la Tabla 2 se observa la comparativa del perfil de ácidos grasos de las muestras de grasa externa tomadas los días 62 y 83 tras una alimentación en régimen próximo al de mantenimiento de los dos grupos en función del tipo de pienso suministrado. Se observó que los ácidos grasos afectados según el tipo de pienso utilizado fueron el C18:0, C18:2n-6, C18:4n-3, C20:0 y C20:3n-9. El pienso 2 dio lugar a mayor contenido en C18:0 ($P = 0,033$), C20:0 ($P = 0,0050$). También se detectó una marcada tendencia a que el pienso 2 tuviera proporciones de C18:1n-7 superiores, aunque las diferencias no llegaron a ser significativas ($P = 0,0659$). Sin embargo, el uso del pienso 2 dio lugar a contenidos inferiores de C18:2n-6 ($P = 0,0001$), C18:4n-3 ($P = 0,028$), C20:3n-9 ($P = 0,0092$) y total de ácidos grasos poliinsaturados n-6 ($P = 0,0002$). Examinando los datos medios obtenidos para los ácidos

Tabla 2. Proporción de ácidos grasos (g/100 g del total) de grasa externa tomadas los días 62 y 83 del cebo según el tipo de pienso administrado y el tiempo en mantenimiento.
Table 2. Proportion of fatty acids (g/100 g of the total) of external fat taken on days 62 and 83 of fattening according to the type of feed administered and the time in maintenance.

Ácido graso	Tiempo	Pienso 1	Pienso 2	RMSE[1]	RMSE tiempo[1]	*P* pienso[2]	*P* tiempo[2]	*P* pienso xtiempo[2]
C14:0	día 62	1,250	1,184	0,076	0,077	NS	NS	NS
	día 83	1,165	1,206					
C16:0	día 62	20,085	20,486	0,737	0,741	NS	NS	NS
	día 83	20,210	20,730					
C16:1n-9	día 62	0,248	0,265	0,018	0,018	NS	NS	NS
	día 83	0,261	0,255					
C16:1n-7	día 62	1,947	1,951	0,144	0,140	NS	*	NS
	día 83	1,807	1,855					
C17:0	día 62	0,259	0,273	0,018	0,018	NS	NS	NS
	día 83	0,274	0,271					
C17:1	día 62	0,297	0,316	0,026	0,026	NS	NS	NS
	día 83	0,289	0,294					
C18:0	día 62	8,726	9,319	0,598	0,632	*	*	NS
	día 83	9,310	9,892					
C18:1n-9	día 62	47,259	47,786	1,063	1,031	NS	NS	NS
	día 83	47,678	47,853					
C18:1n-7	día 62	3,034	3,170	0,251	0,261	NS	***	NS
	día 83	2,394	2,665					
C18:2n-6	día 62	12,896	11,357	0,788	1,044	***	NS	NS
	día 83	12,665	11,084					
C18:3n-3	día 62	0,441	0,426	0,045	0,044	NS	NS	NS
	día 83	0,401	0,430					
C18:4n-3	día 62	0,094	0,090	0,006	0,006	*	**	NS
	día 83	0,089	0,083					
C20:0	día 62	0,175	0,198	0,018	0,021	**	NS	NS
	día 83	0,179	0,203					
C20:1	día 62	1,612	1,694	0,117	0,114	NS	NS	NS
	día 83	1,660	1,661					

[1] RMSE: Cuadrado medio del error del efecto tratamiento o del tiempo; [2] NS = no significativo ($P > 0,05$).

Tabla 2. Proporción de ácidos grasos (g/100 g del total) de grasa externa tomadas los días 62 y 83 del cebo según el tipo de pienso administrado y el tiempo en mantenimiento (continuación).
Table 2. Proportion of fatty acids (g/100 g of the total) of external fat taken on days 62 and 83 of fattening according to the type of feed administered and the time in maintenance (continuation).

Ácido graso	Tiempo	Pienso 1	Pienso 2	RMSE[1]	RMSE tiempo[1]	*P* pienso[2]	*P* tiempo[2]	*P* pienso xtiempo[2]
C20:3n-9	día 62	1,046	0,945	0,086	0,095	**	NS	NS
	día 83	1,034	0,931					
C20:4n-6	día 62	0,228	0,188	0,038	0,038	NS	NS	NS
	día 83	0,214	0,208					
C20:5n-3	día 62	0,157	0,129	0,027	0,027	NS	NS	NS
	día 83	0,135	0,147					
C22:5n-3	día 62	0,088	0,077	0,024	0,024	NS	NS	NS
	día 83	0,067	0,079					

[1] RMSE: Cuadrado medio del error del efecto tratamiento o del tiempo; [2] NS = no significativo ($P > 0,05$).

grasos poliinsaturados n-6 en función del tipo de pienso, es notable la diferencia de más de un punto porcentual, en torno al 12,7 % con el pienso 1 y del orden del 11,4 % con el pienso 2, del nivel de estos ácidos grasos en el perfil lipídico. Estas diferencias específicas en ácidos grasos dieron lugar a cambios en la proporción de los principales grupos de ácidos grasos (Tabla 3). De forma que la alimentación con el pienso 2 produjo en la grasa subcutánea una tendencia a tener mayor proporción de ácidos grasos saturados ($P = 0,0643$), monoinsaturados n-7 ($P = 0,0766$), así como menor proporción en ácidos grasos poliinsaturados n-6 ($P = 0,0002$).

Así mismo, los ácidos grasos afectados significativamente por el tiempo fueron el C16:1n-7 ($P = 0,0494$), C18:1n-7 ($P = 0,0001$) y el C18:4n-3 ($P = 0,0094$) que disminuyeron mientras que la proporción del C18:0 aumentó ($P = 0,015$) (Tabla 2). Por otra parte, el tiempo sólo afectó de forma significativa a la proporción de monoinsaturados n-7 ($P = 0,0001$) (Tabla 3). La proporción media de estos ácidos grasos sobre el total del perfil en la muestra tomada el día 62 fue del 5,05 %, mientras que el día 83 el porcentaje fue del 4,36 %

La proporción de ácidos grasos en el perfil graso de las muestras de grasa interna subcutánea de los animales alimentados con los piensos experimentales se expone en la Tabla 4. Los resultados obtenidos para aquellos ácidos grasos influenciados por el tipo de pienso administrado indican que existen proporciones superiores de C20:3n-9 y C18:2n-6 con el suministro del pienso 1, mientras que para los ácidos grasos C10:0, C16:0 y C22:5n-3, las proporciones fueron inferiores en el pienso 1 respecto al pienso 2. Además, los animales alimentados con el pienso 2 tendieron a exhibir valores de C17:0 ($P = 0,087$) y C17:1 ($P = 0,057$) numéricamente superiores en su grasa subcutánea en comparación con los que recibieron el pienso 1, aunque las diferencias no llegaron a ser significativas. Al analizar conjuntamente las proporciones de los principales grupos de ácidos grasos en el perfil lipídico de las muestras de grasa in-

Tabla 3. Evolución de los principales grupos de ácidos grasos de los diferentes grupos experimentales, medido en muestras tomadas a nivel de la grasa externa los días 62 y 83 del cebo.
Table 3. Evolution of the main fatty acid groups of the external fat according to the experimental groups, measured on days 62 and 83 of fattening.

Ácido graso	Tiempo	Pienso 1	Pienso 2	RMSE[1]	RMSE tiempo[1]	*P* pienso[2]	*P* tiempo[2]	*P* pienso xtiempo[2]
saturados	día 62	30,640	31,593	1,303	1,346	NS	NS	NS
	día 83	31,268	32,433					
mono n-7[3]	día 62	4,982	5,121	0,317	0,328	NS	***	NS
	día 83	4,200	4,520					
mono n-9[4]	día 62	49,119	49,744	1,160	1,124	NS	NS	NS
	día 83	49,599	49,769					
poli n-3[5]	día 62	0,784	0,728	0,085	0,084	NS	NS	NS
	día 83	0,715	0,751					
poli n-6[6]	día 62	12,751	11,545	0,804	1,050	***	NS	NS
	día 83	12,809	11,291					

[1] RMSE: Cuadrado medio del error del efecto tratamiento o del tiempo. [2] NS = no significativo ($P > 0,05$). [3]Ácidos grasos monoinsaturados n-7. [4]Ácidos grasos monoinsaturados n-9. [5]Ácidos grasos poliinsaturados n-3. [6]Ácidos grasos poliinsaturados n-6.

terna subcutánea (Tabla 5) se observó que el tipo de pienso influyó en la proporción de los ácidos grasos saturados ($P = 0,0074$) y los poliinsaturados (PUFA) n-6 ($P = 0,0001$). No se observaron cambios significativos con el tiempo bajo el régimen nutritivo próximo al mantenimiento de los cerdos en los principales grupos de ácidos de la grasa subcutánea interna, ni se observaron interacciones estadísticamente significativas entre ambos factores.

Por otra parte, el tiempo en régimen próximo al mantenimiento (Tabla 4), desde el día 62 al 83, redujo significativamente los niveles de los ácidos grasos C18:1n-7 ($P = 0,0289$), C18:3n-3 ($P = 0,0013$), C20:5n-3 ($P = 0,0161$) y C22:5n-3 ($P = 0,0014$). Sin embargo, en lo que concierne a los resultados de la interacción tiempo × tipo de pienso (Tabla 4) no se detectaron diferencias estadísticamente significativas.

Discusión

La utilización de un pienso con menor contenido en grasa y mayor aporte de carbohidratos (2) dio lugar a mayores niveles de ácidos grasos saturados (sobre todo C18:0 y C20:0) en la capa externa subcutánea que otro pienso con mayor contenido en grasa (1). El pienso 2 proporcionó mayor cantidad de cereales, lo que supone una mayor cantidad de almidón en la ración (De Blas *et al*., 2010), y por tanto de glucosa disponible, por lo que la síntesis endógena pudo predominar. Diversos autores ponen de manifiesto que la síntesis endógena de ácidos grasos produce como resultado ácidos grasos saturados en una proporción próxima al 45 % y alrededor del 55 % de ácidos grasos monoinsaturados (Brooks, 1971). Se ha observado que el cerdo ibérico posee una alta capacidad

Tabla 4. Proporción de ácidos grasos (g/100 g del total) de las muestras de grasa interna tomadas los días 62 y 83 del cebo en función del tipo de pienso administrado.
Table 4. Proportion of fatty acids (g/100 g of the total) of the internal fat samples taken on days 62 and 83 of fattening according to the type of feed.

Ácido graso	Tiempo	Pienso 1	Pienso 2	RMSE[1]	RMSE tiempo[1]	*P* pienso[2]	*P* tiempo[2]	*P* pienso xtiempo[2]
C14:0	día 62	1,122	1,203	0,062	0,064	NS	NS	NS
	día 83	1,164	1,191					
C16:0	día 62	20,557	21,377	0,530	0,669	**	NS	NS
	día 83	20,570	21,498					
C16:1n-9	día 62	0,303	0,285	0,017	0,018	NS	NS	NS
	día 83	0,276	0,290					
C16:1n-7	día 62	1,550	1,753	0,188	0,194	NS	NS	NS
	día 83	1,559	1,703					
C17:0	día 62	0,276	0,323	0,028	0,030	NS	NS	NS
	día 83	0,309	0,314					
C17:1	día 62	0,279	0,326	0,034	0,036	NS	NS	NS
	día 83	0,279	0,303					
C18:0	día 62	10,370	10,847	0,674	0,685	NS	NS	NS
	día 83	10,849	11,313					
C18:1n-9	día 62	45,735	45,552	0,880	0,850	NS	NS	NS
	día 83	45,412	45,855					
C18:1n-7	día 62	2,552	2,659	0,265	0,262	NS	*	NS
	día 83	2,218	2,412					
C18:2n-6	día 62	13,331	11,999	0,575	1,086	***	NS	NS
	día 83	13,660	11,565					
C18:3n-3	día 62	0,525	0,496	0,030	0,031	NS	**	NS
	día 83	0,448	0,468					
C18:4n-3	día 62	0,076	0,084	0,008	0,008	NS	NS	NS
	día 83	0,084	0,075					
C20:0	día 62	0,184	0,192	0,025	0,024	NS	NS	NS
	día 83	0,187	0,202					
C20:1	día 62	1,496	1,445	0,128	0,123	NS	NS	NS
	día 83	1,442	1,405					

[1] RMSE: Cuadrado medio del error del efecto tratamiento o del tiempo, [2] NS = no significativo ($P > 0,05$).

Tabla 4. Proporción de ácidos grasos (g/100 g del total) de las muestras de grasa interna tomadas los días 62 y 83 del cebo en función del tipo de pienso administrado (continuación).
Table 4. Proportion of fatty acids (g/100 g of the total) of the internal fat samples taken on days 62 and 83 of fattening according to the type of feed (continuation).

Ácido graso	Tiempo	Pienso 1	Pienso 2	RMSE[1]	RMSE tiempo[1]	*P* pienso[2]	*P* tiempo[2]	*P* pienso xtiempo[2]
C20:3n-9	día 62	1,034	0,856	0,081	0,116	***	NS	NS
	día 83	0,996	0,821					
C20:4n-6	día 62	0,225	0,216	0,027	0,025	NS	NS	NS
	día 83	0,211	0,219					
C20:5n-3	día 62	0,147	0,131	0,012	0,012	NS	*	NS
	día 83	0,126	0,124					
C22:5n-3	día 62	0,088	0,091	0,011	0,014	*	**	NS
	día 83	0,058	0,082					

[1] RMSE: Cuadrado medio del error del efecto tratamiento o del tiempo, [2] NS = no significativo ($P > 0,05$).

Tabla 5. Evolución de los principales grupos de ácidos grasos de la grasa interna según los grupos experimentales, medidos los días 62 y 83 del cebo.
Table 5. Evolution of the main fatty acid groups of the internal fat according to the experimental groups, measured on days 62 and 83 of fattening.

Ácido graso	Tiempo	Pienso 1	Pienso 2	RMSE[1]	RMSE tiempo[1]	*P* pienso[2]	*P* tiempo[2]	*P* pienso xtiempo[2]
saturados	día 62	32,636	34,083	0,589	1,091	**	NS	NS
	día 83	33,215	34,655					
mono n-7[3]	día 62	4,102	4,413	0,971	1,178	NS	NS	NS
	día 83	3,777	4,115					
mono n-9[4]	día 62	48,567	48,139	0,420	0,425	NS	NS	NS
	día 83	48,125	48,371					
poli n-3[5]	día 62	0,851	0,815	1,005	0,961	NS	NS	NS
	día 83	0,722	0,637					
poli n-6[6]	día 62	13,556	12,215	0,284	0,302	***	NS	NS
	día 83	13,872	11,783					

[1] RMSE: Cuadrado medio del error del efecto tratamiento o del tiempo, [2] NS = no significativo ($P > 0,05$). [3] ácidos grasos monoinsaturados n-7, [4] ácidos grasos monoinsaturados n-9, [5] ácidos grasos poliinsaturados n-3, [6] ácidos grasos poliinsaturados n-6.

lipogénica con mayor expresión de genes relacionados con la síntesis endógena de grasa a partir del consumo de dietas ricas en carbohidratos (Daza *et al*., 2007; Benítez *et al*., 2016). Los efectos en la capa interna como consecuencia del tipo de pienso administrado dieron lugar a resultados similares a los observados en la capa externa con un mayor incremento en la proporción de ácidos grasos saturados, en especial C16:0 con el consumo del pienso 2. Está capa además presentó mayor contenido en ácidos grasos saturados que la capa externa, lo que está de acuerdo con datos de otros autores (Bee *et al*., 2002; Daza *et al.*, 2007), y puede ser debido a una mayor actividad enzimática de la ácido graso-sintetasa en la capa interna (Bee *et al*., 2002).

El incremento de las proporciones de ácidos grasos saturados y monoinsaturados dentro del perfil graso total como consecuencia del tipo de pienso administrado supone una disminución de la proporción de C18:2n-6 por dilución en similar proporción (Wood *et al.*, 2008; Daza *et al*., 2007), y este efecto fue observado en ambas capas de grasa. Por otro lado, la menor proporción de C18:2n-6 en el perfil graso de los animales alimentados con el pienso 2 respecto al pienso 1 pudo también estar influenciada por la movilización preferente de este ácido graso. Los ácidos grasos poliinsaturados son de movilización rápida, seguidos de los monoinsaturados y en último lugar los saturados (Raclot y Groscolas, 1993; Connor *et al*., 1996). Raclot y Groscolas (1993) determinaron que un ácido graso es más fácilmente utilizado para fines metabólicos cuando su cadena hidrocarbonatada, dentro del rango comprendido entre 18 y 22 carbonos, es más corta, dispone de un mayor número de insaturaciones y sus dobles enlaces están situados en las posiciones más cercanas al grupo metilo terminal de la cadena. El elevado nivel de inclusión de C18:2n-6 en la dieta mediante la administración del pienso 2, conlleva una más libre disposición de dicho ácido graso que favorece su β-oxidación para la obtención de energía (López-Bote, 2001), influyendo en la reducción de sus niveles en el perfil graso. Sin embargo, se ha observado que en el cerdo ibérico serían necesarias más de 24 horas de privación de alimento para observar efectos en la expresión de ciertos genes involucrados en la lipolisis (Benítez *et al*., 2016). Teniendo en cuenta que los animales se encontraban bajo un régimen nutritivo restringido, casi cercanos al mantenimiento, la movilización, de haberse dado, sería moderada y por tanto los cambios observados podrían ser también debidos a un efecto dilución. Además hay que tener en cuenta que aunque la proporción de C18:2 fue superior en el pienso 2, el contenido en grasa de este pienso fue inferior por lo que la diferencia en el aporte de C18:2 con la alimentación entre ambos piensos fue de 8 puntos porcentuales (12 % *vs.* 18%). La proporción de C18:2n-6 encontrada en el perfil lipídico de la grasa de animales que consumieron el pienso 2, estarían más cercanas a las proporciones establecidas como recomendadas (9-10 %) por motivos tecnológicos en el ibérico, incluso en los alimentados con piensos compuestos (López-Bote *et al*., 1999), puesto que un mayor contenido en C18:2n-6 está asociado a problemas en el procesado de derivados cárnicos y a la aparición de sabores y olores a rancio (Wood *et al*., 2008).

En cuanto a los efectos observados sobre la menor proporción de C20:3n-9 con el consumo del pienso 2 en ambas capas, éste ácido graso se sintetiza a partir del C18:1n-9 por fenómenos de elongación y desaturación y es el principal ácido graso procedente de ácidos grasos no esenciales (Brenner, 1989). En caso de que el aporte de ácidos grasos esenciales como el C18:2 en la dieta disminuya, la síntesis de otros ácidos grasos insaturados procedente de C18:1n-9 y C18:1n-7 continua dando lugar a una mayor acumulación de C20:3n-9 (Brenner, 1989). En el caso del pienso 2, con

un elevado aporte de C18:2n-6 en la dieta, pudieron no ser necesarios fenómenos de desaturación a partir de sus precursores n-9; o bien como se ha indicado anteriormente, su disminución pudo deberse en parte a fenómenos de dilución por el aumento de otros ácidos grasos mayoritarios sintetizados.

En lo que se refiere al C22:5n-3 afectado en la capa interna y precursor obligado en la síntesis del C22:6n-3 (Voss *et al*., 1991), que es un componente habitual de los fosfolípidos de membrana celular, los altos niveles de C18:2n-6 en el pienso 2 a causa de la alimentación y su mayor uso metabólico pudieron influenciar directamente la acumulación de otros ácidos grasos n-3. Siendo conscientes de la competición existente entre los ácidos grasos poliinsaturados n-6 y n-3 por ejercer la misma función estructural y dado que ambos compiten por la enzima δ-6 desaturasa (Brenner, 1989; Nguyen *et al*. 2003), la disminución de la proporción de los ácidos grasos poliinsaturados n-6 existente en el perfil graso asociado al consumo del pienso 2 facilitaría el aumento de la proporción de C22:5n-3. El aumento de estos ácidos grasos minoritarios es un aspecto interesante puesto que sus niveles en la alimentación se los ha relacionado con mayor respuesta inmunitaria y protección cardiovascular (Brenner, 1989), por lo que un aumento de los mismos suponen una mejora del valor nutricional de los productos.

Además, en el presente estudio se observa una relación inversa entre el tiempo en restricción alimenticia y la concentración de monoinsaturados n-7 en el perfil graso. Esto puede explicarse por la predisposición de este grupo de ácidos grasos, y en especial el C16:1n-7, para sufrir la β-oxidación en periodos de ayuno o restricción (Power *et al*., 1997). Una dieta asociada a una severa restricción para acercarse a niveles de mantenimiento, trata de administrar el aporte de nutrientes necesaria para que exista poca variación de peso. Sin embargo, durante el manejo de esta práctica es posible que existan instantes de ayuno donde el balance energético es negativo y es necesaria la movilización de reservas energéticas para el normal funcionamiento del organismo. En esta situación, la superior afinidad del palmitoil-CoA para ser rápidamente catalizado por la carnitina palmitoiltransferrasa I (CPT I) respecto al resto de ácidos grasos (Power *et al*., 1997), predispone al C16:1n-7 a sufrir la β-oxidación, situándose como una de las principales fuentes energéticas, evitando su almacenamiento como triglicérido. Además, la disminución de los niveles de C18:4n-3 en el tiempo se puede deber también a su posible movilización energética durante la restricción para acercarse al nivel de mantenimiento ya que su estructura molecular, facilita su uso metabólico (Raclot y Groscolas, 1993). En la capa interna además se observó la disminución de otros ácidos grasos de la familia n-3 (C18:3n-3, C20:5n-3 y C22:5n-3) a lo largo del periodo en restricción próximo al mantenimiento. Nieminen *et al*. (2006), también encontraron una movilización preferente de los ácidos grasos n-3 en visones sometidos a una restricción de alimento. Estas variaciones observadas durante el tiempo en restricción podrían explicarse como se ha indicado, por su mayor movilización metabólica respecto al resto de ácidos grasos (Raclot y Groscolas, 1993; Connor *et al*., 1996) y a su acción como precursores para la síntesis de otros ácidos grasos, como el C22:6n-3 (Voss *et al.*, 1991) y hormonas eicosanoides (Aires *et al*., 2005). Gracias a la enzima δ-6 desaturada, se realiza la síntesis de C22:5n-3 a partir del C20:5n-3 (Voss *et al.*, 1991). El C22:5n-3 es un metabolito obligatorio para llevar a cabo la síntesis de C22:6n-3, mediante una elongación, para finalizar la ruta sintética mediante una β-oxidación a nivel de los peroxisomas (Voss *et al*., 1991). Sin embargo, debido a la pequeña proporción que estos ácidos grasos suponen respecto al total, las diferencias no se manifestaron en el total de n-3. Por último, no sólo

se produjo una disminución de algunos ácidos grasos minoritarios durante el tiempo en restricción próxima al mantenimiento, sino que además se observó un incremento de los niveles de C18:0 que podría deberse en parte a su formación porque la síntesis endógena está siendo un proceso metabólico activo durante el tiempo (Wood *et al*., 2003), pero la movilización de los ácidos grasos saturados es muy dificultosa en comparación con otros ácidos grasos (Connor *et al.,* 1996).

No se encontraron valores estadísticamente significativos que pudieran sugerir que el tipo de pienso administrado tuviera distinto efecto según el tiempo en restricción cercana al mantenimiento (interacción) en los cambios acontecidos en el perfil graso de la capa externa de la grasa subcutánea, lo que hace pensar que la pequeña movilización de ácidos grasos que se produce durante el tiempo de espera, apenas se ve influenciada por el origen de la fuente de energía. Esto, a efectos prácticos, puede ser muy interesante, puesto que en casos en los que el pienso que está recibiendo el lote de animales en espera se agotara y tuviera que ser sustituido por otro, se encontrarían pocas diferencias sobre el perfil graso mientras los cerdos permanezcan restringidos o en mantenimiento.

Conclusiones

En conclusión, la administración de un pienso con menos grasa y mayor contenido en carbohidratos produce un aumento en la proporción en ácidos grasos saturados debido a una mayor síntesis endógena. Esto se traduce en una menor proporción de ácidos grasos poliinsaturados n-6 en el perfil graso de las capas externa e interna de la grasa subcutánea. Estos cambios parecen más significativos en la capa interna que en la externa. Sin embargo, el periodo de espera bajo una severa restricción alimenticia próxima al mantenimiento produce pequeños cambios en el perfil de ácidos grasos de la grasa subcutánea. Los principales efectos se observan en los ácidos grasos monoinsaturados n-7 y algunos ácidos grasos específicos de la familia n-3, debido a su fácil capacidad de ser metabolizados. Por otra parte, el perfil de ácidos grasos de la grasa subcutánea no se ve afectado de forma significativa según el pienso recibido durante el tiempo de espera bajo una importante restricción próxima al mantenimiento, lo que supone un avance para el manejo por el ganadero en este sector productivo. Estos resultados pueden ser de utilidad para mejorar el cebo de cerdos ibéricos puros y sobre su posible aplicación en cerdos cruzados, siendo necesario algún estudio adicional para confirmarlo.

Referencias bibliográficas

Aires D, Capdevila N, Segundo MJ (2005). Ácidos grasos esenciales: su influencia en las diferentes etapas de la vida. Offarm 24(4): 96-102.

Bee G, Gebert S, Messikommer R (2002). Effect of dietary energy supply and fat source on the fatty acid pattern of adipose and lean tissues and lipogenesis in the pig. Journal of Animal Science 80: 1564-1574. https://doi.org/10.2527/2002.8061564x

Benítez R, Núñez Y, Fernández A, Isabel B, Rodríguez C, Daza A, López-Bote C, Silió L, Óvilo C (2016). Adipose tissue transcriptional response of lipid metabolism genes in growing Iberian pigs fed oleic acid *vs.* carbohydrate-enriched diets. Animal 10: 939-946. https://doi.org/10.1017/S1751731115003055

Bligh EG, Dyer W (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. Canadian Journal of Biochemistry and Physiology 37: 911-917. https://doi.org/10.1139/o59-099

BOE (2001). RD 1083/2001, de 5 de octubre, por el que se aprueba la Norma de Calidad para la carne, el jamón, la paleta y la caña de lomo ibé-

ricos. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Boletín Oficial del Estado, nº 247, de 15 de octubre de 2001, pp. 37830-37833

Brenner RR (1989). Factors influencing fatty acid chain elongation and desaturation. En: The role of fats in human nutrition vol. 2 (Ed. Vergroesen AJ, Crawford M), pp. 45-79. Academic Press, Londres.

Brooks CC (1971). Fatty acid composition of pork lipids as affected by basal diet, fat source and fat level. Journal of Animal Science 33: 1224-1231. https://doi.org/10.2527/jas1971.3361224x

Carrapiso AI, García C (2000). Development in lipid analysis: Some new extraction techniques and in situ transesterification. Lipids 35(11): 1167-1177. https://doi.org/10.1007/s11745-000-0633-8

Connor WE, Lin DS, Colvis C (1996). Differential mobilization of fatty acids from adipose tissue. Journal of Lipid Research 37: 290-298.

Daza A, Olivares A, López-Bote CJ (2006). Effect of a moderate feed restriction on subsequent growth and body composition in pigs raised under high environmental temperatures. Journal of Animal and Feed Sciences 15: 417-426. https://doi.org/10.22358/jafs/66912/2006

Daza A, Rey AI, Menoyo D, Bautista JM, Olivares A, López-Bote CJ (2007). Effect of level of feed restriction during growth and/or fattening on fatty acid composition and lipogenic enzymes activity in heavy pigs. Animal Feed Science and Technology 138: 61-74. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.11.013

De Blas C, Mateos GG, García-Rebollar P. (2010). Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo para la fabricación de piensos compuestos, 3ª edición. FEDNA, Madrid, España.

Duarte JL, Ureta P, Rodríguez PM, Izquierdo M (2019). Estudio poblacional de las variedades en peligro de extinción torbiscal, lampiño y manchado de jabugo de la raza porcina ibérica. Solo Cerdo Ibérico 41: 14-27.

Dunker A, Rey AI, López-Bote CJ, Daza A (2007). Effect of the feeding level during the fattening phase on the productive parameters, carcass characteristics and quality of fat in heavy pigs. Journal of Animal and Feed Sciences 16: 621-635. https://doi.org/10.22358/jafs/66819/2007

FEDNA (2013). Necesidades Nutricionales para Ganado Porcino. Normas FEDNA (2ª edición). (Ed. Blas C, Gasa J, González-Mateos G). Universidad Politécnica de Madrid y Universidad Autónoma de Barcelona.

López-Bote CJ (1998). Sustained utilization of the Iberian pig breed. Meat Science 49: S17-S27. https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)90036-5

López-Bote CJ, Isabel B, Rey AI (1999). Efecto de la nutrición y del manejo sobre la calidad de la grasa en el cerdo. En: XV Curso de especialización FEDNA: avances en nutrición y alimentación animal (ED. Rebollar PG, de Blas C, Mateos GG), pp. 223-252. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, Madrid, España.

López-Bote CJ (2001). Alimentación del cerdo Ibérico con piensos compuestos. En: Porcino Ibérico: aspectos claves. (Ed. Buxadé C, Daza A), pp. 247-277. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España.

Nguyen LQ, Nuijens MCGA, Everts H, Salden N, Beynen AC (2003). Mathematical relationships between the intake of n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids and their contents in adipose tissue of growing pigs. Meat Science 65: 1399-1406. https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00062-7

Nieminen P, Käkelä R, Pyykönen T, Mustonen AM (2006). Selective fatty acid mobilization in the American mink (*Mustela vison*) during food deprivation. Comparative Biochemistry and Physiology B 145: 81-93. https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2006.06.007

Power GW, Cake MH, Newsholme EA (1997). Influence of diet on the kinetic behavior of hepatic carnitine palmitoyltransferase I toward different acyl CoA esters. Lipids 32: 31-37. https://doi.org/10.1007/s11745-997-0005-4

Raclot T, Groscolas R (1993). Differential mobilization of white adipose tissue fatty acids according to chain length, unsaturation, and positional isomerism. Journal of Lipid Research 34: 1515-26.

Rey AI, López-Bote CJ (2001). Effect of dietary copper and vitamin E supplementation, and extensive feeding with acorn and grass on *longissimus* muscle composition and susceptibility to oxidation in Iberian pigs. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 85: 281-292. https://doi.org/10.1046/j.1439-0396.2001.00316.x

Ruiz J, de la Hoz L, Isabel B, Rey AI, Daza A, López-Bote CJ (2005). Improvement of dry-cured Iberian ham quality characteristics through modifications of dietary fat composition and supplementation with vitamin E. Food Science and Technology International 11: 327-355. https://doi.org/10.1177/1082013205057627

Serrano MP, Valencia DG, Fuentetaja A, Lázaro R, Mateos GG (2009). Influence of feed restriction and sex on growth performance and carcass and meat quality of Iberian pigs reared indoors. Journal of Animal Science 87: 1676-1685. https://doi.org/10.2527/jas.2008-0989

Sukhija PS, Palmquist DL (1988). Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feedstuffs and feces. Journal of Agricultural and Food Chemistry 36(6): 1202-1206. https://doi.org/10.1021/jf00084a019

Voss A, Reinhart M, Sankarappa S, Sprecher H (1991). The metabolism of 7, 10, 13, 16, 19-Docosapentaenoic acid to 4, 7, 10, 13, 16, 19-docosahexaenoi in rat liver is independent of 4-desaturase. Journal of Biological Chemistry 266(30): 19995-20000

Wood JD, Enser M, Fisher AV, Nute GR, Sheard PR, Richardson RI, Hughes SI, Whittington FM (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review. Meat Science 78: 343-358. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.019

(Aceptado para publicación el 17 de agosto de 2020)

Producción de corderos lechales de raza Segureña y Montesina en la Región de Murcia. Influencia de la raza y la estación del año en la calidad de la canal y la carne

María Dolores Barceló[1,2,*], Luis Tejada[2], Laura Almela[1] y Begoña Peinado[1]

[1] Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario, IMIDA. Departamento de Acuicultura y Tecnología de la Producción Animal. Equipo de Mejora Genética Animal y Desarrollo Ganadero. Calle Mayor, s/n. 30150 La Alberca, Murcia, España

[2] Universidad Católica de Murcia, UCAM. Departamento de Tecnología de la Alimentación y Nutrición. Campus de los Jerónimos nº 135, 30107 Guadalupe, Murcia, España

Resumen

En la Región de Murcia conviven dos razas ovinas autóctonas, la Segureña y la Montesina, esta última en peligro de extinción. Ambas producen corderos tipo ternasco en zonas con alta estacionalidad de pastos y altos costes de producción. Resultaría interesante diversificar sus producciones, añadiendo productos de alto valor añadido como el cordero lechal.

El objetivo de este estudio fue evaluar y comparar la calidad de los corderos lechales de las razas Segureña y Montesina, analizando los efectos de la raza y de la estación del año sobre la calidad de la canal y la carne.

Se utilizaron 24 corderos segureños y 30 corderos montesinos, machos y hembras de partos simples agrupados en dos lotes por estación del año: primavera y otoño. Los animales fueron alimentados exclusivamente con lactancia materna hasta alcanzar pesos comprendidos entre los 10-16 kg. Se realizaron las medidas de calidad de la canal e instrumental (pH y color) de la carne habituales para esta especie. Los resultados mostraron parámetros adecuados de calidad en ambas razas. El tratamiento estadístico de los datos mostró una fuerte influencia de la estación del año en la mayoría de los parámetros de calidad analizados. La raza solo marcó diferencias significativas en el estado de engrasamiento de la canal ($p = 0,01$) y renal ($p < 0,001$), presentando la raza Montesina los valores más altos en ambos casos.

En conclusión, los corderos lechales segureños y montesinos ofrecen parámetros de calidad de la canal e instrumental de la carne adecuados para proponer su producción a las explotaciones de la Región de Murcia, con el fin de mejorar su viabilidad económica.

Palabras clave: Razas autóctonas, Montesina, Segureña, lechales, color, engrasamiento.

* Autor para correspondencia: mariad.barcelo@carm.es

Cita del artículo: Barceló MD, Tejada L, Almela L, Peinado B (2021). Producción de corderos lechales de raza Segureña y Montesina en la Región de Murcia. Influencia de la raza y la estación del año en la calidad de la canal y la carne. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 117(3): 262-277. https://doi.org/10.12706/itea.2020.035

Production of suckling lambs of Segureña and Montesina breeds in the Region of Murcia. Influence of breed and season on carcass and meat quality

Abstract

In the Spanish Region of Murcia, there are two native sheep breeds, named as Segureña and Montesina, respectively. The two breeds produce light lambs in areas with high seasonality of pasture and high production costs. Moreover, Montesina breed is at risk of extinction. For this reason, it appears necessary to search different ways of diversification of their production, i.e., by adding a product of high added value, such as suckling lamb.

The goal of this study was to evaluate the quality of Segureña and Montesina suckling lambs, at different seasons, with particular attention on the quality of carcass and meat.

Twenty-four Segureña suckling lambs and 30 Montesina suckling lambs, single-born males and females, were used. Animals were grouped into two batches according to the breeding season: spring and autumn. The animals were exclusively fed with breastfeeding until they reached 10-16 kg of body weight. After sacrifice, we performed the analysis and measurements needed for calculation of standardized parameters of carcass and meat quality in this species.

Overall, parameters of carcass-and-technological-meat quality showed adequate levels for both Segureña and Montesina suckling lambs. The statistical analysis showed a strong influence of breeding season in most of the quality parameters analyzed. The breed only marked significant differences in the fat state of the carcass ($p = 0.01$) and renal fat ($p < 0.001$), showing the Montesina breed the highest values.

In conclusion, the Segureña and Montesina suckling lambs give carcass and technological meat characteristics of good quality. These results lead us to propose their production into farms in the Region of Murcia, in order to improve their economic viability.

Keywords: Native breeds, Montesina, Segureña, suckling lamb, color, fat cover.

Introducción

La producción de carne de cordero en Murcia procede fundamentalmente de la raza Segureña (Figura 1), raza que ocupa una gran superficie de las zonas rurales y que se alimenta fundamentalmente de los rastrojos de cereales, subproductos de plantaciones hortícolas e invernaderos junto con los escasos pastos naturales producidos en primavera y otoño (BOE, 2011a). La oveja Montesina (Figura 2), en peligro de extinción, circunscribe su hábitat dentro de Murcia a las zonas del Noroeste y se alimenta de los mismos productos citados, aunque el porcentaje de pastos naturales es mayor. Las dos razas objeto de este estudio son criadas mayoritariamente bajo un régimen extensivo tradicional, altamente dependiente de la estacionalidad de sus pastos. Esta dependencia es especialmente significativa en el área geográfica en la que se desenvuelven las dos razas, ya que se trata de un clima Mediterráneo de tipo semiárido con una pluviosidad muy irregular y una estación seca larga y severa.

El cordero más demandado en ambas razas es un cordero entre 22 kg y 25 kg de peso vivo y 75 días de edad. A partir de las dos semanas de vida, la alimentación basada exclusivamente en la leche de sus madres es suplementada con pienso de inicio con un porcentaje aproximado del 19 % de proteína bruta. Generalmente, son destetados a los 45 días de vida, siendo alimentados las siguientes cuatro semanas con pienso de cebo con un porcentaje aproximado de 17,5 % de proteína bruta y paja de cereales (Cano *et al*., 2003).



Figura 1. Ejemplares de la Raza Segureña. Fotografía obtenida por los autores.
Figure 1. Segureña-breed individuals. Photograph obtained by the authors.



Figura 2. Ejemplares de la Raza Montesina. Fotografía obtenida por los autores.
Figure 2. Montesina-breed individuals. Photograph obtained by the authors.

El cordero lechal se sacrifica, generalmente, con un peso aproximado de 12 kg de peso vivo (Sanz *et al*., 2008), y un peso de la canal oreada inferior a los 8 kg (BOE, 2002; BOE, 2009; BOE, 2011b).

En algunas regiones de España se está incrementando la cantidad de corderos lechales sacrificados y su precio, debido a que la leche se destina a la elaboración de productos lácteos. De hecho, dentro de la caída continuada del consumo global de carne de cordero en España desde 2011, el consumo de cordero lechal es el que ha sufrido descensos más moderados y ha conseguido mantener precios relativos mayores según los datos publicados por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA, 2018a). Además, en los últimos años se viene observando una evolución positiva en el mercado interior español respecto al volumen de ventas de productos con marcas de calidad diferenciada (MAPA, 2018b).

Con la producción de corderos lechales se elimina la fase post-destete basada fundamentalmente en la aportación de cereales, lo que supone liberar a la explotación de un gasto altamente variable consiguiendo reducir costes. Además, la venta de cordero lechal puede suponer un beneficio en estas explotaciones, por el valor añadido que suele acompañar a este tipo de productos. Por ello, diversificar la producción con el tipo comercial cordero lechal ayudaría a asegurar la viabilidad de explotaciones cuya actividad es capaz de poner en valor áreas geográficas y recursos marginales (Sanz *et al.*, 2008; Panea *et al.*, 2010). Actualmente, no existen estudios sobre la producción de corderos lechales en las razas Segureña y Montesina. Todo esto, justifica la necesidad de estudios encaminados a conocer la variabilidad de dichos productos e iniciar su tipificación.

Por tanto, el objetivo de este trabajo fue conocer las posibilidades de producción de corderos lechales de estas dos razas, Segureña y Montesina, comparando dos factores que influyen en la calidad de su canal y en la calidad tecnológica de su carne: la raza y la estación del año.

Material y métodos

Animales

Se utilizaron 24 corderos de raza Segureña y 30 de raza Montesina, machos y hembras de partos simples seleccionados al azar, que fueron agrupados junto a sus madres en dos lotes por estación del año: primavera y otoño. Los animales de raza Segureña fueron seleccionados en dos ganaderías de Murcia (España), ubicadas en los municipios de Calasparra (lote de primavera) y Moratalla (lote de otoño). Los animales de raza Montesina fueron seleccionados, en ambos casos, en una ganadería ubicada en Calasparra. El lote de primavera estuvo compuesto por 13 corderos segureños y 15 montesinos; y el lote de otoño por 11 segureños y 15 montesinos. Los corderos incluidos en el estudio se seleccionaron al azar, sin tener en cuenta su distribución por sexos. Una vez concluida la selección de animales, se realizó un análisis estadístico (test de Fisher) para comprobar que la distribución de sexos no fue significativamente diferente entre lotes, ni entre razas. Desde el nacimiento hasta su traslado a matadero, los animales estuvieron alojados junto a sus madres, por razas, en dos explotaciones ubicadas en Moratalla (raza Segureña) y Calasparra (raza Montesina), distantes 15 km entre sí, lo que facilitó la toma de datos. Los corderos se alimentaron a base de leche de sus madres, sin recibir ningún tipo de pienso o complemento alimenticio. Todas las madres recibieron la misma alimentación: pasto a diente diariamente durante 5 h aproximadamente, en fincas colindantes de los términos municipales de Calasparra y Moratalla y suplementos de ce-

real adecuados a la raza y momento productivo (1 kg/madre/día de pienso complementario TM Rumilac 15®-NANTA S.A., Madrid).

Procedimientos previos al sacrificio

Todos los corderos fueron pesados semanalmente, con báscula portátil GRAM Serie HK (GRAM, Suzhou, China), hasta un peso comprendido entre 10 kg y 16 kg, y una edad inferior a 50 días de vida. Los animales fueron trasladados al Matadero Industrial Torre Pacheco S.A., ubicado en Torre Pacheco (Murcia). Se realizaron dos traslados en cada una de las estaciones del año consideradas, agrupando a los animales, segureños y montesinos, con pesos dentro del rango indicado. Tras un periodo de ayuno de aproximadamente 20 h, los animales fueron sacrificados siguiendo la normativa sobre protección de los animales en el momento de la matanza (BOE, 2014). La canal fue preparada considerando la cabeza como parte del tipo comercial utilizado para el cordero lechal.

Medidas tomadas sobre la canal

Mediante báscula integrada al final de la cadena de faenado, se tomaron los pesos de la canal caliente (PCC) a los 45 min *post mortem* y los de la canal fría (PCF) tras un tiempo de oreo de 24 h bajo refrigeración a 4 °C. La logística del matadero imposibilitó el pesaje de los animales en el momento previo al sacrificio (PVS), por ello, los rendimientos de la canal se calcularon con el peso vivo tomado en granja (PVG) el día de su traslado a matadero. Se calculó el rendimiento en matadero o de la canal caliente (RCC = PCC × 100/PVG), el rendimiento comercial o de la canal fría (RCF = PCF × 100/PVG) y las pérdidas por oreo (PPO = (PCC – PCF) × 100/PCC) (Colomer-Rocher *et al*., 1988; Cano *et al*., 2003).

Tras el faenado, con la canal fría suspendida por los corvejones separados unos 10 cm para permitir que las tibias queden en paralelo, se tomaron las siguientes medidas lineales de caracterización de canales con ayuda de una cinta métrica (Delfa *et al*., 1996; Ruiz de Huidobro *et al*., 2005): longitud interna de la canal (L), longitud de la pierna (F), profundidad máxima del tórax (Th), anchura de la grupa (G) y anchura del tórax (Wr).

A partir de estas medidas se calcularon los siguientes índices descriptivos de la canal: compacidad de la canal (PCF/L), compacidad de la pierna (G/F), redondez del pecho (Wr/Th), relaciones de la profundidad del tórax con la longitud de la canal (Th/L) y con la anchura de la grupa (Th/G) y relación entre la longitud de la canal y la anchura de la grupa (L/G) (Díaz *et al*., 2004; Peña *et al*., 2005*;* Ruiz de Huidobro *et al*., 2005).

Medidas tomadas sobre la carne

El color de la carne se midió en la cara interna del músculo recto del abdomen sin retirar la fascia a los 45 min y a las 24 h tras el sacrificio, mediante colorímetro de reflexión Minolta Chromameter CR-410 (Konica Minolta, NY, USA), usando el sistema CIE *L* a* b** (CIE, 1976) para determinar las variables: luminosidad (L*), índice rojo (a*) e índice amarillo (b*) y calculando posteriormente el tono (h_{ab} = arctg (b*/a*) × 57,29) y la saturación (C* = $\sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$), dos variables más ajustadas a la respuesta visual del observador que a* y b* (Albertí *et al*., 2005).

El pH del músculo se determinó a los 45 min y 24 h *post mortem*, en los músculos Infraespinoso y *Longíssimus Thoracis et Lumborum* (*LTL*) a nivel de la 13ª costilla de la canal, mediante pH-metro portátil de punción modelo CRISON pH-506 (Garrido *et al*., 2005).

El nivel de engrasamiento pelvicorrenal y de cobertura se determinó de forma subjetiva según escalas de 3 y 5 puntos respectivamente propuestas por Colomer-Rocher *et al*. (1988).

El despiece de la canal completa se realizó sobre la base del método descrito por Colomer-Rocher *et al*. (1988). en una muestra de 10 canales (5 segureñas y 5 montesinas). De cada canal se obtuvieron las siguientes piezas anatómicas: espalda, pierna, costillar, bajos, cuello y resto (formado por los riñones y la grasa pelvicorrenal). Las piezas obtenidas se pesaron por separado, calculándose el porcentaje que representa cada pieza respecto al peso corregido de la canal. Asimismo, se calculó el peso y porcentaje de las piezas agrupadas por categorías comerciales, de la siguiente forma: Categoría 1: pierna más costillar; Categoría 2: espalda; y Categoría 3: bajos más cuello.

Análisis estadístico

Para determinar el efecto de la raza y la época del año, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de dos factores. Posteriormente se realizó una comparación múltiple de medias mediante el test de Tukey. El análisis estadístico se realizó utilizando el paquete de software SPSS versión 21.0 (IBM Corporation, Armonk, NY, EE.UU.).

En las variables en las que sólo se analizó la diferencia entre razas, no entre estaciones (peso y porcentaje de las piezas obtenidas en el despiece), la comparación de medias se realizó mediante el test de la t de Student. Este test se realizó con la calculadora online "QuickCalcs" (GraphPad, 2020).

Para comprobar que la distribución de sexos no fuera significativamente diferente entre lotes y entre razas, se realizó el análisis estadístico test de Fisher.

En todos los casos, se consideró diferencia estadísticamente significativa cuando $p < 0,05$.

Resultados

En la Tabla 1 se muestran los resultados de los pesos de los animales y de la canal, los rendimientos de las canales y las pérdidas por oreo. La raza y la estación del año no afectaron significativamente al PVG. Sin embargo, la interacción de ambos factores sí resultó ser significativa ($p = 0,02$), observándose valores superiores de PVG en el lote de corderos segureños criados en otoño.

El PCC y el PCF no se vieron afectados significativamente por la raza. La estación del año sí indujo diferencias significativas en los corderos segureños para estos parámetros. Además, la interacción de la raza y la estación del año en el PCC y en el PCF también resultaron significativas, siendo los de mayor tamaño los segureños de otoño (Tabla 1). Respecto al rendimiento de la canal, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas en el RCC, ni entre razas, ni entre estación del año. Sin embargo, en el RCF se detectaron diferencias significativas entre las razas y las estaciones del año, observándose rendimientos de la canal fría más elevados en los corderos de raza Montesina nacidos en otoño (Tabla 1).

La PPO se vio afectada por la estación del año en las canales de la raza Montesina, registrando menores pérdidas el lote de primavera (Tabla 1). La raza no influyó significativamente en la PPO, sin embargo, la interacción entre ambos factores influyó, dando lugar a PPO significativamente superiores en el lote segureño de otoño respecto al lote montesino de primavera.

En la Tabla 2 se muestran los resultados referidos a parámetros morfológicos y de engrasamiento de la canal. Las medidas lineales no se vieron afectadas por la raza, salvo en Th donde se observaron variaciones significativas entre razas, presentando las canales de corderos segureños en otoño un valor medio mayor. Ninguna medida de longitud sobre la canal presentó diferencias significativas debidas a la raza. Sin embargo, la estación sí influyó claramente en los parámetros de anchura medidos en la canal, encontrándose diferencias significativas en la profundidad

Tabla 1. Efecto de la raza y la época del año en el peso al sacrificio y la canal y en los rendimientos de la canal de corderos lechales segureños y montesinos. Valores medios ($\bar{x}$), desviación estándar (d.e.) y nivel de significación (*p*-valor).
Table 1. Effect of the breed and the time of year on the weight at slaughter and the carcass and on the carcass yields of the Segureña and Montesina suckling lambs. Mean values ($\bar{x}$), standard deviation (d.e.) and significance level (p-value).

		Estación		*p*-valor		
Variables	Raza	Primavera $\bar{x}$ ± d.e.	Otoño $\bar{x}$ ± d.e.	Raza	Época año	RxE
PVG (kg)	S	12,90 ± 1,59^{a}	14,57 ± 2,00^{b}	NS	NS	0,02
	M	13,37 ± 0,86^{ab}	12,91 ± 2,02^{a}			
PCC (kg)	S	7,45 ± 0,99^{a}	8,73 ± 1,25^{b}	NS	0,02	0,04
	M	7,95 ± 0,51^{ab}	8,03 ± 1,19^{ab}			
PCF (kg)	S	7,21 ± 0,96^{a}	8,44 ± 1,23^{b}	NS	0,02	0,04
	M	7,57 ± 1,02^{ab}	7,76 ± 1,17^{ab}			
RCC (%)	S	58,55 ± 4,01	59,91 ± 1,73	NS	NS	NS
	M	59,48 ± 1,51	61,76 ± 5,05			
RCF (%)	S	55,93 ± 2,54^{a}	57,89 ± 1,85^{b}	0,04	0,04	NS
	M	57,98 ± 1,61^{b}	59,58 ± 5,13^{c}			
PPO (kg)	S	3,21 ± 0,85^{a}	3,33 ± 0,87^{a}	NS	0,01	0,04
	M	2,39 ± 0,67^{b}	3,39 ± 0,74^{a}			

S: Segureña; M: Montesina; PVG: peso vivo en granja; PCC: peso canal caliente; RCC: rendimiento canal caliente; PCF: peso canal fría; RCF: rendimiento canal caliente; PPO: pérdidas por oreo; RxE: efecto combinado raza y época del año. ^{a,b,c} diferentes superíndices dentro de cada variable indican diferencias significativas. NS: diferencias no significativas ($p > 0,05$).

máxima del tórax (Th), anchura de la grupa (G) y anchura del tórax (Wr). También se observaron diferencias significativas ocasionadas por la estación en los siguientes índices analizados: compacidad de la canal (PCF/L), compacidad de la pierna (G/F), relación profundidad máxima del tórax/longitud de la canal (Th/L) y redondez del pecho (Wr/Th). En general, las canales que presentaron mejores índices las encontramos en otoño, siendo el grupo de corderos nacidos en otoño el que presenta canales y pierna más compactas. Sin embargo, las canales de primavera mostraron una mayor redondez del pecho.

Los valores de engrasamiento subcutáneo se vieron muy influidos por la raza y la estación del año (Tabla 2), existiendo importantes diferencias entre los corderos criados en primavera, con mayor engrasamiento, y los criados en otoño. Los valores medios más altos los encontramos en los corderos montesinos de primavera, situándose su estado de engrasamiento entre la tercera y cuarta categoría (canal medianamente grasa – canal grasa,

Tabla 2. Efecto de la raza y la época del año en la conformación de la canal. Medidas lineales, relación entre medidas y engrasamiento de la canal. Valores medios ($\bar{x}$), desviación estándar (d.e.) y nivel de significación (*p*-valor).
*Table 2. Effect of the breed and the time of year on carcass conformation. Linear measurements, relationship between measured meat indices and fat of the carcass. Mean values ($\bar{x}$), standard deviation (d.e.) and significance level (*p*-value).*

		Estación		*p*-valor		
Variables	Raza	Primavera $\bar{x}$ ± d.e.	Otoño $\bar{x}$ ± d.e.	Raza	Época año	RxE
L (cm)	S	48,11 ± 2,07	48,27 ± 1,90	NS	NS	NS
	M	47,20 ± 1,74	47,93 ± 1,44			
F (cm)	S	32,11 ± 1,21	32,00 ± 1,18	NS	NS	NS
	M	30,90 ± 1,65	31,43 ± 3,24			
Th (cm)	S	20,58 ± 1,22^{a}	27,95 ± 2,01^{c}	<0,001	<0,001	<0,001
	M	20,60 ± 1,76^{a}	25,27 ± 1,39^{b}			
G (cm)	S	12,19 ± 1,38^{a}	14,18 ± 1,40^{c}	NS	<0,001	0,04
	M	13,03 ± 1,26^{ab}	13,47 ± 1,50^{bc}			
Wr (cm)	S	13,92 ± 1,26^{c}	16,72 ± 1,62^{b}	NS	0,01	<0,001
	M	15,60 ± 1,50^{ab}	15,13 ± 1,77^{a}			
Compacidad	S	0,15 ± 0,01^{a}	0,17 ± 0,02^{b}	NS	0,01	0,01
canal	M	0,16 ± 0,02^{ab}	0,16 ± 0,02^{ab}			
Compacidad	S	0,37 ± 0,05^{b}	0,44 ± 0,03^{a}	NS	<0,001	NS
pierna	M	0,40 ± 0,08^{ab}	0,43 ± 0,02^{a}			
Th/L	S	0,43 ± 0,02^{a}	0,58 ± 0,04^{c}	NS	<0,001	0,01
	M	0,46 ± 0,10^{a}	0,53 ± 0,03^{b}			
Redondez	S	0,68 ± 0,08 ^{ab}	0,60 ± 0,06^{a}	NS	0,04	NS
del pecho	M	0,93 ± 0,65^{b}	0,60 ± 0,07^{a}			
L/G	S	3,98 ± 0,37^{c}	3,43 ± 0,31^{a}	NS	0,01	0,02
	M	3,65 ± 0,34^{b}	3,61 ± 0,51^{b}			
Th/G	S	1,64 ± 0,34^{a}	1,99 ± 0,24^{b}	NS	<0,001	NS
	M	1,59 ± 0,22^{a}	1,89 ± 0,19^{b}			
Grasa	S	2,81 ± 0,56^{b}	2,04 ± 0,27^{a}	0,01	<0,001	0,01
cobertura	M	3,43 ± 0,49^{c}	2,03 ± 0,35^{a}			
Grasa renal	S	1,78 ± 0,64^{b}	2,75 ± 0,26^{a}	<0,001	<0,001	<0,001
	M	2,56 ± 0,29^{a}	2,72 ± 0,29^{a}			

S: Segureña; M: Montesina; L: longitud interna de la canal; F: longitud de la pierna; Th: profundidad máxima del tórax; G: anchura grupa; Wr: anchura del tórax; Compacidad de la canal: PCF/L; Compacidad de la pierna: G/F; Redondez del pecho: Wr/Th; Grasa cobertura: escala 1-5 puntos; Grasa renal: escala 1-3 puntos; RxE: efecto combinado raza y época del año. ^{a,b,c} diferentes superíndices dentro de cada variable indican diferencias significativas. NS: diferencias no significativas ($p > 0,05$).

respectivamente), hecho que se reflejó en las menores pérdidas por oreo encontradas.

La valoración subjetiva de la grasa pelvicorrenal nos confirmó la alta influencia de la raza y de la estación del año en la composición grasa de la canal. Para este parámetro, se encontraron diferencias significativas entre razas en primavera, y el efecto de la estación solo produjo diferencias significativas en el caso de la raza Segureña. La interacción de ambos factores afectó significativamente, siendo el lote de corderos segureños de primavera el que presentó un valor medio más bajo (Tabla 2). Las canales quedaron clasificadas entre normal y mucha cantidad de grasa pelvicorrenal, según la escala 1 a 3 considerada, salvo el lote de corderos segureños de primavera que fue clasificado entre poca y normal cantidad de grasa pelvicorrenal.

Los resultados obtenidos respecto del pH y del color en la canal y carne se presentan en la Tabla 3.

Las diferencias de pH solo fueron significativas en la medición inicial (pH 45 min) en el músculo *LTL*, viéndose afectado por la raza, la estación del año y la interacción de ambos factores, lo que ocasionó que estas diferencias se dieran entre todos los lotes del estudio. A pesar de las diferencias en el pH inicial, las mediciones a las 24 h alcanzaron valores similares en ambas razas. Los valores de pH obtenidos a los 45 min y 24 h post mortem en el músculo Infraespinoso no presentaron diferencias significativas.

La raza no influyó significativamente en ninguno de los parámetros de color estudiados. Sin embargo, la interacción raza – época del año produjo diferencias significativas en L* medido a los 45 min del sacrificio. Esta influencia dejó de percibirse a las 24 h.

La época del año no causó diferencias significativas en la valoración del color a los 45 min *post mortem*. Su influencia sí ejerció un efecto significativo en los parámetros a*, b*, tono h_{ab} y en el croma (C*) medidos a las 24 h *post mortem*, presentando los corderos criados en otoño una carne ligeramente más roja y amarilla, con mayor saturación de color y tono menor.

El estudio de la evolución del color refleja, a las 24 h del sacrificio, una luminosidad prácticamente constante y un aumento de los índices de rojo y de amarillo, acompañado de un descenso del tono y un ligero aumento de la saturación del color en todos los grupos, destacando un descenso más acusado de H_{ab} y C* en los corderos de otoño.

Los resultados obtenidos sobre el despiece de la canal se muestran en la Tabla 4. Se observó una similitud en la aptitud cárnica de ambas razas, y que la raza no produjo ningún efecto significativo en la composición regional de las canales, ni en las categorías comerciales consideradas.

Discusión

En este estudio se aborda por primera vez un análisis de calidad de la canal y tecnológica de la carne de cordero lechal de la raza Montesina, empleando como patrón de comparación el de la raza Segureña –con más de treinta años aplicando Programas de Mejora–, ya que ambas son frecuentes en zonas semiáridas.

Los resultados obtenidos en los parámetros de rendimientos de la canal fueron, en general, superiores a los descritos en lechales de otras razas (Sanz *et al*., 2008; Ripoll-Bosch, *et al*., 2012), aunque muy posiblemente estas diferencias estén relacionadas con el hecho de utilizar el PVG para el cálculo de estos parámetros. De hecho, los valores obtenidos en este trabajo estuvieron en consonancia con otros estudios que partían de pesos similares como el realizado por Fernández *et al*. (2011)

Tabla 3. Efecto de la raza y época del año en la evolución del pH y del color de la canal y carne. Valores medios ($\bar{x}$), desviación estándar (d.e.) y nivel de significación (*p*-valor).
*Table 3. Effect of the breed and the time of year on the evolution of the pH and color of the carcass and meat. Mean values ($\bar{x}$), standard deviation (d.e.) and significance level (*p-value).*

		Estación		*p*-valor		
Variables	Raza	Primavera $\bar{x}$ ± d.e.	Otoño $\bar{x}$ ± d.e.	Raza	Época año	RxE
pH 45 min.	S	6,44 ± 0,23^{a}	6,27 ± 0,22^{c}	0,04	0,02	<0,001
LTL	M	6,11 ± 0,24^{d}	6,36 ± 0,29^{b}			
pH 24 h	S	5,59 ± 0,15	5,59 ± 0,13	NS	NS	NS
LTL	M	5,59 ± 0,16	5,75 ± 0,27			
pH 45 min.	S	6,39 ± 0,23	6,25 ± 0,31	NS	NS	NS
IE	M	6,32 ± 0,29	6,42 ± 0,27			
pH 24 h	S	5,79 ± 0,07	5,69 ± 0,29	NS	NS	NS
IE	M	5,74 ± 0,07	5,85 ± 0,26			
L* 45 min.	S	55,30 ± 2,09^{a}	53,06 ± 3,31^{b}	NS	NS	<0,001
RA	M	53,59 ± 2,07^{ab}	55,19 ± 2,20^{a}			
a* 45 min.	S	17,09 ± 1,86	18,21 ± 1,78	NS	NS	NS
RA	M	17,63 ± 1,88	17,76 ± 1,74			
b* 45 min.	S	4,03 ± 1,47	2,93 ± 1,61	NS	NS	NS
RA	M	3,27 ± 1,39	3,10 ± 1,48			
Tono $h_{a^*b^*}$	S	76,61 ± 5,16	80,75 ± 5,22	NS	NS	NS
45 min. RA	M	79,40 ± 4,84	80,16 ± 4,36			
Croma(C*)	S	17,62 ± 1,79	18,51 ± 1,71	NS	NS	NS
45 min. RA	M	17,99 ± 1,83	18,07 ± 1,81			
L* 24h	S	55,75 ± 2,51	54,30 ± 4,87	NS	NS	NS
RA	M	53,67 ± 2,30	54,89 ± 2,85			
a* 24h	S	17,56 ± 1,16^{a}	19,59 ± 1,94^{b}	NS	<0,001	NS
RA	M	18,18 ± 1,81^{a}	19,72 ± 1,51^{b}			
b* 24h	S	5,69 ± 1,15^{a}	7,37 ± 0,75^{b}	NS	<0,001	NS
RA	M	6,07 ± 1,32^{a}	7,98 ± 2,02^{b}			
Tono $h_{a^*b^*}$	S	72,12 ± 3,15^{a}	69,18 ± 3,35^{b}	NS	0,005	NS
24h RA	M	71,49 ± 4,00^{a}	68,08 ± 4,87^{b}			
Croma(C*)	S	18,48 ± 1,29^{a}	20,97 ± 1,67^{b}	NS	<0,001	NS
24h RA	M	19,20 ± 1,82^{a}	21,34 ± 1,76^{b}			

S: Segureña; M: Montesina; LTL: músculo *Longissimus thoracis et lumborum*; IE: músculo Infraespinoso; RA: músculo *Rectus abdominis*; RxE: efecto combinado raza y época del año. ^{a,b,c} diferentes superíndices dentro de cada variable indican diferencias significativas. NS: diferencias no significativas ($p > 0,05$).

Tabla 4. Efecto de la raza en el despiece de la canal. Valores medios ($\bar{x}$), desviación estándar (d.e.) y nivel de significación (*p*-valor).
*Table 4. Effect of the breed and the time of year on the cutting (kg) of the carcass. Mean values ($\bar{x}$), standard deviation (d.e.) and statistical significance (*p*-valor).*

Piezas	Raza	Peso (kg) $\bar{x}$ ± d.e.	*p*-valor	% de la canal $\bar{x}$ ± d.e.	*p*-valor
Espalda	S	1,26 ± 0,10	NS	20,85 ± 0,91	NS
	M	1,24 ± 0,08	NS	20,38 ± 1,11	NS
Pierna	S	2,00 ± 0,30	NS	33,00 ± 4,79	NS
	M	1,90 ± 0,17	NS	31,35 ± 3,63	NS
Costillar	S	1,94 ± 0,40	NS	32,04 ± 6,30	NS
	M	2,02 ± 0,33	NS	33,19 ± 4,43	NS
Bajos	S	0,19 ± 0,04	NS	3,15 ± 0,42	NS
	M	0,20 ± 0,03	NS	3,35 ± 0,35	NS
Cuello	S	0,45 ± 0,06	NS	7,49 ± 0,37	NS
	M	0,46 ± 0,10	NS	7,53 ± 1,40	NS
Resto	S	0,21 ± 0,06	NS	3,46 ± 0,77	NS
	M	0,26 ± 0,05	NS	4,18 ± 0,68	NS
Categoría 1	S	2,60 ± 0,36	NS	65,04 ± 1,38	NS
	M	2,56 ± 0,14	NS	64,54 ± 2,27	NS
Categoría 2	S	1,26 ± 0,12	NS	20,85 ± 1,02	NS
	M	1,24 ± 0,08	NS	20,38 ± 1,11	NS
Categoría 3	S	0,64 ± 0,18	NS	10,63 ± 0,76	NS
	M	0,67 ± 0,12	NS	10,88 ± 1,64	NS

S: Segureña; M: Montesina. Resto: riñones y grasa pelvicorrenal. Categoría 1: pierna más costillar; Categoría 2: espalda; Categoría 3: bajos más cuello. NS: diferencia no significativa ($p > 0,05$).

al estudiar corderos de raza Ovella Galega que observó RCC y RCF medios del 62,34 % y 59,16 % respectivamente.

En este estudio, los PVG medios de los grupos de corderos oscilaron entre 12,90 kg y 14,57 kg, y los PCC medios entre 7,45 kg y 8,73 kg. Si bien para otras razas, con normativa específica para el cordero lechal, los pesos vivos marcados son inferiores, los de las canales son similares a los obtenidos en este estudio. En cualquier caso, no hay una normativa específica, ni recomendaciones bien fundamentadas, para las razas Segureña y Montesina, y el presente estudio puede servir de primera referencia para la elaboración de estos criterios.

La diferencia obtenida por el efecto combinado de la raza y la época del año, respecto a las PPO entre los lechales montesinos de primavera y los lechales segureños de otoño es posible que estuviera relacionado con los

distintos niveles de grasa de cobertura de las canales, ya que se ha sugerido que este hecho las protege de las pérdidas de agua (Ruiz de Huidobro y Cañeque, 1993; Velasco *et al*., 2000). En este sentido, las canales montesinas de primavera presentaron menores PPO, probablemente por el mayor nivel de engrasamiento observado en estas canales, lo que supone una ventaja respecto a las canales segureñas.

El resultado obtenido del estudio de las medidas lineales de la canal concuerda con lo señalado por Sañudo *et al*. (1997) respecto a que las diferencias de conformación entre razas se minimizan en el caso de lechales. Los valores encontrados en los parámetros de anchura de la canal fueron inferiores a los encontrados en otros estudios (Sanz *et al*., 2008), probablemente debido a las diferencias en los pesos vivos considerados entre ambos estudios.

El nivel de engrasamiento de la canal en ambas razas fue suficiente para obtener una calidad aceptable. En general, los valores de grasa de cobertura fueron superiores a los encontrados en otras razas, como la Churra, Castellana y Assaf (Revilla *et al*., 2005). Esto puede explicarse, una vez más, porque los pesos vivos considerados en este estudio fueron superiores a los estudios previos.

El mayor estado de engrasamiento encontrado en los corderos montesinos en primavera puede indicar distinto grado de precocidad de esta raza (Sañudo *et al*., 1997). Cabe destacar la disminución del estado de engrasamiento en el lote segureño de otoño, lo que coincide con los resultados obtenidos por Cañeque *et al*. (1997) para lechales de raza Talaverana. Los autores sugirieron para esa raza un posible enlentecimiento del crecimiento a partir de alcanzar los 12 kg de peso vivo como causa de una menor ingesta de leche, ya que fue el único alimento suministrado y las condiciones de manejo fueron las mismas.

Los valores de pH observados en los músculos *LTL* e Infraespinoso de la canal estuvieron en ambas razas dentro del rango deseado para la especie ovina (Martínez-Cerezo *et al*., 2005). Las diferencias de pH encontradas en los dos músculos estudiados coinciden con lo observado por Hopkins *et al*. (2007), confirmándose la idoneidad del músculo analizado para la evaluación del pH.

A pesar de las diferencias encontradas en el pH inicial (pH 45 min) tomado en el músculo *LTL*, ninguno de los músculos considerados presentó diferencias en el pH final (pH 24 h) en los lechales de las razas evaluadas, como tampoco se hallaron en estudios previos de nuestro grupo sobre corderos de mayor peso en estas mismas razas (Poto *et al*., 2013). De la misma forma, otros autores tampoco hallaron diferencias de pH entre razas al comparar la raza Churra Mirandesa y la raza Churra Braganzana (Teixeira *et al*., 2005). Sin embargo, Martínez-Cerezo *et al*. (2005) sí detectaron un efecto de la raza en los valores de pH 24 h al comparar corderos de las razas Churra, Aragonesa y Merino Español.

Cabe destacar el menor descenso sufrido en el pH del músculo *LTL* de las canales de corderos de raza Montesina criados en primavera frente a las canales de raza Segureña de la misma estación. Esto puede ser debido a diferencias de sensibilidad en las razas ante el manejo previo al sacrificio, que influirían en la concentración de glucógeno muscular el cual, al metabolizarse, generaría concentraciones variables de ácido láctico. Similares conclusiones obtuvieron Teixeira *et al*. (2005) en corderos de las razas Mirandesa y Braganzana.

En cualquier caso, a pesar de las diferencias encontradas, la evolución del pH en todas las canales fue la adecuada. Se alcanzaron valores de pH final acordes con lo esperado para carnes ovinas (Garrido *et al*., 2005).

La luminosidad (L*) de las canales en ambas razas alcanzó rangos superiores a los encontrados en otros estudios (Panea, 2010; Ripoll-Bosch, 2012), probablemente debido a

que la medición en este estudio se realizó sin retirar la fascia al músculo. Las diferencias encontradas en la L* de las canales a los 45 min *post mortem* podrían deberse a diferencias en el PVG medio de los lotes, ya que el análisis de covarianza realizado entre ambas variables establece una relación inversa entre ellas (Cov (PVG, L*) = –2,73). Además, el lote con menor PCF (corderos segureños criados en primavera) presentó los valores más altos de L* frente al lote de mayor PCF (corderos segureños criados en otoño) donde se registró el valor más bajo de L*. Esto coincide con los resultados de otros autores que también encontraron un oscurecimiento de las canales con el aumento del peso al sacrificio al estudiar el efecto del peso sobre el color en otras razas (Sañudo *et al*., 1996; Teixeira *et al*., 2003).

Los valores de a* (rojo) fueron más altos de lo esperado en la carne de animales lactantes, ya que el contenido en hierro es bajo en la leche (Sañudo *et al*., 1998). Respecto a la influencia de la estación del año sobre el color, Guerrero *et al*. (2015) también refiere ese efecto, ya que encontraron valores de a* superiores en los lechales de churra Tensina criados en otoño frente a los de primavera.

En general, los valores de luminosidad (L*) e índice rojo (a*) fueron ligeramente superiores, el tono h_{ab} claramente superior y la saturación similar a otros estudios sobre corderos lechales en otras razas como la raza Ansotana y la raza Ojinegra de Teruel (Panea *et al*., 2010; Ripoll-Bosch *et al*., 2012). El índice amarillo (b*) presentó valores inferiores a los encontrados por Panea *et al*. (2010) en la raza Ansotana. Estos resultados apuntan a que el color de la carne de lechales de las razas Segureña y Montesina pueden tener una buena aceptación por el consumidor.

Por último, el despiece de las canales puso de evidencia que ambas razas presentan una gran similitud en su aptitud cárnica, con características que resultaron muy en consonancia con la de otras razas españolas (Sanz *et al*., 2008). El porcentaje de piezas de primera categoría en la canal superó el 62 % en todos los casos, de forma similar a lo reportado para otras razas como la Churra Tensina (Sanz *et al*., 2008).

Conclusiones

Los resultados de este estudio muestran que tanto la raza Segureña, como la Montesina, son capaces de producir un cordero lechal con características de calidad semejantes a otros productos reconocidos de su misma categoría comercial. Estas características fueron muy similares entre ambas razas, mostrando la Montesina un potencial productivo equivalente a una raza mejorada y ampliamente posicionada en el mercado como es la Segureña.

En el presente estudio, la época del año afectó a gran parte de las variables, pero, a pesar de este efecto, los corderos lechales de ambas razas presentaron valores en los parámetros de calidad acordes a su categoría comercial. La alta dependencia climática de su sistema de producción, hacen necesario seguir estudiando el efecto de la estación del año sobre sus producciones para predecir el grado de resiliencia de estas razas.

Agradecimientos

Este estudio se ha realizado gracias a la colaboración entre el Equipo de Mejora Genética del Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario, el Departamento de Tecnología de los Alimentos de la Universidad Católica de Murcia y la Asociación Regional de Criadores de Oveja Montesina de Murcia. El trabajo ha sido financiado con fondos FEDER 2014-2020 (FEDER 1420-11).

Referencias bibliográficas

Albertí P, Panea B, Ripoll G, Sañudo C, Olleta JL, Hegueruela I, Campo MM, Serra X (2005). Medición del color. En: Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Monografía Serie Ganadera, 3 (Ed. Cañeque V y Sañudo C), pp. 216-225. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), Madrid.

BOE (2002). Orden APA/1413/2002, de 23 de mayo, por la que se ratifica el Reglamento de la Indicación Geográfica Protegida "Cordero de Navarra" o "Nafarroako Arkumea" y de su Consejo Regulador. Boletín Oficial del Estado, núm. 140, de 12 de junio de 2002, pp. 21223-21232.

BOE (2009). Resolución de 27 de julio de 2009, de la Dirección General de Industria y Mercados Alimentarios, por la que se concede la protección nacional transitoria a la modificación de la Indicación Geográfica Protegida "Cordero Manchego". Boletín Oficial del Estado, núm. 198, de 17 de agosto de 2009, pp. 71019-71026.

BOE (2011a). Resolución de 19 de enero de 2011, de la Dirección General de Industria y Mercados Alimentarios, por la que se publica la decisión favorable al Registro de la Indicación Geográfica Protegida "Cordero Segureño". Boletín Oficial del Estado, núm. 38, de 14 de febrero de 2011, pp. 16148-16154.

BOE (2011b). Resolución de 27 de mayo de 2011, de la Dirección General de Industria y Mercados Alimentarios, por la que se publica la modificación del pliego de condiciones de la Indicación Geográfica Protegida "Lechazo de Castilla y León". Boletín Oficial del Estado, núm. 152, de 27 de junio de 2011, pp. 68642-68646.

BOE (2014). Real Decreto 37/2014, de 24 de enero, por el que se regulan aspectos relativos a la protección de los animales en el momento de la matanza. Boletín Oficial del Estado, núm. 28, de 1 de febrero de 2014, pp. 7178-7183.

Cano T, Peña F, Martos J, Domenech V, Alcalde MJ, García A., Herrera M, Rodero E, Acero de la Cruz R (2003). Calidad de la canal y de la carne en corderos ligeros de raza Segureña. Archivos de Zootecnia 52: 315-326.

Cañeque V, Sancha JL, Cantero MA, Velasco S, Ruiz de Huidobro F, López D, Lauzurica S, Pérez C, García C (1997). Efecto del peso de sacrificio sobre el engrasamiento de la canal en corderos lechales de la raza Talaverana. VII Jornadas Sobre Producción Animal, 20-22 de mayo, Zaragoza, España, pp. 709-711.

CIE (1976). Commission Internationale de l Eclairage, 18th session, London, UK, September 1975, CIE publication 36.

Colomer-Rocher F, Delfa R, Sierra I (1988). Método normalizado para el estudio de los caracteres cuantitativos y cualitativos de las canales ovinas producidas en el área mediterránea, según los sistemas de producción. Cuadernos INIA 17: 19-41.

Delfa R, González C, Teixeira A (1996). Use of cold carcass weight and fat depth measurements to predict carcass composition of Rasa Aragonesa lambs. Small Ruminant Research 20(3): 267-274. https://doi.org/10.1016/0921-4488(95)00776-8

Díaz MT, Cañeque V, Lauzurica S, Velasco S, Ruiz de Huidobro FR, Pérez C (2004). Prediction of suckling lamb carcass composition from objective and subjective carcass measurements. Meat Science 66(4): 895-902. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2003.08.013

Fernández M, Adán S, Domínguez B, Rivero CJ, Justo JR, Arias A, García-Fontán MC, Lorenzo JM, Lama JJ, López C, Rois D, Feijóo J, Franco D (2011). Parámetros de crecimiento y de la canal de corderos de la raza Ovella Galega sacrificados a 45 días. Archivos de Zootecnia 60: 429-432. http://dx.doi.org/10.4321/S0004-059220 11000300028

Garrido MD, Bañón S, Álvarez D (2005). Medida del pH. En: Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Ministerio de Ciencia y Tecnología-INIA. Madrid, España. Monografía Serie Ganadera, 3: 206-215.

GraphPad Software, San Diego, CA, EE.UU. Disponible en: https://www.graphpad.com/quickcalcs/ (Consultado: 29 abril 2020).

Guerrero A, Arribase MC, Castañer JLO, Resconi VC, Muela E, Astiz, CS (2015). Estudio comparativo de la calidad de la canal y la carne de lechales de raza Churra Tensina y dos tipos ovinos comerciales amparados bajo marcas de calidad. Archivos de Zootecnia 64: 211-220. https://doi.org/10.21071/az.v64i247.408

Hopkins DL, Stanley DF, Martin LC, Toohey ES, Gilmour AR (2007). Genotype and age effects on sheep meat production 3. Meat quality. Australian Journal of Experimental Agriculture 47: 1155-1164. http://dx.doi.org/10.1071/EA06299

MAPA (2018a). Anuario de Estadística 2018. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Disponible en https://www.mapa.gob.es/estadistica/pags/anuario/2018/indice/INDICEAE2018.pdf (Consultado: 29 abril 2020).

MAPA (2018b). Caracterización del mercado de productos de calidad diferenciada protegidos por denominaciones de origen e indicaciones geográficas protegidas. Disponible en https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/calidad-agroalimentaria/caracterizaciondop-igp-calidaddiferenciadacorr18mar19connipo_tcm30-508219.pdf (Consultado: 29 abril 2020).

Martínez-Cerezo S, Sañudo C, Panea B, Medel I, Delfa R, Sierra I, Beltrán JA, Cepero R, Olleta JL (2005). Breed, slaughter weight and ageing time effects on physico-chemical characteristics of lamb meat. Meat Science 69: 325-333. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.08.002

Panea B, Joy M, Ripoll G, Boscolo J, Albertí P (2010). Características de la canal y de la carne de lechal de raza Ansotana: efecto sexo. ITEA. Información Técnica Económica Agraria 106: 229-244.

Peña F, Cano T, Domenech V, Alcalde MJ, Martos J, García-Martínez A, Herrera M, Rodero E (2005). Influence of sex, slaughter weight and carcass weight on "non-carcass" and carcass quality in Segureña lambs. Small Ruminant Research 60: 247-254. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2004.12.011

Poto A, Peinado B, Pérez D, Barceló MD (2013). La raza Montesina, un ovino con buena aptitud cárnica y poco hueso. Cárnica 2000 353: 38-43.

Revilla I, García-Martín MA, Vivar-Quintana AM (2005). Efecto del peso y edad sobre las características de engrasamiento y conformación de canales de lechazo para distintas razas. ITEA Información Técnica Económica Agraria 26: 673-675.

Ripoll-Bosch R, Ripoll-García G, Álvarez-Rodríguez J, Blasco-Pérez I, Panea-Doblado B, Joy-Torrens M (2012). Efecto del sexo y la explotación sobre la calidad de la canal y de la carne del cordero lechal de raza Ojinegra. ITEA. Información Técnica Económica Agraria 4: 522-536.

Ruiz de Huidobro F, Cañeque V (1993). Producción de carne en corderos de raza Manchega. II. Conformación y estado de engrasamiento de la canal y proporción de piezas en distintos tipos comerciales. Investigación Agraria: Producción y Sanidad Animales 8: 233-245.

Ruiz de Huidobro F, Miguel E, Cañeque V, Velasco S (2005). Conformación, engrasamiento y sistemas de clasificación de la canal ovina. En: Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Ministerio de Ciencia y Tecnología-INIA. Madrid, España. Monografía Serie Ganadera, 3: 143-188.

Sanz A, Álvarez-Rodríguez J, Carcarosa L, Ripoll G, Carrasco S, Revilla R, Joy M (2008). Características de la canal de los tipos comerciales de cordero lechal, ternasco y pastenco en la raza Churra Tensina. ITEA. Información Técnica Económica Agraria 104: 42-57.

Sañudo C, Santolaria MP, María G, Osorio M, Sierra I (1996). Influence of carcass weight on instrumental and sensory lamb meat quality in intensive production systems. Meat Science 42(2): 195-202. https://doi.org/10.1016/0309-1740(95)00026-7

Sañudo C, Campo MM, Sierra IM, María GA, Olleta JL, Santolaria P (1997). Breed effect on carcass and meat quality of suckling lambs. Meat Science 46: 357-365. https://doi.org/10.1016/S0309-1740(97)00030-2

Sanudo C, Sanchez A, Alfonso M (1998). Small ruminant pro- duction systems and factors affecting meat lamb quality. Meat Science 49 (Suppl. 1): S29-S64. https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)90037-7

Teixeira A, Cadavez V, Bueno MS, Pereira E, Batista S, Rodrigues S, Delfa R (2003). Efecto del peso

y del sexo sobre la calidad de la canal y de la carne de corderos de la raza Churra Galega Mirandesa. ITEA. Información Técnica Económica Agraria Volumen extra 24(1): 106-108.

Teixeira A, Batista S, Delfa R, Cadavez V (2005). Lamb meat quality of two breeds with protected origin designation. Influence of breed, sex and live weight. Meat Science 71: 530-536. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.04.036

Velasco S, Lauzurica S, Cañeque V, Pérez C, Huidobro F, Manzanares C, Díaz MT (2000). Carcass and meat quality of Talaverana breed sucking lambs in relation to gender and slaughter weight. Animal Science 70: 253-263. https://doi.org/10.1017/S1357729800054710

(Aceptado para publicación el 24 de septiembre de 2020)

Valoración del consumidor de galletas elaboradas con harina de mezquite (*Prosopis* spp.)

C. Isamar De la Cruz-Silva[1], Lizbeth Salgado-Beltrán[1,*] y M.D. Carmen García-Moraga[2]

[1] Departamento de Economía, Universidad de Sonora, Blvd. Luis Encinas y Rosales S/N. Col. Centro, Hermosillo, Sonora, México. 83000

[2] Departamento de Ciencias Químico Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Sonora, Unidad Regional Norte. Ave. Universidad e Irigoyen s/n. Col. Ortiz, H. Caborca, Sonora. México. 83600

Resumen

El consumo de harina de cereales en los hogares mexicanos como en otros países es frecuente ya que, a manera tradicional se utiliza en una gran variedad de platillos llegando a ser parte de la canasta básica. En este contexto, el objetivo de la investigación fue analizar la valoración que realiza el consumidor de Sonora (México) sobre un nuevo producto, galletas elaboradas con harina de mezquite. El estudio se realizó en 3 fases: I) Investigación cuantitativa con aplicación de un instrumento de medición que midió las escalas de Domain Specific Innovativeness (DSI) y Health Consciousness (HC) (n = 551, nivel de confianza de 95 % y margen de error ± 5,91 %); II) desarrollo del nuevo producto y, III) análisis sensorial por cata hedónica (n = 30). Los resultados muestran dos hallazgos importantes: 1. Explicar que el conocimiento de los productos de harina de mezquite se encuentra relacionado con personas que son más proclives a adoptar productos alimenticios nuevos y que tienden a preocuparse y cuidar más su salud y 2. El que un producto saludable, como las galletas elaboradas con harina de mezquite sea evaluado con un puntaje similar a la opción menos saludable (galletas de trigo), refleja una oportunidad de negocio, al existir la creencia en ciertos consumidores que un producto con buen sabor no es saludable.

Palabras clave: Consumidor mexicano, nuevo producto, análisis sensorial, conciencia de la salud, carácter innovador.

Consumer acceptability of biscuits made with mesquite flour (*Prosopis* spp.)

Abstract

The consumption of cereal flour in Mexican homes as in other countries is frequent since, traditionally it has been used in a great variety of dishes becoming part of the basic consumption basket. In this context, the objective of the research was to analyze the assessment made by the consumer of Sonora (Mexico) on a new product, cookies made with mesquite flour. The study was carried out in 3 phases: I) Quantitative investigation with application of a measuring instrument who measured the Domain Specific Innovativeness (DSI) and Health Consciousness (HC) scales (n = 551, 95 % confidence level and margin of error ± 5.91 %); II) development of the new product and, III) sensory analysis by hedonic tasting (n = 30). The results show two important findings: 1. Explain the knowledge of mesquite flour products

* Autor para correspondencia: lizbeth.salgado@unison.mx

Cita del artículo: De la Cruz-Silva CI, Salgado-Beltrán L, García-Moraga MDC (2021). Valoración del consumidor de galletas elaboradas con harina de mezquite (*Prosopis* spp.). ITEA-Información Técnica Económica Agraria 117(3): 278-294. https://doi.org/10.12706/itea.2020.030

is related to people who are more likely to adopt new food products and who tend to worry and care more about their health and 2. The healthier new product (cookies made with mesquite flour) is evaluated with a score similar to the less healthy option (wheat biscuits), and accordingly opens a business opportunity, as it contrasts with certain consumers' belief that a product with good taste is not healthy.

Keywords: Mexican consumer, new product, hedonic analysis, health awareness, innovative character.

Introducción

La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (2018) señala que, el 75,2 % de adultos mayores a 20 años en México presentan sobrepeso y obesidad (SPyO), así como el 8,2 % de niños entre 0-4 años, el 35,6 % entre 5-11 años y el 38,4 % entre 12-19 años. Lo anterior equivale a que tres de cada cuatro adultos sufren de SPyO, mientras que la cifra aproximada para los niños es de dos de cada siete (Instituto Nacional de Salud Pública, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Secretaría de Salud, 2018). En el caso del Estado Mexicano de Sonora, el 71 % de los hombres y el 77 % de las mujeres presentan diferentes grados de SPyO, cifras que lo llevan a ocupar el quinto lugar a nivel nacional en esta problemática (Gobierno del Estado de Sonora, 2015).

Esta condición ésta relacionada con los hábitos de consumo de las personas, con alta ingesta de productos con bajos niveles nutricionales que carecen de una alimentación balanceada con una actividad física regular, entre otros. En este sentido, la innovación alimentaría permite crear mercado, diferenciarse y aumentar el valor percibido de los alimentos. Los consumidores no solo impulsan la innovación alimentaria con su comportamiento, sino que también participan en el proceso con sus deseos y necesidades, y su creciente conocimiento proveniente de la educación y los medios de comunicación (Earle, 1997).

Por ello, la innovación en los productos alimentarios es de alta relevancia, ya que puede contribuir con la mejora de la vida de los consumidores a través del desarrollo de alimentos más saludables. Al mismo tiempo que, en la industria alimentaria, tal y como en otras industrias, el desarrollo de productos y procesos es considerado una parte vital de la estrategia de negocios.

El desarrollar alimentos nuevos más saludables abordaría a un segmento de mercado cada vez más exigente y creciente y, las compañías deben estudiar al consumidor para un mejor entendimiento. En este contexto, Goldsmith y Hofacker (1991) desarrollaron la escala Domain Specific Innovativeness (DSI), la cual refleja la tendencia de aprender y adoptar innovaciones en nuevos productos o productos modificados dentro de un interés, esta definición consiste en que DSI identifica y caracteriza las categorías para poder basarse y adoptar el producto dependiendo de las necesidades de las personas. Algunos estudios indican que la tendencia innovadora del consumidor (innovativeness*)* es un predictor consistente en la adopción de innovaciones (Venkatraman, 1991; Goldsmith y Hofacker, 1991; Roehrich, 2004; Huotilainen *et al*., 2006; Dobre *et al.,* 2009; Banterle *et al.,* 2011) particularmente en innovaciones alimentarias, se encuentran en productos como: salsa de guacamole y arroz con leche en polvo (Salgado-Beltrán *et al.,* 2016 y 2018), vino y café (Goldsmith, 2000; Barrena-Figueroa y García-López-de-Meneses, 2013; Barrena-Figueroa *et al.,* 2016), alimentos orgánicos y funcionales (Huotilainen *et al*., 2006; Bartels y Reinders, 2010) entre otros. La DSI se ha relacionado con aspectos sociodemográficos, más que nada porque se ha encontrado que

afectan el carácter innovador (Dickerson y Gentry, 1983), así a menor edad de los consumidores son más innovadores (Tellis *et al.,* 2009; Michon *et al*., 2010; Barrena-Figueroa *et al.,* 2013; Terán-Martínez *et al.,* 2015; Gurtner y Soyez, 2016), a mayor estatus económico del consumidor, así como su nivel de estudios, mayor es la posibilidad de ser más innovador (Tuorila *et al*., 2001).

Asimismo, se plantea que los consumidores son cada vez más conscientes y preocupados sobre su estado de bienestar y son motivados para mantener o mejorar su salud y calidad de vida a través del consumo de alimentos, dieta y ejercicio (Gould, 1988; Hwang y Carnage, 2010; Baba *et al.,* 2017). Para evaluar esta consciencia sobre la salud, Gould (1988) desarrolla la escala Health Consciousness (HC), y la define como el pulso de una atención general, consiente de sí mismo, involucramiento, y autocontrol de la salud de uno y también se refiere a la disponibilidad del consumidor para comprometerse con acciones de salud (Becker *et al.,* 1977). La HC es un importante predictor de las actitudes relacionadas con la salud en una variedad de contextos, específicamente en el ámbito del consumo de alimentos se encuentran investigaciones relacionadas con: claims de comida y comida funcional (Walker-Naylor, *et al*, 2009; Chen, 2013), alimentos orgánicos (Michaelidou y Hassan, 2008; Pino *et al*., 2012), alimentos saludables *versus* sabrosos (Raghunathan *et al*., 2006; Mai y Hoffman, 2012), presentación hedónica (Buhrau y Ozturk, 2018). En este contexto, el objetivo de la investigación fue analizar la valoración que realiza el consumidor de Sonora (México) sobre un nuevo producto, galletas elaboradas con harina de mezquite.

El mezquite es una planta originaria de México y elemento característico de zonas áridas (Martínez, 1976), prospera fácilmente adaptándose a climas extremos y diferentes alturas sobre el nivel del mar, llegando a medir entre 4 y 12 metros de altura (López-Franco *et al.*, 2006). Los estudios que evalúan la composición químico nutricional de los frutos de especies de *Prosopis,* específicamente las vainas o frutos de mezquite, le conceden un alto valor nutricional. Es considerado según estudios realizados por Betancourt-Suárez *et al.* (2016), de sabor dulce, libre de gluten, ofreciendo contenidos de fructosa y goma lactomanana (fibra soluble) utilizados como estabilizadores naturales de niveles de glucosa sangre. Se encuentran presente también Serotonina (como antidepresivo), quercetina, apigenina (antialergénico), isorhamnetina 3-diglucósido (defensa del hígado), L-arabinosa (fuente azúcar), triptamina (para combatir amibas). Destaca el contenido de lisina, calcio, magnesio, potasio, hierro y zinc (Comisión Nacional de Zonas Áridas, 2000).

A lo largo de la historia los mexicanos han considerado el mezquite como un recurso natural y han desarrollado aplicaciones desde el consumo de la vaina fresca como alimento o elaborando pinoles, harina, atole o bebidas fermentadas como el vino, además la goma de mezquite se utiliza como agente microencapsulante de saborizantes y aceites esenciales, surfactante de emulsiones y estabilizante en aderezos, mayonesas y cerveza. El fruto de mezquite jugó un papel importante en la alimentación de algunos pueblos indígenas, los indios, apaches, y los chichimecas hacían una harina con los frutos secos con la que preparaban una pasta, conocida actualmente como mezquitamal y también obtenían una harina llamada pinole, la cual usaban para hacer atole de mezquite (Martínez, 1976).

Las semillas de mezquite fueron utilizadas por algunas tribus indígenas de los Estados Unidos, las cuales obtenían una harina que utilizaban en la confección de tortillas (González, 1964). Otro de los usos que se le ha dado a través de la historia, es una bebida agradable a partir de una harina con los frutos molidos y macerando los frutos con agua al-

coholizada (Martínez, 1959). La harina de mezquite es una herencia culinaria del norte del país mexicano, donde ha sido cultivada durante siglos. Quizás el primer español en usar el mezquite fue el explorador Alvar Núñez Cabeza de Vaca en 1528 (Rogers, 2010).

Material y métodos

El estudio se llevó a cabo en 3 fases: I) Investigación cuantitativa: aplicación de un instrumento de medición que midió las escalas de DSI y HC, variables que incluían motivos y hábitos de consumo de diferentes harinas, la tendencia innovadora y los aspectos sociodemográficos; II) Desarrollo del nuevo producto y, III) análisis sensorial por cata hedónica, en este último se evaluaron las galletas elaboradas a base de la harina de mezquite.

Fase I. Investigación cuantitativa

Selección de la muestra

El estudio se realizó con consumidores de dos ciudades del Estado de Sonora, México (H. Caborca y Hermosillo). Con una población de 2,5 millones de habitantes en el estado de Sonora, el tamaño de la muestra asciende a 551 encuestados lo que implica un error muestral del 5,91 %, con un nivel de confianza del 95 %. Para el cálculo de la muestra se tomó como referencia los datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (Tabla 1). Se eligieron estas dos ciudades por representar en conjunto más del 35 % de la población sonorense formando parte del área desértica una como zona fronteriza y la otra como capital del estado. En ellas coexisten costumbres de cocina tradicional que favorece la posibilidad de haber estado en contacto con el producto analizado, así mismo cuentan con restaurantes típicos y especializados minimizando la posibilidad de desconocer el producto analizado. El criterio de selección fue personas de 18 a 65 años, que consumen algún tipo de harina. El segmento de edad se tomó considerando el posible mercado meta para la comercialización del producto de acuerdo con la población activa económicamente (PEA) en el Estado, que actualmente representa alrededor de un 80 % (INEGI, 2020). Se establecieron edades de consumidores analíticos y consientes a la hora de decidir qué productos o servicios comprar, basados en información extraída del último Censo de Población y Vivienda del 2010 donde en Sonora se contaba con 101 hombres por cada 100 mujeres, la mitad de la población contaba con 26 años

Tabla 1. Características de la muestra.
Table 1. Sample Characteristics.

Fecha de recogida de datos	10 al 20 de junio del 2017
Población	Personas mayores de edad, ciudades de Caborca y Hermosillo, Sonora
Universo	2,5 millones (INEGI Sonora, 2015)
Nivel de confianza	95 × 100
Margen de posible de error	de ± 5,91 por 100
Muestra	551
Tipo de muestreo	Aleatorio simple

o menos. Por cada 100 personas en edad productiva (15 a 64 años) había 54 en edad de dependencia (menores de 15 años o mayores de 64 años).

Instrumento de medición

Está compuesto por los apartados de: 1) hábitos y motivos de consumo sobre las harinas más comunes; 2) la escala de Domain Specific Innovativeness (DSI) (Tabla 2); 3) tendencias en la innovación alimentaria según la Food Drink Europe (2014) (Tabla 3); 4) Health Consciousness (HC) (Tabla 4) y, 5) de forma adicional, se agregaron características sociodemográficas relativas a la edad, sexo, ingresos mensuales, estado civil y nivel de estudios.

Proceso de análisis

En la práctica, se han valorado la DSI y HC mediante escalas de Likert de 5 y 7 puntos. En esta investigación se evaluaron por medio de 5 puntos, mediante la cual se le pidió al encuestado que indicara su grado de acuerdo o desacuerdo a cada afirmación, de tal forma que 1 indica que está "totalmente en desacuerdo" y 5 "totalmente de acuerdo". En el caso de la DSI, se invirtieron tres de sus ítems (I) de acuerdo con la sugerencia de Goldsmith y Hofacker (1991), con el fin de obtener valoraciones en el mismo sentido.

Los datos se analizaron en el programa SPSS versión 21.0, calculándose estadísticos descriptivos, con el objetivo de tener una primera impresión de las características de la muestra de manera individual. En este caso, se utilizaron la frecuencia y la media con la finalidad de comparar los resultados entre los grupos de variables. Al realizar un análisis más detallado de los datos, se procedió a efectuar análisis bivariantes como la chi-cuadrada y la prueba de ANOVA, dependiendo de las características de cada variable. Se utilizó como criterio de segmentación el conocimiento que los consumidores tienen sobre los productos de harina de mezquite.

Tabla 2. Escala de Innovación como Dominio Específico.
Table 2. Domain Specific Innovativeness.

Ítems
En general, soy el primero de mi círculo de amigos en comprar nuevos alimentos
Aun cuando haya nuevos alimentos en la tienda no los compro (I)
Comparado con mi entorno, compro más nuevos alimentos
Compraría un nuevo alimento aun sin haberlo probado
En general, soy el ultimo de mi círculo de amigos en conocer las tendencias de nuevos alimentos (I)
No compro nuevos alimentos antes que la mayoría de la gente (I)

Fuente: Goldsmith y Hofacker (1991).
Nota: (I) ítems invertidos.

Tabla 3. Tendencias para adoptar un nuevo producto.
Table 3. Trends to adopt a new product.

Salud	Natural
	Vegetal
	Medicinal
Conveniencia	Nomadismo
	Ahorro de tiempo
	Fácil de manejar
Físico	Energía y bienestar
	Cosmético
Ético	Solidaridad
	Ecológico

Fuente: Food Drink Europe (2014).

Fase II. Desarrollo del producto

Descripción del producto seleccionado

El mezquite es perenne, calificado como un arbusto o árbol fijador de nitrógeno con afiladas y abundantes espinas, su raíz llega a crecer hasta 50 m de profundidad en la búsqueda del manto acuífero con raíces laterales en un radio de 15 m, posee además un tallo de corteza oscura y hojas bipinnadas, es decir que se articulan en un tallo central con 12 a 15 pares de folíolos oblongos de 5 a 10 cm de largo. Durante la floración, estas se presentan en racimos de color amarillo brillante produciendo un aroma y néctar agradable para la polinización. Los frutos se manifiestan en forma de vaina alargada de color amarillo blanquecino de 10 a 30 cm de longitud conteniendo de 12 a 20 semillas por vaina de forma oblonga o aplastada desarrollándose en cuanto la flor ha sido fecundada con maduración en el mes de junio (Rodríguez-Sauceda *et al.,* 2014).

Tabla 4. Escala de conciencia de la salud.
Table 4. Health Consciousness Scale.

Ítems
Reflexiono mucho sobre mi salud
Soy muy consciente de mi salud
Estoy generalmente atento a mis sentimientos internos acerca de mi salud
Estoy constantemente examinando mi salud
Estoy alerta a los cambios en mi salud
Estoy por lo general consciente de mi salud
Estoy consciente de cómo se encuentra mi salud hasta el día de hoy
Me doy cuenta de cómo estoy físicamente día a día
Estoy muy involucrado con mi salud

Fuente: Gould (1988).

Durante los meses de junio a septiembre es cuando se tiene la producción del fruto, y se estima que los árboles jóvenes generan aproximadamente de 20 a 25 kg por temporada. En la región se tiene antecedentes, que un

árbol en etapa madura varia de 6 a 7 costales por temporada, con un peso aproximado de 20 kg cada uno (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2008). Las áreas de mezquital en Sonora (México) son de 1.900.000 Ha (Comisión Nacional Forestal, 2009) y los principales productores de harina de mezquite que se conocen en el estado de Sonora es rancho La Inmaculada ubicada en el municipio de Pitiquito.

Elaboración de la harina de mezquite

Para obtener una muestra representativa y homogénea de la harina de mezquite, fue necesario efectuar directamente la recolección y tratamiento de la pechita de mezquite, ya que no se encuentra a la venta en los mercados locales. Un kilo de pechitas contiene aproximadamente 8.000-11.000 semillas dependiendo de la especie y del sitio donde crece. La semilla se recolectó en los meses de julio a septiembre, en la recolección de vainas de mezquite se seleccionan los árboles más desarrollados, de más alta productividad y con menos espinas. Los frutos escogidos de estas plantas deben ser de buen tamaño, libres de presencias de plagas y enfermedades y de preferencias dulces, indicados por la maduración. Una vez recolectadas las vainas de mezquite se sometieron a protocolo de lavado estricto para eliminar tierra o residuos que pueden contener.

Posteriormente, la semilla se extiende al sol de entre cinco a ocho días, para que complete su maduración y pierda la humedad. Se realiza una selección separando las semillas del pericarpio. Cuando la semilla está completamente seca el siguiente paso es triturar perfectamente hasta que quede finamente pulverizada y con la consistencia de una harina.

Proceso de elaboración de galletas

Para integrar los ingredientes se acremó mantequilla con azúcar incorporados con dos huevos durante 25 min, dosificando poco a poco la harina de mezquite para seguir batiendo hasta formar una masa uniforme. Se llevó a reposar al aire libre durante 10 min, pasado el tiempo se extendió la masa de forma laminar con aproximadamente 5 mm de espesor y procedió a cortar figuras con molde. Una vez engrasada una charola se colocaron las galletas y se llevaron al horno durante 20 min a 150 °C. Se dejaron enfriar a temperatura ambiente para separarlas en 2 presentaciones: muestras para el análisis sensorial y paquetes con 3 piezas como regalo a los asistentes al experimento. El empaquetado utilizado lleva la característica de ser biodegradable para contribuir con el cuidado del medio ambiente.

Fase III. Análisis sensorial

En la tercera fase, se realizó una cata hedónica a ciegas para evaluar la aceptación de las galletas elaboradas con harina de mezquite, esta etapa fue independiente a la aplicación del instrumento de medición (Fase I) y se llevó a cabo el 17 de octubre del 2017. Se seleccionó a un grupo de personas (n = 30) consumidores de harinas, mayores de 18 años y mujeres amas de casa por medio de invitaciones, en las cuales se mencionaba el objetivo de la investigación y los ingredientes de los productos a catar, para evitar algún tipo de reacción alérgica. El tamaño muestral se basó en un 10 % de la muestra total obtenida en la fase I (55 individuos). Sin embargo, solo se presentaron 30 personas. Se manejaron 2 productos (galletas elaboradas a base harina de mezquite y a base harina de trigo) de similar consistencia y color para hacer las evaluaciones. A cada uno se le entregó la misma cantidad del producto y una papeleta para su evaluación. Se inició con la galleta de harina de trigo y posteriormente (después de enjuagarse la boca con agua), se entregó la muestra de galleta de harina de mezquite. Se utilizó el método de puntajes, es decir a cada descriptor definido (sabor,

olor, aspecto, color, textura y consistencia) se le asigna una escala de puntajes numéricos. La escala hedónica utilizada para las valoraciones fue de 0 (no me gusta en absoluto) a 5 (me gusta mucho). Con los datos obtenidos, se hicieron análisis univariables y test de ANOVA de un factor, que permitió el estudio simultáneo de las diferencias con un nivel fijo de significación.

Resultados y discusión

En la descripción de la muestra, se observa que en el rango de 36-44 años se encuentran en mayor proporción respecto a la muestra con el 28,9 %. Seguido por aquellos que se encuentran en el tramo de 45-54 años con el 26,9 %. En la distribución del sexo se inclina hacia las mujeres con un 57,5 %, por el tipo de producto, y el resto hombres. El 46,5 % son casados, seguidos por los solteros con el 24,0 %. En lo que al nivel de ingreso mensual respecta, el 53,6 % se ubica en la categoría de $4.001-8.000 pesos mensuales (200-400 Euros). La mayoría de los encuestados son personas adultas, casadas y con estudios universitarios completos (29,6 %) (Tabla 5).

Sobre los hábitos y motivos de consumo, el total de los encuestados ha consumido algún tipo de harina en los últimos 6 meses. El tipo de harina que más consumen es la de trigo

Tabla 5. Características sociodemográficas.
Table 5. Sociodemographic characteristics.

Característica	%	Característica	%
Edad		Nivel de ingresos mensual	
18-24 años	9,8	Menos de $2.000	4,4
25-35 años	26,1	$2.001-4.000	17,5
36-44 años	28,9	$4.001-8.000	53,6
45-54 años	26,9	$8.001-14.000	18,6
55-64 años	7,6	$14.001-20.000	4,4
Más de 64 años	0,7	Más de $20.000	1,5
Estado civil		Sexo	
Casado	46,5	Femenino	57,5
Soltero	24,0	Masculino	41,9
Divorciado	11,4		
Separado	5,3	Nivel de estudios	
Unión libre	8,0	Estudios universitarios completos	29,6
Viudo	4,7	Estudios universitarios incompletos	22,0
		Técnico profesional completo	19,6
		Técnico profesional incompleto	9,8
		Otros	19,0

(78,5 %), seguida por la harina de maíz (62,4 %), la de *hot cakes* (30,3 %) y harina repostera (10,6 %). La frecuencia en el consumo de productos derivados de la harina de trigo es en un 76,6 % de forma diaria, y un el 11,7 % la degusta de forma semanal. En el caso de la harina de maíz: el consumo mayoritario es diario (60,2 %), seguido del semanal (20,1 %) y mensual (19,7 %). En tanto la harina para repostería se consume principalmente de forma mensual (78,5 %), le sigue el consumo semanal (17,9 %) y el diario (3,6 %). En lo que se refiere a la harina para *hot cakes*: el consumo diario es del 2,2 %, el semanal del 30,7 % y el mensual del 67,2 %.

Los motivos de consumo están inclinados hacia la compra por salud (67,9 %), seguido de sabor (24,1 %) y precio (8 %), el resto de las variables no ha tenido un porcentaje significado en el caso de alimentos elaborados a base de harina. A pesar de que el mezquite es una planta originaria de la región norte de México, la harina de mezquite es poco conocida y más aún sus beneficios. Es probable que esto se deba a que no existe una comercialización del producto en supermercados y tiendas de autoservicio donde los consumidores acostumbran a hacer la compra, así como elementos relacionados con la tradición, ya que el conocimiento del producto no ha pasado a las siguientes generaciones.

Sobre las tendencias en las innovaciones alimentarias, los consumidores evaluaron sus percepciones, de las cuatro áreas en conjunto (salud, conveniencia, físico y ética), la conveniencia es la que tiene mayores puntajes con sus tres variables (nomadismo, ahorro de tiempo, fácil de manejar), su explicación puede estar relacionada con los cambios actuales en los estilos de vida, se incrementa la demanda de alimentos que se preparen en menor tiempo, sin embargo, de manera individual, el aspecto ecológico fue el de mayor puntaje en una escala de 1 a 5 puntos (3,76), si bien los encuestados no señalaron este aspecto como motivo de su compra, si lo ven como una variable que está influyendo en el rediseño de productos para hacerlos más sustentables. Seguido de la variable natural (3,68) del grupo de salud, que se considera muy importante en la elección de alimentos. La tendencia con menor puntaje fue cosmética (3,35), se refiere a aquellos productos que también sirven o tiene la función de ser cosméticos (Figura 1).

Al segmentar, se detectaron 2 grupos, un primer segmento se integra por el 23 % de la muestra y son aquellos consumidores que sí conocen los productos de harina de mezquite y el 77 % restante conforman el segmento de los que no conocen los derivados de la harina de mezquite. Respecto a las variables edad y el conocimiento que se tiene acerca de los productos de harina de mezquite se encontró una asociación (0,046), por consiguiente, en 2 grupos hay mayor proporción de consumidores que si conocen los productos de la harina de mezquite, en el rango de 25 a 35 años (36,2 % frente a 23,3 %), así como en el de 55 a 64 años (11,0 % respecto a 6,4 %).

En el caso del origen, son más los participantes procedentes de la ciudad de Hermosillo (57,5 %) que sí conocen los productos de harina de mezquite que aquéllos que no los identifican (47,9 %). Situación contraria a lo que sucede en Caborca. Esto puede explicarse debido a la ubicación geográfica hacia la frontera con Estados Unidos (150 km) y la influencia de factores culturales entre ellos la gastronomía, que han propiciado modificaciones en la identidad de la comunidad respecto a los productos con herencia culinaria como es la harina de mezquite.

El total de los consumidores que conocen los productos de harina de mezquite están enterados de sus beneficios. Estos resultados reflejan que la generación de millennials y aquéllos pertenecientes a los baby boomers están más inclinados a conocer los derivados de la

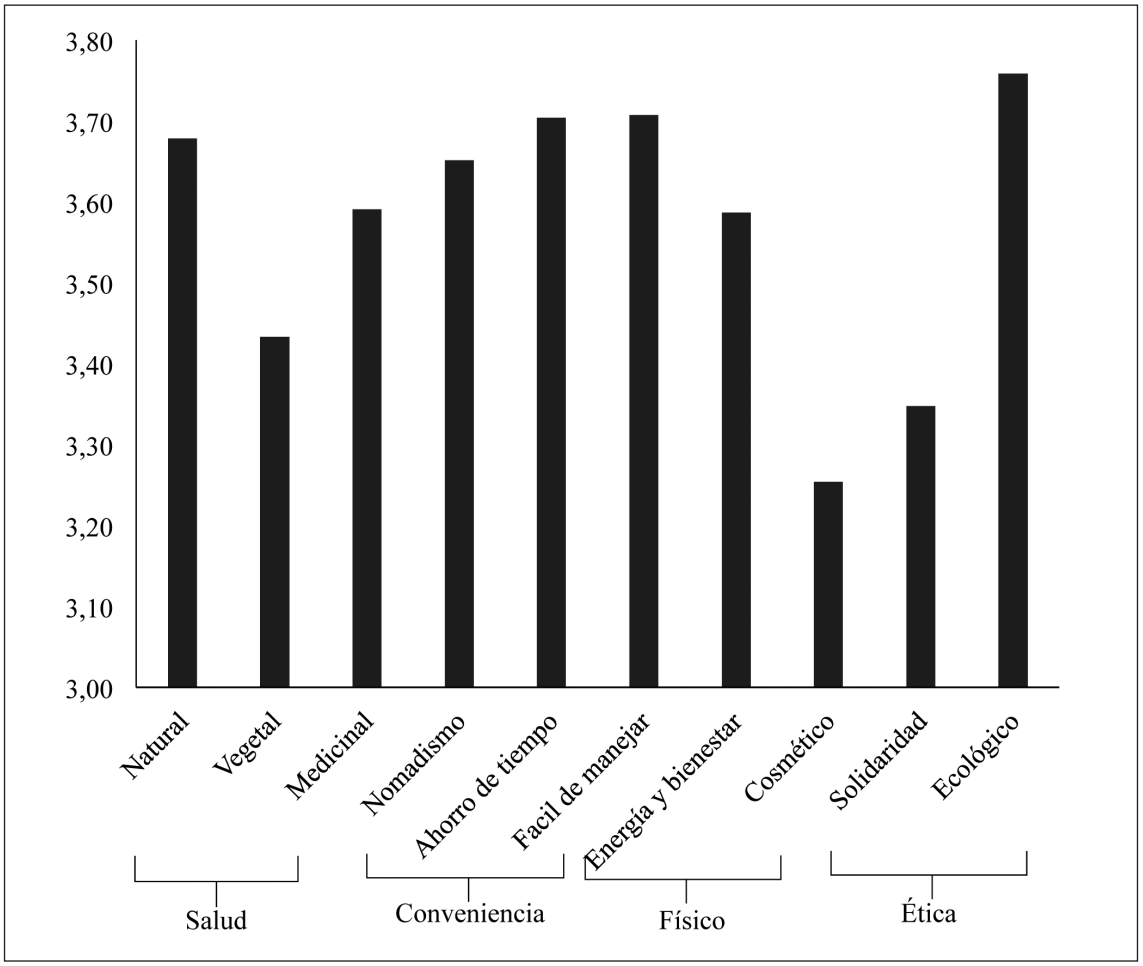


Figura 1. Tendencias para adoptar un nuevo producto.
Figure 1. Trends to adopt a new product.

harina de mezquite. Tal vez en el caso de los primeros su conocimiento surge por presentar mayor curiosidad a productos "nuevos en el mercado", con un alto valor nutrimental y con características inclusivas que fomenten la economía local, mientras que los segundos están más ligados a aspectos de salud y la tradición. El conocimiento de los productos también tiene que ver con la disponibilidad, ya que al vivir en una ciudad de mayores dimensiones como Hermosillo que cuenta con diversidad de empresas, las posibilidades de estar en contacto con productos de estas características son más factibles (Tabla 6).

En cuanto a las diferencias de medias entre grupos muestrales, se observa que existen diferencias significativas en la actitud hacia los alimentos nuevos (DSI) y el conocimiento que se tiene de los derivados de harina de mezquite. En este sentido, Goldsmith y Hofacker (1991), Gao *et al.* (2012), Falcão Araujo *et al*. (2016) indican que las personas que

Tabla 6. Análisis Bivariante.
Table 6. Bivariate analysis.

Variables[a]	[b] Testχ^2 / Chi-cuadrado (Valor de prob.)	Conocimiento de los productos de harina de mezquite (%)	
Características sociodemográficas		Si los conoce	No los conoce
		(N = 127; 23 %)	(N = 424; 77 %)
Edad (años)	0,046**		
18-24		7,1	10,7
25-35		36,2	23,3
36-44		24,2	30,0
45-54		19,7	29,0
55-64		11,0	6,4
>64		1,6	0,5
Origen	0,090*		
Hermosillo		57,5	47,9
Caborca		42,5	52,1

[a] Únicamente se incluyen las variables que resultaron significativamente distintas entre segmentos.
[b] Test de Chi-cuadrado: ***, ** y * indica una asociación significativa al 1, 5 y 10 %, respectivamente.

tienen el dominio sobre ciertos productos es más probable que identifiquen las innovaciones cuando estas son lanzadas al mercado, y en caso contrario, tiende a no percibirse, como es el caso de este estudio donde aquellos consumidores que no conocen los productos de la harina de mezquite no compran en la tienda nuevos productos (un valor medio de 3,24 en una escala de 5) y son los últimos en enterarse de las tendencias en nuevos alimentos (3,62). Para Chao *et al.* (2019) las características percibidas del nuevo producto juegan un papel mediador entre el aprendizaje vicario (aprendiendo observando a otros) y la adopción de innovaciones.

Sobre las tendencias para adoptar un nuevo producto, los valores se inclinan hacia la categoría de salud, es decir, se advierte que los consumidores que tienen un conocimiento de la harina de mezquite consideran más importante elementos como lo natural, donde los valores medios medidos en una escala de 5 puntos se encuentran en 4,10, coincidiendo con estudios como el de Hung *et al.* (2016) donde la intención de compra es asociada positivamente con una preferencia por aditivos naturales en la carne sobre aditivos químicos. Los atributos siguientes son: ahorro de tiempo en su preparación (4,09), ser ecológicos (4,07), de fácil manejo (4,02) y proporciona energía y bienestar (3,87).

Al analizar la relación que existe entre la conciencia de la salud y el conocimiento que se tiene de los productos derivados de la harina de mezquite, se observa que, evaluados en una escala de 5 puntos, los valores medios son superiores a la media de la escala. También se señala, que las personas que reflexio-

nan mucho en su salud (4,00), son conscientes de su salud (3,90), atentos a sus sentimientos sobre salud (3,95), que se examinan (3,81) y permanecen alertas a los cambios en su salud (3,94) son más proclives a conocer los diversos productos que existen de harina de mezquite. Lo cual sugiere que la escala HC está relacionada con la capacidad de visualizar ciertos aspectos de un alimento saludable (Buhrau, y Ozturk, 2018).

En este sentido, los hallazgos permiten explicar que el conocimiento de los productos de harina de mezquite se encuentra asociado con personas que son más proclives a adoptar productos alimentarios nuevos y que tienden a preocuparse y cuidar más su salud (Tabla 7). No hay que perder de vista que el éxito de cualquier proyecto de desarrollo de un nuevo producto depende de la aceptación objetiva y subjetiva del consumidor y de la habilidad técnica (Dang *et al*., 2018).

En la cata hedónica a ciegas, el color de las galletas de harina de mezquite fue la variable mejor punteada (4,48) respecto a las galletas de harina de trigo (4,18), esta discrepancia fue significativa entre grupos, dado que este aspecto tiende a ser más oscuro. El olor, apariencia y consistencia son elementos que los consumidores evaluaron mejor (4,45) en las galletas de harina de mezquite sobre las elaboradas a base de harina de trigo, en el primer caso es más sutil, un aroma a natural, por ello hay diferencia significativa entre segmentos. La textura también salió mejor valorada (4,28) y con significancia, esto puede deberse a que las galletas de harina de mezquite son más blandas y se desmoronan más fácilmente que las de trigo. Finalmente, la variable más importante: el sabor, salió ligeramente mayor en las galletas de harina de mezquite (4,1), Sin embargo, este hallazgo tiene una ventaja, generalmente se percibe que los alimentos más saludables tienden a no tener buen sabor y en este caso, el que un producto saludable sea evaluado con un puntaje similar al menos saludable, refleja una oportunidad de negocio, algunos consumidores de forma adicional (al final de la sesión) comentaron sobre la imperceptible diferencia de sabor entre muestras, lo cual se contradice con los resultados del estudio de Raghunathan *et al*. (2006), en donde encontraron que los consumidores creen que lo saludable y sabroso están correlacionados negativamente, aunque también encuentran a un grupo que no considera la creencia. Así mismo, Mai y Hoffman (2012) demuestran que los consumidores le dan más importancia al sabor de los atributos no relacionados con la salud. En este sentido, es probable que, en esta investigación, los participantes al no contar con información previa del producto saludable (cata cerrada), influyó en sus creencias de forma positiva y se guiaron por aspectos hedónicos (gusto) (Tabla 8). Similar a los hallazgos encontrados por Buhrau y Ozturk (2018) donde los participantes calificaron un alimento saludable como más agradable (hedónico) y con más probabilidades de elegir ese artículo cuando se presentaba una imagen, en lugar de formato de texto.

Conclusiones

En la actualidad la harina de mezquite no se comercializa de forma industrial en la región, solo de forma artesanal en algunas rancherías del Estado de Sonora. A pesar de ser un alimento de herencia culinaria del norte del país durante siglos, su consumo y conocimiento han dejado de trasmitirse de generación en generación, en los grupos más jóvenes es donde existe mayor desconocimiento. En este sentido, la finalidad del estudio fue desarrollar y evaluar un producto a base de la harina de mezquite, las galletas, siendo un alimento que puede estar al alcance y gusto de la mayoría de las personas, sobre todo del segmento joven, además de práctico, de fácil manejo, con alto contenido nutricional y el componente tradicional.

Tabla 7. Análisis Bivariante de las escalas DSI y HC.
Table 7. Bivariate analysis of DSI and HC.

Variables[a]	[b] Prueba de Anova (Valor de prob.)	Conocimiento de los productos de harina de mezquite (%)	
		Si los conoce	No los conoce
		(N = 127; 23 %)	(N = 424; 77 %)
Actitud hacia nuevos alimentos (DSI)			
No compro alimentos nuevos en la tienda	0,009**	2,93	3,24
Soy el último de mis amigos en conocer las tendencias en alimentos nuevos	0,047**	3,40	3,62
Motivos para adoptar un producto nuevo			
Natural	0,000***	4,10	3,55
Vegetal	0,000***	3,83	3,31
Medicinal	0,000***	3,96	3,48
Ahorro de tiempo	0,000***	4,09	3,59
Fácil de manejar	0,000***	4,02	3,61
Energía y bienestar	0,001***	3,87	3,50
Ecológico	0,001**	4,07	3,63
Conciencia de la salud (HC)			
Reflexiono mucho sobre mi salud	0,000***	4,00	3,46
Soy muy consciente de mi salud	0,000***	3,90	3,41
Estoy atento a mis sentimientos internos sobre mi salud	0,000***	3,95	3,38
Constantemente examino mi salud	0,001**	3,81	3,40
Estoy alerta a los cambios en mi salud	0,000***	3,94	3,48
Estoy consciente de mi salud	0,005**	3,87	3,55
Estoy consciente como se encuentra mi salud hoy	0,003**	3,92	3,57
Me doy cuenta como estoy físicamente	0,003**	3,92	3,57
Estoy involucrado con mi salud	0,002**	3,96	3,58

[a] Únicamente se incluyen las variables que resultaron significativamente distintas entre segmentos.
[b] Anova ***, y ** indica una asociación significativa al 1 % y 5 %, respectivamente.

Tabla 8. Resultados cata hedónica a ciegas.
Table 8. Blind hedonic tasting results.

Aspectos evaluados	ANOVA (valor de *p*)	Galletas harina de mezquite Media	Galletas harina de trigo Media	Muestra total Media
Sabor	0,251	4,1	4	4,05
Olor	0,005***	4,45	4,07	4,26
Color	0,099*	4,48	4,18	4,33
Textura	0,009***	4,28	3,63	3,95
Apariencia	0,16	4,45	4,21	8,66
Consistencia	0,444	4,45	3,86	4,33

Nota: valoraciones de 0 (no me gusta en absoluto) a 5 (me gusta mucho).
*** $P < 0,01$, ** $P < 0,05$, * $P < 0.10$.

Los resultados detectan a un segmento que conoce la harina de mezquite, sus beneficios, que valora los productos naturales, con alta conciencia de salud y una predisposición a la compra de nuevos productos. Es importante resaltar que el componente sensorial medido por la cata ha sido muy positivo de cara a la comercialización de productos saludables, en vista de que rompe con la creencia de que lo saludable no puede ser sabroso. En este contexto, deben trabajarse las estrategias de comunicación (diseñar *claims* adecuados) como lo sugieren Hong (2009) y Grier y Bryant (2005) dirigidos a los millenials y baby boomers que tienden a ser los más rentables para el producto.

Desde el punto de vista empresarial, los resultados generan un área de oportunidad para el desarrollo de nuevos productos o funcionales, como pueden ser diversos productos derivados de la harina de mezquite como galletas fortificadas, pan, barras, entre otros, dado que diversos estudios (incluyendo esta investigación) plantean que los consumidores son cada vez más conscientes y preocupados sobre su estado de bienestar y son motivados para mantener o mejorar su salud y calidad de vida a través de dieta y ejercicio, además de una clara tendencia a elegir productos que sean más amigables con el medio ambiente e innovadores. Y, posteriormente, como líneas futuras, se pueden hacer más estudios con catas abiertas y cerradas, donde se incluyan comparativos de valoraciones de los consumidores con/sin información previa, para conocer si hay variabilidad en los resultados.

Referencias bibliográficas

Baba Y, Realini CE, Kallas Z, Pérez-Juan M, Sañudo C, Albertí P, Insausti K (2017). Impacto de la experiencia sensorial y la información sobre las preferencias de los consumidores por la carne de vacuno enriquecida en *omega-3* y ácido linoleico conjugado en tres ciudades españolas. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 113(2): 192-210. https://doi.org/10.12706/itea.2017.012

Banterle A, Cavaliere A, Carraresi L, Stranieri S (2011). Innovativeness in food small business: What is its relationship with marketing? Agricultural Economics – Czech 57: 474-483. https://doi.org/10.17221/185/2010-AGRICECON.

Barrena-Figueroa R, García-López-de-Meneses T (2013). The effect of consumer innovativeness in the acceptance of a new food product. An application for the coffee market in Spain. Spanish Journal of Agricultural Research 11(3): 578-592. http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2013113-3903

Barrena-Figueroa R, García López-de-Meneses T, López-Mosquera N (2013). Determinantes socioeconómicos y emocionales en el consumo de nuevos alimentos. IX Congreso de Economía Agraria de la Asociación Española de Economía Agraria (AEEA). 3-5 de octubre, Castelldefelds, Barcelona, España.

Barrena-Figueroa R, García T, López-Mosquera N (2016). Determinantes socioeconómicos y emocionales en el consumo de nuevos alimentos. Un estudio piloto. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 112(1): 88-103. https://doi.org/10.12706/itea.2016.006

Bartels J, Reinders MJ (2010). Social identification, social representations, and consumer innovativeness in an organic food context: A cross-national comparison. Food Quality and Preference 21(4): 347-352. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2009.08.016

Becker MH, Maiman LM, Kirscht JP, Haefner DP, Drachman RH (1977). The health belief model and prediction of dietary compliance: a field experiment. Journal of Health and Social Behavior 18(4): 348-366. https://doi.org/10.2307/2955344

Betancourt-Suárez B, Castro-Palafox C, Meléndez-Alvarado A, Torres-Zúñiga B, Abraham-Juárez M R, Sosa-Morales ME (2016). BBAC harina para hotcakes a base de garbanzo y vainas de mezquite. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos 1(2): 650-655.

Buhrau D, Ozturk TC (2018). Motivating healthy eating: The role of presentation format and health consciousness. Food Quality Preference 64: 167-71. http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.09.011

Chao C-W, Reid M, Lai P-H, Reimers V (2019). Strategic recommendations for new product adoption in the Chinese market. Journal of Strategic Marketing 28(2): 176-188. https://doi.org/10.1080/0965254X.2018.1555545

Chen MF (2013). Influences of health consciousness on customers' modern health worries and willingness to use functional foods. Journal of Applied Social Psychology 43: 1-12. https://doi.org/10.1111/jasp.12033

Comisión Nacional Forestal (2009). Uso de mezquite como fuente de polisacáridos de alto valor agregado. CONAFOR. Disponible en: http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/foros/Mezquite/Uso_del_mezquite_como_fuente_de_polisacaridos_de_alto_valor_agregado.pdf (Consultado: 10 septiembre 2014).

Comisión Nacional de Zonas Áridas (2000). El mezquite *Prosopis* spp. Centro de Investigación Regional del Noroeste, Campo experimental de Todos Santos. México. 52 pp.

Dang NHT, McMurray AJ, Huang X (2018). Measuring new product development project success in Vietnamese small and medium-sized enterprises. En: Advances in Intelligent Systems and Computing 594 (Ed. Kantola J., Barath T., Nazir S.), pp. 290-296. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-60372-8_28

Dickerson MD, Gentry JW (1983). Characteristics of adopters and non-adopters of home computers. Journal of Consumer Research 10(2): 225-235. https://doi.org/10.1086/208961

Dobre C, Dragomir A, Preda G (2009). Consumer Innovativeness: A Marketing Approach. Management & Marketing 4(2): 19-34.

Gao T, Rohm AJ, Sultan F, Huang S (2012). Antecedents of consumer attitudes toward mobile marketing: A comparative study of youth markets in the United States and China. Thunderbird International Business Review 54(2): 211-224. https://doi.org/10.1002/tie.21452

Hung Y, de Kok TM, Verbeke W (2016). Consumer attitude and purchase intention towards processed meat products with natural compounds and a reduced level of nitrite. Meat Science 121: 119-126. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.06.002

Instituto Nacional de Salud Publica, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Secretaría de Salud (2018). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018. Instituto Nacional de Salud Publica

(INSP), Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Secretaría de Salud (SS). Disponible en: https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2018/doctos/informes/ensanut_2018_presentacion_resultados.pdf (Consultado: 15 agosto 2019).

Earle MD (1997). Innovation in the food industry. Trends in Food Science and Technology 8: 166-175. https://doi.org/10.1016/S0924-2244(97)01026-1

Falcão Araujo C, Junior Ladeira W, De Oliveira Santini F, Hoffmann Sampaio C (2016). Domain-specific innovativeness: a meta-analysis in business and consumer. RAI Revista de Administração e Inovação 13(2): 99-106. https://doi.org/10.1016/j.rai.2016.03.003

Food Drink Europe (2014). Data and trends of the European Food and Drink Industry. Disponible en: https://www.fooddrinkeurope.eu/uploads/publications_documents/Data__Trends_of_the_European_Food_and_Drink_Industry_2013-2014.pdf (Consultado: 21 marzo 2015).

Gobierno del Estado de Sonora (2015). Alerta Secretaría de Salud en Sonora por incidencia de diabetes y obesidad. Disponible en: http://www.sonora.gob.mx/noticias/noticias/436-alerta-secretaria-de-salud-en-sonora-por-incidencia-de-diabetes-y-obesidad.html (Consultado: 08 febrero 2016).

Goldsmith RE, Hofacker C (1991). Measuring consumer innovativeness. Journal of the Academy of Marketing Science 19: 209-221. https://doi.org/10.1007/BF02726497

Goldsmith RE (2000). Identifying wine innovators: A test of the domain specific innovativeness scale using known groups. International Journal of Wine Marketing 12(2): 37-46. https://doi.org/10.1108/eb008708

González GL (1964). Plantas Curativas de México. Editorial Mexicana, México D.F. 156 pp.

Gould SJ (1988). Consumer attitudes toward health and health care: a differential perspective. Journal of Consumer Affairs 22(1): 96-118. https://doi.org/10.1111/j.1745-6606.1988.tb00215.x

Grier S, Bryant CA (2005). Social marketing in public health. Annual Review of Public Health 26: 319-339. https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.26.021304.144610

Gurtner S, Soyez K (2016). How to catch the generation Y: Identifying eco-innovators among young customers. Technological Forecasting and Social Change 106: 101-107. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.02.015

Hong H (2009). Scale development for measuring health consciousness: Re-conceptualization. 12th annual international public relations research conference, Holiday Inn University of Miami Coral Gables, Florida. Disponible en: http://www.instituteforpr.org/wp-content/uploads/ScaleDvlpmentMeasuring.pdf (Consultado: 07 noviembre 2015).

Huotilainen A, Pirttilä-backman A-M, Tuorila H (2006). How innovativeness relates to social representation of new foods and to the willingness to try and use such foods. Food Quality and Preference 17(5): 353-361. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2005.04.005

Hwang J, Cranage D (2010). Customer health perceptions of selected fast-food restaurants according to their dietary knowledge and health consciousness. Journal of Foodservice Business Research 13(2): 68-84. https://doi.org/10.1080/15378021003781174

INEGI (2020). Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE), población de 15 años y más de edad. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/programas/enoe/15ymas/ (Consultado: 20 abril 2020).

López-Franco YL, Goycoolea FM, Valdez MA, Calderón AM (2006). Goma de mezquite: una alternativa de uso industrial. Interciencia 31(3): 183-189.

Mai R, Hoffman S (2012). Taste lovers *versus* nutrition fact seekers: How health consciousness and self-efficacy determine the way consumers choose food products. Journal of Consumer Behaviour 11: 316-328. https://doi.org/10.1002/cb.1390

Martínez M (1959). Plantas útiles de la flora mexicana. Edición Botas, México D.F. 621 pp.

Martínez OE (1976). El Mezquite. Comunicado No. 6 sobre Recursos Bióticos del País. Boletín Editado por el INIREB, Xalapa, Veracruz, México.

Michaelidou N, Hassan LM (2008). The role of health consciousness, food safety concern and ethical identity on attitudes and intentions towards organic food. International Journal of Consumer Studies 32: 163-170. https://doi.org/10.1111/j.1470-6431.2007.00619.x

Michon C, O'Sullivan MG, Sheehan E, Delahunty CM, Kerry JP (2010). Study on the influence of age, gender and familiarity with the product on the acceptance of vegetal soups. Food Quality and Preference 21: 478-488. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2010.01.003

Pino G, Peluso AM, Guido G (2012). Determinants of regular and occasional customers' intentions to buy organic food. The Journal of Consumer Affairs 46: 157-169. https://doi.org/10.1111/j.1745-6606.2012.01223.x

Raghunathan R, Walker-Naylor R, Hoyer W (2006). The unhealthy = tasty intuition and its effects on taste inferences, enjoyment, and choice of food products. Journal of Marketing 70 (4): 170-184. https://doi.org/10.1509/jmkg.70.4.170

Roehrich G (2004). Consumer innovativeness: Concepts and measurements. Journal of Business Research 57: 671-677. https://doi.org/10.1016/S0148-2963(02)00311-9

Rodríguez-Sauceda EN, Rojo-Martínez GE, Ramírez-Valverde B, Martínez-Ruiz R, Cong-Hermida MC, Medina-Torres SM, Piña-Ruiz HH (2014). Análisis técnico del árbol de mezquite (*Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl. ex Willd.) en México. Ra Ximhai 10 (3): 173-193.

Rogers KE (2010). The magnificent mesquite. University of Texas Press. Austin. 167 pp.

Salgado-Beltrán L, Bravo B, Camarena DM (2016). Adopción de nuevos productos con diseño sustentable: El caso de la salsa de guacamole. Interciencia 41: 414-418.

Salgado-Beltrán L, Beltrán-Morales LF, Velarde-Mendivil AT, Robles-Baldenegro ME (2018). Attitudes and sensory perceptions of food consumers towards technological innovation in Mexico: A case-study on rice-based dessert. Sustainability 10(1): 175. https://doi.org/10.3390/su10010175

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2008). Catálogo de recursos forestales maderables y no maderables. Árido, tropical y templado. SEMARNAT. Disponible en: http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/Catalogo_de_recursos_forestales_M_y_N.pdf (Consultado: 26 abril 2014).

Tellis GJ, Yin E, Bell S (2009). Global consumer innovativeness: cross-country differences and demographic commonalities. Journal of International Marketing 17(2): 1-22. https://doi.org/10.1509/jimk.17.2.1

Terán-Martínez LA, Camarena-Gómez, DM, Velarde-Mendívil T, Robles JC (2015). Percepción del consumidor hermosillense hacia la innovación en un producto alimentario: el caso del yogur. Invurnus 10(2): 19-27.

Tuorila H, Lähteenmäki L, Pohjalainen L, Lotti L (2001). Food neophobia among the Finns and related responses to familiar and unfamiliar foods. Food Quality and Preference 12(1): 29-37. https://doi.org/10.1016/S0950-3293(00)00025-2

Venkatraman MP (1991). The impact of innovativeness and innovation type on adoption. Journal of Retail 67(1): 51-67.

Walker-Naylor R, Droms C, Haws K (2009). Eating with a purpose: consumer response to functional food health claims in conflicting *versus* complementary information environments. Journal of Public Policy & Marketing 28(2): 221-233. https://doi.org/10.1509/jppm.28.2.221

(Aceptado para publicación el 19 de agosto de 2020)

Impacto socioeconómico de la actividad apícola y características productivas del sector en la provincia de A Coruña

María Amparo Ferreira-Golpe, Ana Isabel García-Arias*, María do Mar Pérez-Fra e Ibán Vázquez-González

Universidad de Santiago de Compostela, Grupo de Investigación ECOAGRASOC, Escola Politécnica Superior de Enxeñaría, R/ Benigno Ledo s/n, 27002 Lugo

Resumen

Este trabajo describe la estructura del sector apícola y las características técnico-económicas de las explotaciones de abejas de miel en la provincia de A Coruña e identifica su papel como proveedoras de rentas complementarias para la población rural así como de servicios ecosistémicos. Para ello se analizan los resultados de una encuesta a 87 explotaciones. Como principales resultados, se propone a partir de un análisis de conglomerados, una nueva clasificación de las explotaciones apícolas en función de sus características técnico-económicas. Además, se revisa el valor de la producción de miel que ofrecen las estadísticas oficiales y se valora el impacto en la renta bruta per cápita.

Palabras clave: Galicia, apicultura, tipología de explotaciones, valor de la producción, diversificación de rentas agrarias.

Socio-economic impact of honey production and their structural characteristics in A Coruña (NW Spain)

Abstract

This paper describes the structure of the beekeeping sector and the technical-economic characteristics of the honey bee farms in the province of A Coruña. We identify their role as providers of complementary incomes for the rural population and ecosystem services. To do this, a survey of 87 farms was conducted among producers. As main results we offer a new classification of beekeeping farms based on a cluster analysis. In addition, we review the estimates about the honey production value offered by official statistics and we assess their impact on gross income per capita.

Keywords: Galicia, beekeeping, bee farms typology, honey production value, rural income diversification.

Introducción

Diversos trabajos han alertado desde los años 90 de pérdidas en las poblaciones de abejas domésticas y de sus consecuencias para la pervivencia de los servicios de polinización (Williams *et al.,* 1991; Kevan y Viana, 2003; Neumann y Carreck, 2010; Potts *et al.*, 2010). Recientes estudios (Brodschneider *et al.,* 2016; Gray *et al.*, 2019) estiman las pérdidas de colonias entre cerca de un 12 % en 2015/16 y alrededor de un 17 % en la campaña 2017/18. La pérdida de polinizadores, y especialmente de abejas, es susceptible de tener grandes consecuencias tanto para la biodiversidad

* Autor para correspondencia: anaisabel.garcia@usc.es

Cita del artículo: Ferreira-Golpe MA, García-Arias AI, Pérez-Fra MM y Vázquez-González I (2021). Impacto socioeconómico de la actividad apícola y características productivas del sector en la provincia de A Coruña. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 117(3): 295-310. https://doi.org/10.12706/itea.2020.031

como para la productividad de los cultivos (IPBES, 2016) ya que ellas son las principales polinizadoras nativas de Europa. Las abejas melíferas poseen una alta eficiencia polinizadora debido a sus grandes necesidades alimentarias que las empujan a visitar millones de flores (Roman, 2004) ya que son generalistas, poseyendo una importante capacidad de comunicación para la localización de recursos florales (vanEngelsdorp y Meixner, 2010). Así, la FAO estima que en Europa el 84 % de los cultivos son polinizados por insectos (Kluser *et al.*, 2010) y que la contribución de las abejas al valor económico de la alimentación humana estaría alrededor del 9,5 % (Aizen y Harder, 2009; Kluser *et al.*, 2010).

Esto ha incrementado el interés por investigar qué causas están relacionadas con su declive entre las qué se encuentran problemas sanitarios como parásitos y patógenos (Kluser *et al.*, 2010), contaminación, pérdida de hábitat y cambio climático, otros factores que tienen que ver con el manejo (abuso de fitosanitarios, sobreexplotación) y con el contexto socioeconómico (Potts *et al.*, 2010) y, recientemente en Europa, con la presencia de plagas exóticas como la avispa asiática (*V. velutina*). La evidencia de estos problemas ha impulsado medidas para mitigar su desaparición o incentivar la pervivencia de su manejo en zonas sensibles, notablemente en el contexto de las políticas agrarias y de desarrollo rural a nivel europeo.

Para una mejor orientación de las medidas son necesarios estudios que caractericen al sector y a los apicultores, ajustándose a la escala de aplicación de éstas. Un enfoque a nivel regional podemos verlo en Brodschneider *et al.* (2016) y en Gray *et al.* (2019), que, sin embargo, no abordan el estudio de las unidades de producción. Las actuales medidas dentro de la PAC tienden a estimular comportamientos y prácticas que incentivan la conservación de polinizadores salvajes por una parte, o la pervivencia del manejo de polinizadores domésticos como las abejas melíferas, por otra. En este último caso, la actividad apícola se presenta como una actividad de complemento de rentas para las áreas rurales, de manera destacada en zonas de especial protección ambiental.

Potts *et al.* (2010) constatan el descenso del número de colonias en Europa relacionándolo con la disminución del número de apicultores. Los procesos de desagrarización y de especialización de la agricultura han deteriorado el papel complementario de la apicultura con las producciones agrarias, al contrario de lo que sucedía en el pasado (Pimentel, 1893). Para diseñar incentivos que mitiguen la desaparición de abejas y de personas apicultoras es necesario conocer el impacto económico de la actividad en las unidades productoras, así como cuál es la influencia de las amenazas detectadas en las variaciones de la producción. En el caso de Galicia, si bien los problemas anteriormente citados están incidiendo de forma negativa, los procesos de desagrarización y la presencia de nuevas plagas como la *Vespa velutina nigrithorax* se revelan como las principales amenazas en la actualidad.

El intenso ajuste agrario experimentado desde los años 80 ha venido acompañado de una reducida diversificación económica, constituyendo la base de la regresión demográfica que sufre una parte importante del rural gallego (López Iglesias y Pérez Fra, 2004). Esto implica la existencia de bajos niveles de renta y PIB por habitante compensados, en parte, por una fuerte dependencia de las transferencias de renta desde el sector público, fundamentalmente pensiones de jubilación (Sineiro García, 2006). En este contexto no es de extrañar que, paralelamente a la concentración y especialización de la actividad agraria en determinadas áreas, las explotaciones hayan desarrollado, en el resto de las zonas, estrategias de diversificación. En la línea de apoyar estas producciones complementarias, los sellos de identificación territorial de cier-

tos productos alimenticios han proliferado. Así, en el año 2007 se inscribe en el Registro Europeo de Denominaciones de Origen e Indicaciones Geográficas Protegidas (IGP) la IGP *Mel de Galicia*.

En Galicia existen más de 3.900 explotaciones apícolas (el 12,9 % del Estado en 2016), la mayoría de carácter no profesional (94 % frente al 18 % en el conjunto del Estado) (MAPA, 2019) y estantes. El número total de colmenas está alrededor de 131.000, de las que el 12 % se sitúan en A Coruña. Así, esta provincia acoge el 3 % de los productores y el 0,6 % de las colmenas del Estado. Prácticamente la totalidad de los apiarios (el 99 %) se dedican a la producción de miel y otros productos apícolas, siendo residual tanto los que realizan como actividad principal la selección y cría, como los dedicados a la polinización de cultivos agrícolas. También es marginal la práctica de la trashumancia (1 % frente al 40 % del Estado). La producción de miel se situaba alrededor de las 2.000 toneladas anuales en esta comunidad en 2016, de las cuales el 13 % se producía en A Coruña (MAPA, 2016).

El objetivo de este trabajo es caracterizar la estructura actual de las unidades de producción en la provincia de A Coruña (Figura 1), identificando sus funciones socioeconómicas y su papel como complemento de rentas. Sin



Fuente: elaboración propia.

Figura 1. Mapa de situación.
Figure 1. Location map.

embargo, el nivel de agregación de las estadísticas ofrecidas por los organismos oficiales no permite calcular la importancia de la actividad para las unidades productoras, en su mayoría de carácter familiar, ni el impacto que las amenazas actuales suponen para ellas. Además, tampoco informan sobre aspectos básicos para la gestión de las unidades productoras, como es el caso de la comercialización o de las redes de apoyo. Por ello, realizamos una encuesta a 87 explotaciones con el fin de obtener información más detallada. Un análisis clúster nos ha permitido clasificar las unidades de producción en función de sus características técnico-económicas como primer paso para comprender la importancia social y económica de la actividad a nivel local. Los resultados obtenidos pueden ser de especial utilidad para la toma de decisiones sobre posibles actuaciones en pro de la dinamización de este sector de actividad y para evaluar el impacto de las amenazas que experimenta ante la ausencia de información detallada sobre las unidades productoras en la provincia. De hecho, este tipo de estudios son escasos en el ámbito local y para Galicia solo podemos señalar recientemente los trabajos de Yáñez Armesto (2001).

Material y métodos

La caracterización de las explotaciones en tipologías

La clasificación de las explotaciones agrarias en tipologías es práctica común en la literatura, permitiendo su estratificación y homogeneización con respecto a unos criterios determinados y a una serie de variables (Vázquez *et al.*, 2012). La clasificación resultante permite determinar las principales características de los grupos más representativos, así como identificar sus comportamientos y relaciones con respecto a otros parámetros. Una de las clasificaciones más conocidas es la realizada por EUROSTAT (van der Ploeg *et al.*, 2009), a partir de las Encuestas de Estructuras de las Explotaciones Agrícolas, para el conjunto de la Unión Europea en función de la orientación productiva y el tamaño de las explotaciones.

En las últimas décadas la mayor parte de las clasificaciones en tipologías han hecho uso de las técnicas estadísticas de análisis multivariante, que permiten utilizar de manera conjunta variables de diferente naturaleza (Vázquez *et al.,* 2012). Entre las más comúnmente empleadas figuran los análisis de conglomerados o clúster, que permiten clasificar las explotaciones en grupos homogéneos (Kobrich *et al.*, 2003; Usai *et al.*, 2006). Existen dos variantes técnicas: el primero y más común es de tipo jerárquico, en el que habrá que determinar en base a los resultados el número óptimo de agrupaciones; el segundo es de tipo no jerárquico (k-medias), en el que se obtiene una solución para un número óptimo de agrupaciones fijado previamente (Vázquez *et al.*, 2012). Las posibles variables para incorporar en el análisis deben ser seleccionadas en base a su relevancia y, además, no estar altamente correlacionadas, a efectos de evitar la multicolinealidad, lo cual disminuiría la eficacia del análisis (Ketchen y Shook, 1996; Kobrich *et al.*, 2003).

Numerosos autores han utilizado la clasificación en tipologías en el sector agrario, si bien las técnicas y métodos empleados varían en función de los objetivos perseguidos y la naturaleza de los datos (Daskalopoulou y Petrou, 2002; Aubry *et al.*, 2006; Vázquez *et al.*, 2012). Entre los trabajos que emplean técnicas de análisis clúster destacamos a Ketchen y Shook (1996), que revisan esta técnica para la investigación en gestión estratégica; Kobrich *et al.* (2003), que lo emplean para caracterizar sistemas agrarios en zonas diferentes; Adamczyk *et al.* (2017), para la evaluación de la actividad física del ganado lechero en Polonia; y otros (Kristensen, 2003; Blanco-Penedo *et*

al., 2019) utilizan esta técnica en combinación con un análisis factorial previo.

En España esta metodología se ha empleado en numerosos trabajos relacionados con los sistemas de producción animal, especialmente bovinos y ovinos (Iraizoz *et al.,* 2007; Riedel *et al.,* 2007; García-Martínez, 2009; Vázquez *et al.,* 2012; Escribano *et al.,* 2014; Santiago *et al.,* 2017).

Con relación a la producción apícola, son muy limitados los trabajos que caracterizan el sector y más aún aquellos que emplean técnicas de análisis multivariantes tipo clúster. Entre los más recientes encontramos ejemplos latinoamericanos como Vélez Izquierdo *et al.* (2016), que emplean análisis de conglomerados no jerárquicos (k-medias) sobre variables socioeconómicas y tecnológicas de una muestra de apicultores del estado de Morelos (Mexico) para el diseño de recomendaciones de apoyo a la apicultura; Lagos Susaeta (2017), que usan métodos jerárquicos para elaborar tipologías de apicultores chilenos orgánicos y establecer recomendaciones; Batista Júnior (2013), que clasifica en 11 tipos las familias apícolas de Bahia (Brasil) en función de su orientación a actividades agrícolas y no agrícolas.

Elección de la muestra, trabajo de campo y análisis estadístico

La recogida de datos en campo se llevó a cabo a través de una encuesta a 87 explotaciones con apiarios distribuidos en 65 municipios, representando casi el 11 % de los productores con colmenas de la provincia de A Coruña en 2016. Las encuestas fueron realizadas mediante entrevista personal directa, entre mayo y octubre de 2017. Se trata de un cuestionario semiestructurado en el que se preguntaba sobre: actividad principal de la persona entrevistada, asociaciones profesionales a las que pertenece, localización de los apiarios, datos técnico-económicos de la explotación, tipos de manejo, condiciones sanitarias, datos sobre producción en los últimos dos años (2015 y 2016), tipos de productos, canales de comercialización y precios de venta.

La selección de los entrevistados se realizó mediante un muestreo aleatorio estratificado entre los productores de miel registrados y con colmenas, buscando una representatividad proporcional por estratos de tamaño (Tabla 1). Esto nos ha llevado a utilizar para el muestreo solo 806 de las 844 unidades productoras registradas en 2016.

Tabla 1. Características de la muestra.
Table 1. Sample characteristics.

Nº colmenas	Nº explotaciones en la población	Nº explotaciones en la muestra	% sobre total estrato	% sobre total muestra
1-10	472	47	10	54
11-20	157	14	9	16
21-50	111	12	11	14
51-149	56	7	13	8
>150	10	7	70	8
Total	806	87	11	100

Fuente: elaboración propia.

Para la clasificación de las explotaciones apícolas según sus características técnico-económicas utilizamos únicamente 85 de las 87 entrevistas realizadas ya que dos de los productores no habían registrado producción de miel en los años de estudio. Realizamos un análisis multivariante de conglomerados jerárquicos (método de Ward y distancia euclídea al cuadrado), mediante el programa estadístico SPSS, en función de cinco variables: 3 productivas y 2 socio-económicas. Como variables productivas se consideraron relevantes el número de colmenas, el número de productos y la producción unitaria en el año 2016, año precedente a la realización de la entrevista ya que, en el momento de esta, muchos productores no habían castrado las colmenas. Como variables socio-económicas escogimos el número de canales de comercialización y el número de redes profesionales (cooperativas, asociaciones de productores e Indicación Protegida fundamentalmente). El tipo de manejo no resultó suficientemente discriminatorio para ser relevante en la conformación de los grupos. Previamente se comprobó la inexistencia de multicolinealidad entre las variables por medio de pruebas de correlación[1] (Kobrich *et al.*, 2003) y se procedió a su estandarización (puntuaciones Z) para evitar diferencias en la escala de medida.

El criterio de decisión para definir el número óptimo de agrupaciones se basó en dos métodos, el dendrograma y el cálculo de las tasas de variación de los coeficientes de conglomeración o "regla del codo" (Hair *et al.*, 1999), que dan una mayor garantía de decisión (Figura 2).

Para la valoración de la producción se aplicaron las producciones y los precios de venta declarados por los apicultores, mientras que para la valoración de la producción de autoconsumo se ha aplicado un promedio de los precios declarados. Con el objetivo de extrapolar los resultados al conjunto de la población, se calcularon rangos de variación para un nivel de confianza del 95 %.

Resultados

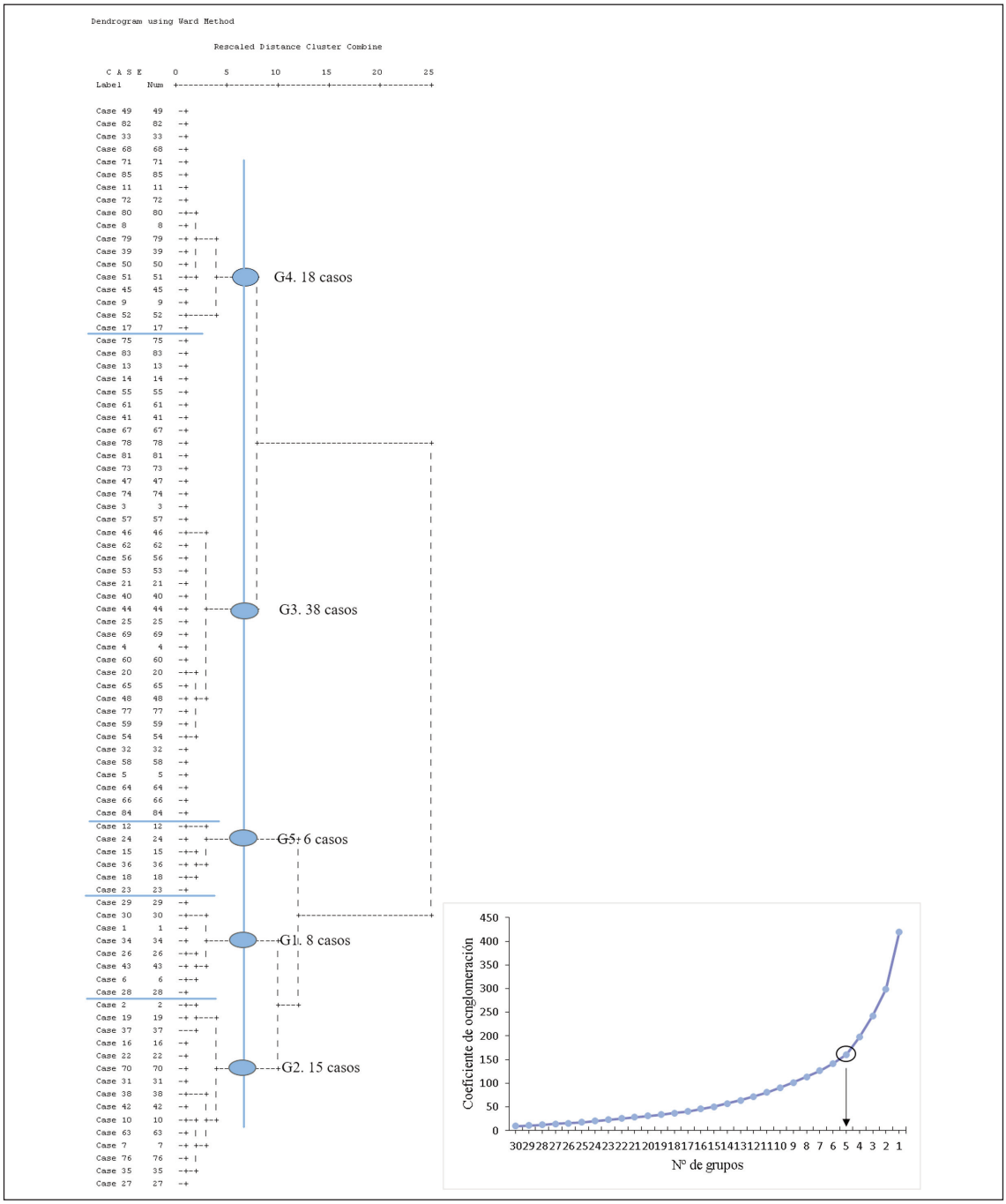
Explotación de la encuesta

Los productores de miel en la zona estudiada lo son en su mayor parte a tiempo parcial (Tabla 2) y mantienen la producción como complemento de rentas, especialmente en el caso de los jubilados, o como entretenimiento, tal y como se refleja en las estadísticas oficiales. El porcentaje de personas dedicadas a la agricultura es muy pequeño, más de lo que cabría suponer en una actividad que estuvo ligada a la producción agraria durante siglos, aunque esperable dentro de una lógica de especialización productiva. El análisis de la muestra por estratos nos permite ver diferencias según el tamaño. Así aquellas que se dedican a la apicultura como actividad principal están concentradas en el grupo de más de 150 colmenas (explotaciones profesionales).

Entre las explotaciones encuestadas tan solo el 18,4 % de los titulares son mujeres lo que indica un grado de masculinización de la actividad importante. En cuanto a las redes establecidas gracias al desempeño de la actividad, hemos encontrado que un 18 % pertenecen a alguna cooperativa y el 8 % a la IGP *Mel de Galicia*, si bien este porcentaje se incrementa sustancialmente en el caso de las profesionales (71 %).

El número de pequeñas explotaciones es elevado. Así, el 74 % de las explotaciones mantienen un único apiario mientras que las profesionales mantienen 6,9 apiarios de media.

1. Pearson (normal) o Spearman (no normal), dependiendo de la distribución de los datos.



Fuente: elaboración propia.

Figura 2. Dendrograma y representación gráfica de la tasa de variación de los coeficientes de conglomeración.
Figure 2. Dendrogram and graphic representation of conglomeration variation rates.

Tabla 2. Actividad principal de los productores en cada estrato y sobre el total de entrevistados.
Table 2. Main labour activity of beekeepers on each group and on the total of interviewees.

		Nº colmenas				
Actividad principal	Total	1-10	11-20	21-50	51-149	>150
Sector Primario:						
Apicultura (%)	6,9	2,1	0,0	0,0	0,0	71,4
Resto (%)	8,0	6,4	7,1	8,3	14,3	14,3
Sector Secundario (%)	17,2	25,5	14,3	0,0	14,3	0,0
Sector Terciario (%)	32,2	27,7	42,9	41,7	57,1	0,0
Desempleados (%)	25,3	12,8	0,0	8,3	0,0	0,0
Jubilados (%)	8,0	23,4	28,6	41,7	14,3	14,3
No contesta (%)	2,3	2,1	7,1	0,0	0,0	0,0

Fuente: elaboración propia.

Tan solo el 5,7 % de las explotaciones entrevistadas realizan selección y cría frente al 25 % de las profesionales, mientras que una sola explotación de todas las entrevistadas mantenía el apiario con fines polinizadores. La productividad media es de 15,6 kg/colmena en 2016 para el conjunto de las explotaciones (Tabla 3).

Para la comercialización, el 94 % de las explotaciones entrevistadas envasan en la explotación, el 60 % producen principalmente para autoconsumo y el 57 % realizan venta directa de parte de la producción en la propia explotación. El 14 % entregan a cooperativas y el 22 % de las entrevistadas comercializan a través de minoristas lo que supone el 50 % de la comercialización en canal convencional. La venta en ferias y mercados es una actividad residual que solo realizan el 7 % de los entrevistados. Sólo el 1 % vende a mayoristas y se trata de una explotación profesional. Existen diferencias por estratos (Tabla 4) pero las formas de comercialización citadas ya apuntan la importancia que tiene esta producción como complemento de rentas ya que más de la mitad realizan venta directa en la propia explotación.

Finalmente, los resultados de la Tabla 3 nos permiten inferir un valor de la producción de 339.279 euros para el conjunto de las explotaciones encuestadas. Extrapolando este resultado para el conjunto de la población de la provincia, estimamos un valor de 3.143.205 euros en 2016 para un nivel de confianza del 95 %, lo que significaría 3.900 euros por explotación equivalentes a un 26 % del valor de la renta bruta disponible provincial por habitante (RDBH) en ese año (IGE, 2017). La repercusión económica no es desdeñable, así el valor medio de la producción por explotación podemos situarlo en un rango de variabilidad entre 3.506,3 euros y 4.294,7 euros para 2016 en la provincia de A Coruña. El estudio por estratos arroja un rango de variabilidad importante que va desde el 4 % de la RDBH para las explotaciones de 1 a 10 colmenas a un peso del 162 % sobre la RDBH del estrato de explotaciones profesionales. Esta estimación se corresponde con una producción de 450 toneladas de miel.

Tabla 3. Características productivas para el año 2016 en cada estrato y sobre el total de entrevistados.
Table 3. Production characteristics in 2016 on each group and on the total of interviewees.

Nº colmenas	Nº medio apiarios	Productividad media kg/colmena	Productividad media kg/explotación	Valor medio por explotación (€)
1-10	1	14,6	82,9	565,2
11-20	1,2	16,4	240,9	1401,3
21-50	1,9	18	637,1	4353,3
51-149	2,3	16,9	1283,6	8926,9
>150	6,9	15,1	3538,6	25481,4
Total	1,7	15,6	559,4	3899,8

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4. Canales de comercialización en cada estrato y sobre el total de entrevistados.
Table 4. Marketing channels on each group and on the total of interviewees.

	Nº colmenas					
	1-10	11-20	21-50	51-149	>150	Total
Autoconsumo (%)	97,0	35,7	0,0	0,0	0,0	60,0
Venta explotación (%)	34,0	71,0	92,0	100,0	86,0	57,0
Envasan explotación (%)	91,0	100,0	92,0	100,0	100,0	94,0
Venta en ferias (%)	0,0	0,0	25,0	14,0	29,0	7,0
Entrega a cooperativa (%)	2,0	7,0	33,0	43,0	43,0	14,0
Venta a minoristas (%)	4,0	14,0	50,0	43,0	86,0	22,0
Venta a mayoristas (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	14,0	1,0

Fuente: elaboración propia.

Clasificación de las unidades de producción

Realizado el análisis de conglomerados, identificamos 5 tipos de explotaciones en función de sus características productivas y técnico-económicas y que son recogidos en la Tabla 5.

En el tipo 1, medianas y diversificadas, se encuadran las explotaciones apícolas de tamaño mediano y diversificadas, en las que la miel no es su único producto y que emplean más de un canal de comercialización. Son sólo 8 explotaciones, con una media de 3 productos y una producción unitaria de miel por debajo de la media total, pero mayor que las explotaciones del tipo 3 y 5. Su integración en redes profesionales es baja.

El segundo tipo está formado por explotaciones también medianas, pero que se dedican exclusivamente a la producción de miel.

Tabla 5. Valores medios de las variables utilizadas en el análisis de conglomerados.
Table 5. Average values of the variables used in the cluster analysis.

	Nº de explotaciones	Nº de colmenas	Nº de canales de comercialización	Nº de redes profesionales	Nº de productos	Producción unitaria 2016 (kg/colmena)
1. Medianas diversificadas	8	56,5	1,75	1	3	13
2. Medianas monoproducto e innovadoras	15	41,93	2,2667	1,8	1,1333	17,7
3. Hobbistas	38	7,84	1	0,9474	1	11,07
4. Pequeñas y productivas	18	13,5	1,0556	1,1111	1,2222	25,06
5. Grandes profesionales	6	261,67	2,6667	2,3333	2,1667	12,67
Total	85	37,55	1,4235	1,2353	1,3412	15,49
N	85	85	85	85	85	85

Fuente: elaboración propia.

Diversificadas en cuanto a los canales de comercialización, se trata de 15 explotaciones con una productividad por encima de la media y bien integradas en redes profesionales y de apoyo.

El tercer tipo está conformado por las explotaciones más pequeñas, dedicadas exclusivamente a la producción de miel, principalmente para autoconsumo. Es la categoría más numerosa, con 38 explotaciones, con las productividades más bajas de todos los tipos estudiados y poca integración en redes profesionales.

El cuarto tipo está conformado por explotaciones de pequeño tamaño que mayoritariamente sólo producen miel, usan un único canal de comercialización y tienen una integración baja en las redes profesionales. Son 18 explotaciones que tienen como característica más destacable la alta productividad que consiguen, muy por encima de la media y la mayor de todos los tipos establecidos.

Finalmente, el quinto tipo engloba las explotaciones de mayor dimensión, con diversificación tanto en la producción como en los canales de comercialización y bien integradas en redes profesionales y de apoyo. Aun así, su productividad se sitúa por debajo de la media. Son 6 explotaciones caracterizadas como profesionales.

Discusión

Los datos aquí presentados corroboran, en parte, la fotografía que podemos hacernos del sector a partir de las cifras publicadas por los organismos oficiales para la zona estudiada. Efectivamente se trata de un sector poco profesionalizado, con un alto porcentaje de explotaciones con apenas 2 apiarios donde solo 14 de las 844 explotaciones apícolas censadas en 2016 estaban registradas como profesionales. El sistema productivo predominante es el de colmenas estantes,

siendo la trashumancia una práctica residual (1 % de las explotaciones), a diferencia del Estado en donde el 40 % de las explotaciones son trashumantes (MAPA, 2019). Atendiendo a su clasificación zootécnica, la inmensa mayoría (un 97 %) se dedican únicamente a la producción apícola siendo muy pocas las que realizan actividades que requieren habilidades más especializadas, tales como la selección y cría de reinas o actividades relacionadas con los servicios de polinización, como también se deduce de nuestro estudio. Mientras, en el conjunto del Estado, el porcentaje de explotaciones de producción apícola asciende al 63 %, apareciendo las mixtas con una cierta relevancia (un 27 % sobre el total).

Sin embargo, a pesar de estas características, las unidades de producción coruñesas presentan algunos grados de dinamismo que no cabría esperar de este retrato. Por una parte, tres de los grupos definidos (1, 4 y 5) en nuestra investigación presentan una cierta diversificación de producciones mientras que dos (2 y 5) demuestran estar bien integrados en redes profesionales y diversifican los canales de comercialización. Así, la IGP *Mel de Galicia* acoge en la provincia de A Coruña al 8 % (66) de las explotaciones provinciales y el 23 % de las colmenas (4.182). No obstante, la producción de miel cualificada en la provincia es de 320 toneladas (el 54 % de la gallega) y la contraetiquetada de 271 toneladas (el 86 % de Galicia). A Coruña acoge también al 34 % de los envasadores gallegos dentro de la IGP. Esta diferencia entre lo que se envasa y lo que se produce tiene que ver con el hecho de que la miel producida en una provincia puede envasarse en otra y existe comercio entre envasadores (Ferreira Golpe, 2017).

El predominio de las pequeñas explotaciones contribuye a pensar en una actividad marginal en muchos casos. No obstante, la productividad no parece verse afectada por este hecho, pues no se detectan grandes diferencias entre los estratos establecidos, salvo en el estrato de 21 a 50 colmenas (Tabla 3). Además las medias coinciden con las presentadas por otras regiones (Bernabéu *et al.*, 2003). En relación a los 5 tipos definidos en el clúster, se comprueba que las explotaciones que diversifican la producción (1 y 5) alcanzan valores por debajo de la media total, mientras que en el caso de las que producen sólo o mayoritariamente miel (2 y 4) sucede lo contrario, destacando la productividad del tipo 4, muy alta en comparación con el resto. Esto último puede ser explicado porque, en este grupo, la mayoría de las explotaciones (61,1 %) recurren a la alimentación artificial como práctica de manejo, no así en los otros grupos, donde el porcentaje es menor (12 % tipo 1; 13 % tipo 2; 16,7 % tipo 5). La productividad obtenida por el grupo 3, la más baja de todas, a pesar de presentar un número importante de explotaciones que recurren a la alimentación artificial (47 %), puede explicarse porque se trata de las explotaciones hobbistas, en las que el manejo es más laxo.

Nuestro trabajo ofrece estimaciones sobre la producción a nivel provincial diferentes de las ofrecidas por las fuentes oficiales, por lo menos, en lo que se refiere a la miel. Así, la producción de miel en esta provincia se estimaba en 268 toneladas (MAPA, 2016). Sin embargo, nuestra estimación se corresponde con una producción de 450 toneladas. Esta diferencia puede ser atribuible a que hemos valorado la producción declarada por las personas entrevistadas, incluyendo aquella destinada al autoconsumo. Así mismo, las cifras ofrecidas por el Ministerio son un cálculo a partir del número de colmenas declarado por los apicultores y la producción estimada por colmena. El Real Decreto 209/2002 establece que los titulares de explotación apícola deben comunicar el censo de sus colmenas a la autoridad competente antes del 1 de marzo (BOE, 2002), cuando las colonias están saliendo de la invernada y los

apicultores probablemente tengan un número menor de colmenas de las que finalmente pongan en producción, lo que puede influir en una estimación a la baja de dicha producción. En todo caso, este resultado requiere que tomemos las cifras oficiales con una cierta cautela ya que pueden estar infravalorando la producción real, por lo menos en lo que se refiere al área geográfica estudiada.

El trabajo muestra como actualmente, la apicultura ha dejado de estar vinculada a la actividad agraria. Sin embargo, ha ganado presencia la actividad a tiempo parcial. Los motivos por los que la apicultura es interesante como actividad complementaria tienen que ver con la escasa inversión inicial requerida, la diversidad de producciones que ofrece la actividad, la posibilidad de acceso mediante formas de propiedad diversas, o la flexibilidad de horario y de ubicación de las actividades, además de que se establecen numerosos vínculos con instituciones culturales y sociales (IPBES, 2016).

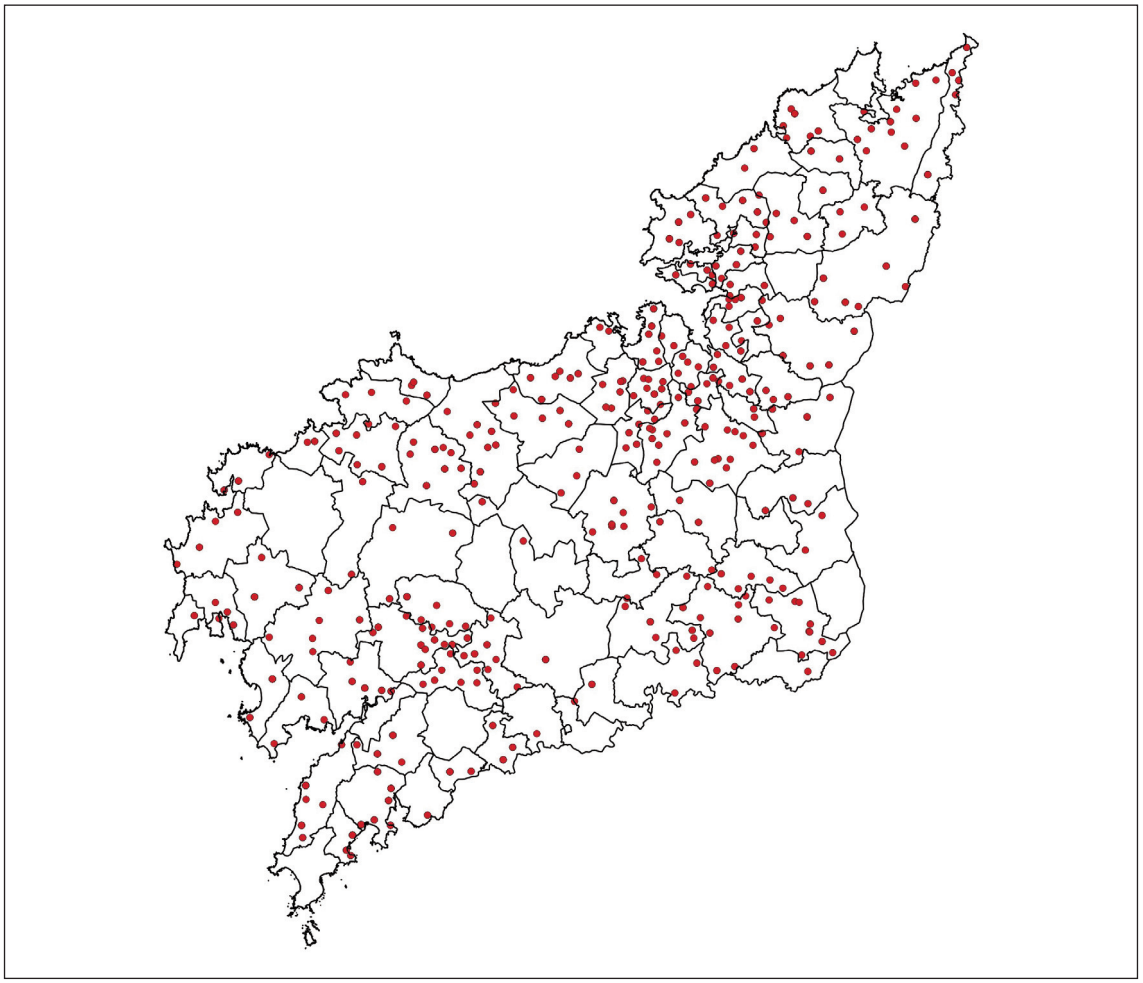
Uno de los objetivos del trabajo era evaluar la repercusión socioeconómica de la actividad apícola en la provincia de A Coruña. Los resultados obtenidos muestran que el sector apícola puede cumplir un papel notable en la diversificación económica de las áreas rurales más deprimidas, proporcionando oportunidades de mejora de las rentas, ya de por si bajas, a través de las empresas apícolas allí instaladas (Bernabéu y Martínez, 2003). A pesar del cierto dinamismo identificado más arriba, no podemos ignorar que, en el área estudiada, el sector está dominado por las explotaciones a tiempo parcial que cumplen un papel de entretenimiento para la mayoría de sus propietarios, para quienes supone también un complemento de rentas. Este papel de complemento de rentas, que como hemos visto, puede ser como mínimo del 4 % de la RDBH, se hace más evidente en el caso de la población jubilada y parada, que en el conjunto de la muestra representa más del 30 % de los entrevistados.

Como señalábamos en la introducción, la apicultura resulta una actividad de gran importancia para el medio ambiente por dos razones: su papel en el mantenimiento de la flora silvestre y la biodiversidad y por el papel que cumple en el sostén de la productividad de muchos cultivos agrícolas. La polinización no es, sin embargo, un objetivo en el conjunto de las explotaciones estudiadas y debe ser analizada como una externalidad positiva que puede ser apoyada o remunerada por políticas públicas activas. La distribución de los asentamientos por toda la provincia (Figura 3) evidencia el papel fundamental de la actividad en la provisión de servicios ecosistémicos de polinización. Apoyar al sector apícola tiene una repercusión no solo social y económica sino también ambiental.

La estructura productiva descrita presenta sin duda debilidades importantes para la supervivencia de la actividad. Una mayor profesionalización sería deseable pero no a costa de una concentración del sector que produjese desequilibrios territoriales en la provisión de los servicios de polinización. La existencia de la IGP *Mel de Galicia* y de activas asociaciones de productores debería aprovecharse para la mejora de los canales de comercialización y de la competitividad del sector.

Conclusiones

La clasificación propuesta resulta más descriptiva que la tradicional (explotaciones profesionales y no profesionales). Esta ofrecía una imagen dicotómica del sector, centrado en la pequeña producción y el autoconsumo. El análisis realizado identifica explotaciones que, a pesar de su reducido tamaño, presentan rasgos de dinamismo: diversificación productiva y de canales de comercialización, pertenencia a redes de apoyo técnico y comercial y productividades comparables a las de otras regiones.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Distribución de las unidades de producción apícola en el territorio.
Figure 3. Distribution of beekeeping production units in the territory.

La desvinculación de la producción apícola del resto de la actividad agraria en un contexto de especialización productiva y desagrarización explica la estructura actual del sector. Aquí identificamos las funciones socioeconómicas y ambientales en el área estudiada. La importancia de la actividad en las rentas de los productores hace imprescindible el apoyo a esta actividad en peligro, debido al carácter marginal de un gran número de explotaciones y a la existencia de crecientes amenazas. Su diseminación por todo el territorio estudiado enfatiza la importancia de la actividad como proveedora de servicios ecosistémicos de polinización.

Apreciamos una cierta subestimación de la producción apícola por parte de las estadísticas oficiales. Será de interés en el futuro

ampliar este estudio al conjunto de la comunidad gallega para que sirva como base al diseño de estrategias y políticas.

Agradecimientos

Este estudio fue financiado por la Diputación Provincial de A Coruña. Agradecemos los comentarios de los revisores anónimos de la revista y de los asistentes al XII Congreso de Economía Agraria, 2019 y al XII CIER 2018.

Referencias bibliográficas

Adamczyk K, Cywicka D, Herbut P, Trze niowska E (2017). The application of cluster analysis methods in assessment of daily physical activity of dairy cows milked in the Voluntary Milking System. Computers and Electronics in Agriculture 141: 65-72. https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.07.007

Aizen MA, Harder LD (2009). The global stock of domesticated honeybees is growing slower than agricultural demand for pollination. Current Biology 19(11): 915-918. https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.03.071

Aubry C, Paillat JM, Guerrin F (2006). A conceptual representation of animal waste management at the farm scale: The case of the Reunion Island. Agricultural Systems 88(2-3): 294-315. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2005.06.006

Batista Júnior JL (2013). Impacto econômico e social da apicultura na agricultura familiar do Território do Sisal, semiárido da Bahia. Tesis Doctoral, Universidade Federal de Bahia. Salvador, Brasil.

Bernabéu R, Martínez del Olmo J, Vergara H (2003). Evaluación financiera de las explotaciones apícolas en Castilla-La Mancha. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 99A(1): 47-68.

Blanco-Penedo I, Sjöström K, Jones P, Krieger M, Duval J, van Soest F, Emanuelson U (2019). Structural characteristics of organic dairy farms in four European countries and their association with the implementation of animal health plans. Agricultural Systems 173: 244-253. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.03.008

BOE (2002). Real Decreto 209/2002, del 22 de febrero, por el que se establecen normas de ordenación de las explotaciones apícolas. Boletín Oficial del Estado, núm. 62, de 13 de marzo de 2002, pp. 10366-10371.

Brodschneider R, Gray A, van der Zee R, Adjlane N, Brusbardis V, Charrière JD, Chlebo R, Coffey MF, Crailsheim K, Dahle B, Danihlík J, Danneels E, de Graaf DC, Draži MM, Fedoriak M, Forsythe I, Golubovski M, Gregorc A, Grz da U, Hubbuck I, Tunca RI, Kauko L, Kilpinen O, Kretavicius J, Kristiansen P, Martikkala M, Martín-Hernández R, Mutinelli F, Peterson M, Otten C, Ozkirim A, Raudmets A, Simon-Delso N, Soroker V, Topolska G, Vallon J, Vejsnæs F, Woehl S (2016). Preliminary analysis of loss rates of honey bee colonies during winter 2015/16 from the COLOSS survey. Journal of Apicultural Research 55(5): 375-378. https://doi.org/10.1080/00218839.2016.1260240

Daskalopoulou I, Petrou A (2002). Utilising a farm typology to identify potential adopters of alternative farming activities in Greek agriculture. Journal of Rural Studies 18(1): 95-103. https://doi.org/10.1016/S0743-0167(01)00027-4

Escribano AJ, Gaspar P, Mesías FJ, Pulido AF, Escribano M (2014). Evaluación de la sostenibilidad de explotaciones de vacuno de carne ecológicas y convencionales en sistemas agroforestales: estudio del caso de las dehesas. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 110(4): 343-367. https://doi.org/10.12706/itea.2014.022

García-Martínez A, Olaizola A, Bernués A (2009). Trajectories of evolution and drivers of change in European mountain cattle farming systems. Animal 3(1): 152-165. https://doi.org/10.1017/S1751731108003297

Gray A, Brodschneider R, Adjlane N, Ballis A, Brusbardis V, Charrière JD, Chlebo R, Coffey MF, Cornelissen B, Amaro da Costa C, Csáki T, Dahle B, Danihlík J, Draži MM, Evans G, Fedoriak M, Forsythe I, de Graaf D, Gregorc A, Johannesen J, Kauko L, Kristiansen P, Martikkala M, Martín-

Hernández R, Medina-Flores CA, Mutinelli F, Patalano S, Petrov P, Raudmets A, Ryzhikov VA, Simon-Delso N, Stevanovic J, Topolska G, Uzunov A, Vejsnaes F, Williams A, Zammit-Mangion M, Soroker V (2019). Loss rates of honey bee colonies during winter 2017/18 in 36 countries participating in the COLOSS survey, including effects of forage sources. Journal of Apicultural Research 58(4): 479-485. https://doi.org/10.1080/00218839.2019.1615661

Hair JF, Anderson RE, Tatham RL, Black WC (1999). Capítulo 9. Análisis cluster. En: Análisis multivariante de datos, pp. 491-546, Prentice Hall, Madrid.

IGE (2017). Renda municipal dos fogares. Instituto Gallego de Estadística. Disponible en: http://www.observatoriognp.eu/igebdt/esqv.jsp?ruta=verTabla.jsp?OP=1&B=1&M=&COD=9660&R=9915[15];0[2016]&C=1[0]&F=&S=&SCF= (Consultado: 24 agosto 2020).

Ferreira Golpe, María Amparo (2017). Avaliación do impacto socioeconómico da *Vespa velutina nigrithorax* na provincia da Coruña. (Trabajo Fin de Grado inédito). Universidad de Santiago de Compostela.

IPBES (2016). Resumen para los responsables de formular políticas del informe de evaluación de la Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas sobre polinizadores, polinización y producción de alimentos. Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas.

Iraizoz B, Gorton M, Davidova S (2007). Segmenting farms for analysing agricultural trajectories: a case study of the Navarra region in Spain. Agricultural Systems 93(1-3): 143-169. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2006.05.002

Ketchen DJ, Shook CL (1996). The application of cluster analysis in strategic management research: an analysis and critique. Strategic Management Journal 17: 441-458. https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199606)17:6%3C441::AID-SMJ819%3E3.0.CO;2-G

Kevan PG, Viana BF (2003). The global decline of pollination services. Biodiversity 4(4): 3-8. https://doi.org/10.1080/14888386.2003.9712703

Kluser S, Neumann P, Chauzat MP, Pettis JS, Peduzzi P, Witt R, Fernández N, Theuri M (2010). Global honeybee colony disorders and other threats to insect pollinators. UNEP Emerging Issue. 16 pp.

Köbrich C, Rehman T, Khan M (2003). Typification of farming systems for constructing representative farming models: two illustrations of the application of multi-variate analysis in Chile and Pakistan. Agricultural Systems 76: 141-157. https://doi.org/10.1016/S0308-521X(02)00013-6

Kristensen SP (2003). Multivariate analysis of landscape changes and farm characteristics in a study area in central Jutland, Denmark. Ecological Modelling 168: 303-318. https://doi.org/10.1016/S0304-3800(03)00143-1

Lagos Susaeta FM (2017). Tipologías de apicultor orgánico chileno en función de factores protectivos de su condición orgánica. Tesis Postgrado, Facultad De Ciencias Veterinarias y Pecuarias Escuela De Posgrado y Postítulo, Universidad de Chile.

López Iglesias E, Pérez Fra M (2004). Axuste agrario e despoboación rural: as tendencias recentes en Galicia. Grial, Revista Galega de Cultura 162: 36-43.

MAPA (2016). Estadística de lana, miel y huevos. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/ganaderia/lana-miel-huevos-consumo-humano/ (Consultado: 24 agosto 2020).

MAPA (2019). El sector apícola en cifras. Principales indicadores económicos. Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/sectores-ganaderos/apicola/default.aspx (Consultado: 24 agosto 2020).

Neumann P, Carreck NL (2010). Honey bee colony losses. Journal of Apicultural Research 49(1): 1-6. https://doi.org/10.3896/IBRA.1.49.1.01

Pimentel R (1893). Manual de apicultura: escrito expresamente para los agricultores gallegos. El Faro de Vigo. 72 pp.

Potts SG, Roberts SPM, Dean R, Marris G, Brown MA, Jones R, Neumann P, Settele J (2010). Declines of managed honey bees and beekeepers in Europe. Journal of Apicultural Research 49(1): 15-22. https://doi.org/10.3896/IBRA.1.49.1.02

Riedel JL, Casasús I, Bernués A (2007). Sheep farming intensification and utilization of natural resources in a Mediterranean pastoral agroecosystem. Livestock Science 111: 153-163. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.12.013

Roman A (2004): Pollen hoarding in the late summer season by honeybee (*Apis mellifera L.*) colonies. Journal of Apicultural Science 48: 37-45.

Santiago C, Vicente F, Jiménez-Calderón JD, Soldado A, Martínez-Fernández A (2017). Caracterización de los actuales modelos de alimentación para la producción de leche de vaca en Asturias (España) y su influencia sobre la producción de la leche. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 113: 335-346. https://doi.org/10.12706/itea.2017.021

Sineiro García F (2006). A evolución socioeconómica dos sectores rurais galegos. Recursos rurais, Serie cursos 4: 47-55.

Usai M, Casu S, Molle G, Decandia M, Ligios S, Carta A (2006). Using cluster analysis to characterize the goat farming system in Sardinia. Livestock Science 104: 63-76. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.03.013

vanEngelsdorp D, Meixner MD (2010). A historical review of managed honeybee populations in Europe and the United States and the factors that may affect them. Journal of Invertebrate Pathology 103: 80-95. https://doi.org/10.1016/j.jip.2009.06.011

van der Ploeg JD, Laurent C, Blondeau F, Bonnafous P (2009). Farm diversity, classification schemes and multifunctionality. Journal of Environmental Management 90: 124-131. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.11.022

Vázquez I, Marey M, Sineiro F, Lorenzana R, García AI, Pérez M (2012). Caracterización productiva y relaciones con el territorio de las explotaciones de bovino en Galicia. Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros 233: 69-100.

Vélez Izquierdo A, Espinosa García JA, Amaro Gutiérrez R, Arechavaleta Velasco ME (2016). Tipología y caracterización de apicultores del estado de Morelos, México. Revista mexicana de ciencias pecuarias 7(4): 507-524.

Williams IH, Corbet SA, Osborne JL (1991). Beekeeping, wild bees and pollination in the European Community. Bee World 72(4): 170-180. https://doi.org/10.1080/0005772X.1991.11099101

Yáñez Armesto A (2001). Apicultura e produción apícola en Galicia. Tesis doctoral. Universidade de Santiago de Compostela.

(Aceptado para publicación el 8 de septiembre de 2020)

Impacto de la fiscalidad en la rentabilidad de plantaciones forestales de particulares y montes vecinales en mano común en Galicia

Santos Arenas-Ruiz[1,*], Luis Diaz-Balteiro[2] y Roque Rodriguez-Soalleiro[3]

[1] Centro De Formación y Experimentación Agroforestal de Becerreá. Penamaior s/n, 27695 Becerreá (Lugo)
[2] Universidad Politécnica de Madrid. ETS Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural. C/ José Antonio Novais, 10. 28040 Madrid
[3] IUniversidade de Santiago de Compostela. Unidade de Xestión Ambiental e Forestal Sostible. Escola Politécnica Superior. Rúa Benigno Ledo, 27002 Lugo

Resumen

Durante los últimos años se ha experimentado en Galicia un notable aumento de la superficie forestada con plantaciones industriales de *Eucalyptus nitens*. Sin embargo, la expansión de estas plantaciones no ha venido asociada a estudios que analicen aspectos económicos de las mismas. El objetivo de este estudio es cuantificar la influencia de la fiscalidad en el turno económicamente óptimo y la rentabilidad de la plantación, según varios escenarios que recogen dos tipos de propietarios privados (propiedad individual y propiedad colectiva en forma de montes vecinales de mano común), la inclusión o no de proyectos de captura del carbono y la consideración o no de la fiscalidad asociada a la propiedad de las plantaciones. Los resultados muestran que para el nivel de productividad medio de la especie, las plantaciones son viables económicamente, y que el turno económicamente óptimo es muy próximo a los 14 años en la mayoría de los escenarios considerados. La inclusión de la fiscalidad presenta un efecto marcadamente contrapuesto entre la propiedad privada, que al tributar por estimación objetiva se ve muy favorecida, frente a la propiedad colectiva. Finalmente, los proyectos asociados a la captura de carbono apenas modifican el turno, pero elevan la rentabilidad de las plantaciones de forma sustancial, sobre todo en los casos donde se consideran plantaciones en propiedades colectivas y sujetas a la fiscalidad imperante.

Palabras clave: *Eucalyptus nitens*, turno económicamente óptimo, impuestos, economía forestal, propiedad privada.

Impact of taxes on the profitability of industrial forest plantations privately owned in Galicia (Spain)

Abstract

The area planted with *Eucalyptus nitens* has increased greatly in Galicia in recent years. However, the expansion of these plantations has not been accompanied by economic studies. The objective of this study was to quantify the influence of taxation on the economically optimal rotation and on the profitability of the plantations. In short, we considered various scenarios: two types of ownership (private property

* Autor para correspondencia: santos.gabriel.arenas.ruiz@xunta.es

Cita del artículo: Arenas-Ruiz S, Diaz-Balteiro L, Rodriguez-Soalleiro R (2021). Impacto de la fiscalidad en la rentabilidad de plantaciones forestales de particulares y montes vecinales en mano común en Galicia. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 117(3): 311-326. https://doi.org/10.12706/itea.2020.033

and communal forests); inclusion or not of carbon sequestration projects; and consideration or not of the taxation associated with plantations. The results show that for intermediate productivity of this species, the plantations are economically viable and that the economically optimal rotation is very close to 14 years in most of the scenarios considered. Consideration of taxation had a contrasting opposite effect on privately property and collective property. Finally, the inclusion of projects associated with carbon sequestration scarcely modify the initial rotation, but substantially increase the profitability of the plantations, especially in communal forests, which are subject to the taxes considered in the analysis.

Keywords: *Eucalyptus nitens*, economic optimal rotation, taxes, forest economics, private property.

Introducción

Como es bien conocido, una de las decisiones más importantes que se debe tomar a la hora de acometer una inversión forestal vinculada a una plantación es a qué edad se debe cortar dicha masa. La importancia de esta decisión radica no sólo en cuál es el momento que el activo se vuelve líquido a ojos del inversor, sino que, desde un punto de vista forestal, comienza la regeneración de la masa existente. Es por ello por lo que existen diversas aproximaciones para abordar el problema del turno forestal óptimo (Romero, 1997), aunque desde el punto de vista económico está admitido que la solución propuesta por Faustmann (1849) y validada por Samuelson (1976) es la óptima.

Desde el trabajo de Samuelson han sido múltiples los trabajos que se han publicado a partir de esta solución, atenuando las hipótesis inicialmente establecidas. La principal conclusión al respecto es que, con independencia de que, por ejemplo, se incluyan aspectos no deterministas, o que se introduzcan otros bienes y servicios en el análisis, la solución de Faustmann es una aproximación robusta al problema.

Los efectos de la fiscalidad en el turno óptimo han sido estudiados profusamente en diversos manuales de economía forestal (Kula, 1988; van Kooten y Folmer, 2002; Amacher *et al.*, 2009; Wagner, 2012). En el caso de diversos países anglosajones, los efectos de los impuestos en el turno óptimo se pueden calificar como reducidos o neutrales, dependiendo de la naturaleza de estos. Así, para impuestos sobre la venta de productos, y en masas regulares, el turno se alargará (Kula, 1988; van Kooten y Folmer, 2002), para impuestos que gravan la propiedad, el turno óptimo permanece invariable (Kula, 1988; Amacher *et al.*, 2009), e impuestos que gravan anualmente el valor de la tierra y la madera producirán reducciones en el turno óptimo (van Kooten y Folmer, 2002; Amacher *et al.*, 2009).

Para el caso de España, las aproximaciones a este problema han sido escasas, destacando el trabajo de Esteban *et al.* (2005) donde, tomando como ejemplo un clon de chopo, se analiza el turno óptimo introduciendo los aspectos fiscales en el análisis. Los resultados de ese trabajo muestran, en general, poca variación del turno antes o después de considerar los impuestos, a diferencia de la rentabilidad asociadas a dichas plantaciones. Sin embargo, los autores desconocen estudios que aborden los efectos de la propiedad sobre el turno óptimo por el diferente impacto impositivo dependiendo de la propiedad. El origen de la falta de neutralidad fiscal radica en que mientras los propietarios individuales particulares están sujetos a un tipo de impuestos (impuesto sobre bienes inmuebles de naturaleza rústica (IBI), impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas (IRPF) asociado a los aprovechamientos, impuesto sobre el valor añadido (IVA), impuesto sobre transmisiones patrimoniales y actos jurídicos do-

cumentados e impuesto sobre donaciones y sucesiones), la propiedad colectiva germánica está sujeta a otros (impuesto de sociedades, IRPF sobre reparto de dividendos entre copropietarios, IVA, impuesto sobre transmisiones patrimoniales e impuesto sobre actos jurídicos documentados, este último exclusivamente en el caso de permutas).

Tampoco son frecuentes los estudios en el ámbito forestal que consideran diferentes tipos de propiedad privada, esto es, individual o colectiva. En este trabajo, además de los montes de particulares (propiedad privada individual), tan abundantes en toda la geografía española, se va a considerar una forma específica de propiedad privada colectiva, como son los montes vecinales en mano común (MVMC). Los MVMC son montes privados, de naturaleza germánica, que pertenecen colectivamente a una comunidad, en su cualidad de grupos sociales y no como entidades administrativas. Las casi 3000 comunidades de MVMC existentes en Galicia totalizan 664.230 ha de superficie, aunque, como se puede deducir de la Tabla 1, sólo un 30 % de los mismos presentan un proyecto de ordenación. Sin embargo, una superficie muy pequeña de dichos MVMC (7,5 %) tiene su gestión certificada, a diferencia de los montes públicos, donde dicha cifra es más del doble.

Tabla 1. Principales características de los sistemas forestales en Galicia.
Table 1. Main characteristics of Galician forest systems.

Propiedad	Superficie	Superficie media por monte	Número de montes	Superficie con proyecto de ordenación	Superficie certificada (FSC + PEFC)
	(ha)	(ha)		(ha)	(ha)
Pública	55.109	239,6	230	19.703	10.041
Privada					
MVMC	664.230	200,6	3312	204.356	49.556
Particulares	1.206.309	1,7	–	8.578	–
Otros	9.545	268,7	37	502	–
Total	1.935.193			233.139	250.364

Fuente: elaboración propia a partir de Xunta de Galicia (2019) y de informaciones proporcionadas por las entidades certificadoras.

FSC: Forest Stewardship Council. PEFC: Programme for the Endorsement of Forest Certification. MVMC: Montes vecinales comunes.

Hasta lo que conocemos, no existen en la literatura estudios que hayan analizado el impacto de la fiscalidad en este tipo de propiedades. De hecho, no abundan trabajos vinculados con aspectos económicos que presenten a los MVMC como caso de estudio. Unas excepciones a este hecho se pueden encontrar en los trabajos de Soliño (2003a,b y 2004) donde se analiza, a través del método Delphi, el impacto de ciertas políticas forestales y ambientales en una amplia muestra de MVMC sitos en el Sur de Galicia. También en Gómez-

Vázquez *et al.* (2009), donde se analizan los conflictos asociados al manejo de estas superficies a través de las noticias publicadas en la prensa, o en Giménez *et al.* (2013), donde se toma como caso de estudio un MVMC para analizar posibles escenarios de gestión sostenible utilizando herramientas de optimización. Finalmente, en Caballero (2015) se aborda una visión de este tipo de propiedad utilizando herramientas de la economía institucional.

Por otro lado, se ha tenido en cuenta la posibilidad legal que existe desde el año 2014 en España (BOE, 2014) asociada a que los propietarios de forestaciones puedan recibir ingresos por parte de otros agentes económicos por el carbono atmosférico que secuestra en su predio. Aunque esta idea se pueda considerar relativamente reciente, desde el punto de vista científico se ha integrado la captura de carbono en la solución de Faustmann desde el seminal trabajo de van Kooten *et al.* (1995) que, además, también aborda aspectos fiscales en la determinación del turno óptimo.

Desde su introducción, a partir de la segunda mitad del siglo XIX (Silva-Pando y Pino-Pérez, 2016), las plantaciones de eucalipto en Galicia han experimentado una gran expansión, sobre todo en zonas costeras y utilizando como especie principal *Eucalyptus globulus* (González-Gómez y Olschewski, 2008; Vadell *et al.*, 2019). A pesar de esta expansión y de su importancia en la economía gallega (XERA, 2018), no son muy numerosos los estudios que analizan estas plantaciones desde una óptica económica. Algunos ejemplos de estos trabajos serían los de González-Gómez *et al.* (2013) y Álvarez-Díaz *et al.* (2015). Por último, conviene resaltar el hecho que las cortas de eucalipto en Galicia han ascendido en 2018 a cerca de 5,9 millones de metros cúbicos, lo que supone más del 60 % de todas las cortas realizadas en esta Comunidad y cerca del 30 % de las cortas a nivel nacional (Xunta de Galicia, 2019).

Como caso de estudio se elegirán las plantaciones de *Eucalyptus nitens*, que han experimentado una gran expansión en los últimos años (el volumen de cortas superó el millón de m^3 en 2017, XERA, 2018) y sobre las que no existen estudios económicos. Las razones que explican el aumento de estas plantaciones comprenden el elevado crecimiento volumétrico, los turnos reducidos y ventajas de orden fitosanitario (Pérez-Cruzado *et al.*, 2011). Para esta especie no se han encontrado estudios que analicen el turno económicamente óptimo en España, y los más cercanos serían los de Diaz-Balteiro y Rodriguez (2006) donde se analiza el turno óptimo de otro eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en Galicia bajo distintos escenarios.

El objetivo principal de este trabajo es estimar la influencia de la fiscalidad tanto en el turno económicamente óptimo como en la rentabilidad en plantaciones forestales privadas de *Eucalyptus nitens*, según varios escenarios en cuanto al tipo de propiedad, individual *versus* MVMC, y a la inclusión o no de proyectos de captura del carbono asociados a dichas plantaciones. En el siguiente apartado se expone la metodología utilizada, el caso de estudio analizado y los aspectos de la fiscalidad considerados en este trabajo. A continuación, se presentan los resultados, para finalizar con sendos apartados dedicados a la discusión de dichos resultados y a las principales conclusiones obtenidas.

Material y métodos

Metodología empleada

Para el cálculo del turno económicamente óptimo se va a adaptar la solución clásica de Faustmann al contexto que nos ocupa, siguiendo las hipótesis clásicas que se suelen tener en cuenta en este tipo de análisis (Kula, 1988; Romero, 1997 y 2012), y que se detallan a continuación:

– Hipótesis 1: Las producciones futuras de un rodal regular de esta especie son conocidas de antemano y se asume que no se modificarán en el futuro. Es decir, se asume que la productividad de la estación no varía y que el esfuerzo tecnológico asociado a la tecnología de su producción es constante en el tiempo.
– Hipótesis 2: La selvicultura propuesta también permanece invariable en el tiempo, no proponiéndose la realización de claras.
– Hipótesis 3: La madera se vende con los árboles en pie.
– Hipótesis 4: Los precios de la madera permanecen conocidos y constantes en el tiempo.
– Hipótesis 5: Se ha considerado una tasa de descuento real y constante en el futuro.
– Hipótesis 6: Los costes asociados a esta plantación son conocidos y permanecen constantes en el tiempo. Asimismo, una vez que se produce una corta final, la reforestación es realizada inmediatamente.
– Hipótesis 7: Se ha supuesto un entorno determinista, y por ello no se han considerado en el análisis la existencia de incendios, plagas u otros agentes que perturben el crecimiento de la plantación.
– Hipótesis 8: Se ha asumido que el objetivo de la propiedad es monocriterio: optimizar el rendimiento monetario de cada plantación y, sin considerar en el análisis otros servicios ecosistémicos que no presenten un precio de mercado.

Para aplicar esta metodología, en primer lugar, es preciso definir los siguientes componentes:

– $P_j(t)$: precio de la madera con un destino "*j*" expresado como una función del tiempo.
– $V_j(t)$: volumen de madera con un destino "*j*" expresado como una función del tiempo.
– i: tasa de descuento utilizada. Se va a asumir una tasa de descuento con acumulación continua de intereses.
– K: coste de la repoblación.
– S_l: flujos de caja asociados a operaciones selvícolas que se produzcan a lo largo de la vida de la plantación (T). Incluyen tanto pagos (desbroces, fertilizaciones, clareos, etc.) como cobros (claras, etc.). En nuestro caso, el modelo selvícola propuesto no incluye posibles ingresos intermedios.
– G: gastos anuales asociados a la plantación.
– R_m: flujos de caja asociados a posibles subvenciones recibidas por dicha plantación en cualquier momento de su ciclo.
– W_n: flujos de caja asociados al pago de los distintos impuestos considerados en el análisis.
– C_q: flujos de caja asociados a posibles ingresos por la captura de carbono a lo largo de la vida de la plantación.

Como es sabido, la solución de Faustmann busca maximizar el valor actual neto de la inversión subyacente, considerando infinitos ciclos de plantación (Romero, 1997). Generalizando esta solución al caso de las plantaciones forestales (Diaz-Balteiro *et al.*, 2014), con los distintos outputs considerados y los tratamientos selvícolas asociados, se puede afirmar que el turno óptimo se producirá a la edad donde el valor actual neto (VAN) de la inversión es máximo:

$$VAN = \frac{\sum_{j=1}^{j=T} P_j(t)V_j(t)e^{-it} - K - G\alpha - \sum_{l=1}^{l=T} S_l e^{-il} + \sum_{m=1}^{m=T} R_m e^{-im} - \sum_{n=1}^{n=T} W_n e^{-in} + \sum_{q=1}^{q=T} C_q e^{-iq}}{1 - e^{-iT}}$$

con:

$$\alpha = \frac{e^{(-i1)} \cdot (e^{(-iT)} - 1)}{(e^{(-i\cdot 1)} - 1)} \qquad (1)$$

La expresión (1) se corresponde a una generalización de la fórmula de Faustmann, y acudiendo a simples operaciones de cálculo

se puede obtener el turno óptimo (t^*) para el que el VAN sea máximo. Este VAN máximo es conocido en la literatura forestal como valor esperado del suelo (VES). Con la citada expresión se pueden abarcar la mayoría de los casos habitualmente presentes en las plantaciones forestales de carácter industrial, aunque en el caso que nos ocupa no se tendrán en cuenta posibles subvenciones, por no estar contempladas para esta especie en Galicia. La citada expresión (1) habría que modificarse, en la línea de lo propuesto por Diaz-Balteiro y Rodriguez (2006), si el caso de estudio corresponde a *Eucalytpus globulus* u otra especie donde se gestione el rebrote después de la primera corta.

Caso de estudio

Se compararán plantaciones de *Eucalyptus nitens* en dos tipos de propiedad privada: por una parte, una propiedad colectiva, como es el caso de un MVMC de 10 ha, y otra propiedad individual de 3 ha, superficie que se estima próxima al promedio para selvicultores interesados en esta especie. Obviamente, las plantaciones con estas dimensiones obtienen economías de escala respecto de una propiedad con tamaños menores, como es el caso del tamaño medio de las plantaciones de *Eucalyptus globulus* que se sitúa entre 1,5 y 2 ha, dividido en varias parcelas (Diaz-Balteiro *et al.*, 2009; Marey-Pérez y Rodríguez-Vicente, 2011). En la Tabla 2 se recogen los escenarios considerados según las distintas combinaciones de propiedad, la inclusión o no de impuestos o de proyectos de captura de carbono.

Al considerar los componentes de (1), lo primero que hay que disponer es de una curva de producción para la especie considerada. Para este estudio se ha considerado un modelo de producción elaborado a partir de medición de parcelas temporales a modo de cronosecuencia y modelización posterior de la pauta de crecimiento y producción según calidades de estación (Pérez-Cruzado *et al.*, 2012). El modelo considera productividades que varían, según lo observado en las parcelas, entre 10 m y 18 m de altura dominante a los 6 años. Se ha considerado en este caso una calidad intermedia, de 14 m (SI14 en la Tabla 2).

Tabla 2. Escenarios considerados.
Table 2. Scenarios considered.

Escenario	Impuestos	Propiedad	Carbono	Calidad de Estación
1	no	Propietario privado 3ha	no	SI14
2	no	Propietario privado 3ha	si	SI14
3	no	MVMC	no	SI14
4	no	MVMC	si	SI14
5	sí	Propietario privado 3ha	no	SI14
6	sí	Propietario privado 3ha	si	SI14
7	sí	MVMC	no	SI14
8	sí	MVMC	si	SI14

Fuente: elaboración propia.

MVMC: Montes vecinales en mano común.

Es preciso señalar que, aunque se han definido modelos de gestión orientados a varios destinos, en nuestro caso se siguió el modelo selvícola EN1 (DOG, 2014), con objetivo de producción de madera de trituración sin cortas intermedias.

La Tabla 3 recoge los distintos costes e ingresos asociados a una plantación de estas características, así como los precios tanto de la madera como de captura del carbono, aplicando principios de economía de escala. Para el cálculo de la rentabilidad de la inversión se utilizará una tasa real de descuento del 5 %, cifra acorde con el coste de capital necesario en la actualidad para poner en marcha este tipo de plantaciones, y ya utilizada en plantaciones de eucalipto en Galicia (Giménez *et al.*, 2013). Además, esta tasa se sitúa en la línea de lo apuntado por Soliño *et al.* (2018), ya que estos autores han mostrado que la tasa de descuento que implícitamente utilizan los propietarios en diversas opciones de forestaciones supera el umbral del 4 %. Por otro lado, se ha asumido para el precio de la madera una diferencia favorable para el caso del MVMC frente al propietario particular en función de la existencia de economías de escala. Este hecho se ha comprobado en las tarifas de las empresas que compran la madera. En cuanto a los proyectos de captura del carbono, y dado que subyace un acuerdo privado entre la propiedad y quién está interesado en ese carbono, a diferencia de otros trabajos (López-Covarrubias y Díaz Balteiro, 2017), se ha supuesto que una cantidad fija y próxima a la mitad del valor del carbono fijado por la plantación se abonará al inicio de la plantación, y la otra mitad en el momento de la corta final.

Tabla 3. Informaciones para el cálculo de los flujos de caja.
Table 3. Information for calculating cash flows.

Año	Concepto	Importe
0	Preparación del terreno (€/ha)	1252,8 (1)
0	Plantación (€/ha)	745,0 (1)
1	Reposición marras (€/ha)	88,4
1	Desbroce (€/ha)	269,0
3	Desbroce + abonado mantenimiento (€/ha)	700,0
5	Desbroce (€/ha)	205,0
Anual	Gastos de gestión y administrativos (€/ha)	11,3
	Economía de escala propiedades 10 ha (%)	-40
	Economía de escala propiedades 3 ha (%)	-16
	Precio madera en pie MVMC 10 ha (€/m^3)	28 (2)
	Precio madera en pie propietario individual 3 ha (€/m^3)	26,5 (2)
	Precio tonelada de carbono capturado (€/tC)	24,8 (3)

Fuente: (1) Tarifas de trabajos SEAGA (Servizos Agrarios Galegos, S.A) y SDCIF (Servicio de prevención y defensa contra incendios forestales), datos propietarios particulares. (2) Revista O Monte, distintos números. Tarifas precios de madera ENCE, 1 de enero 2019. (3) https://www.sendeco2.com/es/precios-co2.

Fiscalidad aplicada

Dada la importancia que presenta en este estudio los aspectos fiscales, se ha considerado oportuno segregar en un apartado la fiscalidad aplicada al caso de estudio, que se resume en la Tabla 4. El propietario individual de 3 ha no realiza declaraciones trimestrales de IVA y tributa el IRPF por el método de estimación objetiva (EO), en aplicación de la Orden HAC/1164/2019 (Ministerio de Hacienda, 2019). Recibe compensaciones de IVA por venta de madera del 12 %, abonando el IVA en los costes a una tasa del 10 %, en aplicación del Régimen Especial de la Agricultura Ganadería y Pesca (REAGP). El IBI se incluye en los costes anuales (G) en los escenarios correspondientes. Se ha cifrado el importe en 10,5 €/ha y año (ver Tabla 4), por lo que no se puede considerar su exención al superar los 6 €/ha y año.

La propiedad colectiva (MVMC) no está sujeta a ninguna contribución de base territorial, por lo que no tributa IBI. Sin embargo, las comunidades titulares de MVMC están sujetos al impuesto de sociedades, indicándose su régimen en el capítulo XV de la Ley 27/2014, de 27 de noviembre, del Impuesto sobre Sociedades (IS). El impuesto considera como base imponible los beneficios del ejercicio, que se calculan incluyendo los gastos de los últimos 15 años, minorados por las cantidades que se hayan dedicado a reinversiones. La cuota íntegra se determina con un tipo del 25 %. Se supondrá que la totalidad ingresada

Tabla 4. Impuestos considerados en el análisis.
Table 4. Taxes considered in the analysis.

Tipo propiedad	Impuesto Bienes Inmuebles (IBI)	Impuesto Valor Añadido (IVA)	Impuesto Renta Personas Físicas (IRPF)	Impuesto de Sociedades (IS)
Particular 3 ha	3,5 €/ha año [(1)]	12 % IVA compensatorio, 10 % de IVA sobre costes	IRN = 0,26 [(4)], -5 % reducción gral. rto. neto. -30% reducción por rentas irregulares para calcular rendimiento neto [(5)]	Exento
MVMC	Exento [(2)]	12 % IVA compensatorio, 10 % de IVA sobre costes [(3)]	16 % aplicado sobre los posibles repartos a comuneros tras abonar el IS	Compensación base imponible con gastos últimos 15 años. 25 % sobre ingresos no reinvertidos

Fuentes y supuestos: [(1)] Valor catastral medio en Lugo para terreno forestal con especies de crecimiento rápido = 685 €/ha. Tipo medio del IBI del 0,5 % para ayuntamientos de Lugo. [(2)] Montes vecinales en mano común (MVMC) exentos de impuestos de base territorial (Ley 13/1989 de Galicia). [(3)] Supuesto MVMC que no declara IVA, por no llegar a mínimo de 300.000 €/anuales de ingresos. [(4)] IRN (índice de rendimiento neto). Factor de 0,26 para eucaliptares (turno < 30 años). [(5)]Existen rendimientos regulares por cortas de madera (cortas con periodicidad <5 años).

se reparte entre los comuneros, con una tributación adicional de cada uno de ellos por IRPF (dividendos de sociedades), con un tipo medio igual al provincial (16 %, en datos proporcionados por la Agencia Tributaria).

La citada Tabla 4 contiene un conjunto de supuestos que conviene explicitar. En primer lugar, para el cálculo del IBI se ha supuesto un valor catastral medio para la provincia de Lugo en terrenos con especies de crecimiento rápido igual a 685 €/ha. Además, el tipo medio del IBI que se aplica en ayuntamientos de esta provincia es del 0,5 %. Según la legislación de los MVMC en Galicia, esta figura de propiedad está exenta de este impuesto. Siguiendo con los MVMC, se ha supuesto que no declaran IVA, por no llegar a mínimo de 300.000 €/anuales de ingresos. Pasando al IRPF, en cuanto al Índice de Rendimiento Neto (IRN) se ha tomado un valor de 0,26 para eucaliptares, al presentar un turno menor de 30 años. Finalmente, se ha considerado una reducción del 30 % para rendimientos irregulares, ya que no se cumple el criterio de que existan rendimientos regulares por cortas de madera con una periodicidad menor de 5 años.

Resultados

Los principales resultados se resumen en la Tabla 5. En concreto, se observa para cada uno de los ocho escenarios considerados, el turno económico óptimo y el VES. Con el fin de facilitar la lectura y comprensión de estos, se han mantenido la mayoría de las columnas incluidas en la Tabla 2.

Tabla 5. Resultados obtenidos para cada escenario.
Table 5. Results obtained for each scenario.

Escenario	Impuestos	Propiedad	Carbono	Turno (años)	VES (€/ha)
1	no	Propietario privado 3ha	no	14	5.400,9
2	no	Propietario privado 3ha	si	14	10.262,3
3	no	MVMC	no	14	7.016,5
4	no	MVMC	si	14	11.877,9
5	sí	Propietario privado 3ha	no	15	5.663,7
6	sí	Propietario privado 3ha	si	14	10.655,2
7	sí	MVMC	no	14	3.595,9
8	sí	MVMC	si	15	8.010,9
5ED	sí	Propietario privado 3ha	no	15	4.038,5

Fuente: elaboración propia.

VES: Valor esperado del suelo. MVMC: Montes vecinales en mano común.

Analizando en primer lugar los resultados sin considerar la inclusión de impuestos en el análisis, se observa cómo el turno económicamente óptimo se mantiene invariable en los 14 años. En cuanto al VES, conviene resaltar que es cerca de un 30 % superior en el caso de MVMC que cuando se analiza al propietario privado y una plantación de 3 ha.

Si se introduce en el análisis los escenarios con impuestos, se observa en primer lugar, un ligero alargamiento del turno óptimo (15 años) en dos de ellos, uno correspondiente a un propietario y otro a un MVMC. Sin embargo, al analizar el VES se producen resultados muy dispares si se considera un tipo de propiedad u otro. En efecto, mientras que para el propietario privado el VES incluso llega a aumentar levemente, para el MVMC el VES se reduce en cifras muy elevadas en comparación a los escenarios sin impuestos. Estas reducciones alcanzan casi el 49 % en el escenario 7.

En cuanto a la inclusión en el análisis de la captura de carbono, se observa que el turno varía un año en los escenarios que, considerando los impuestos, no incluyen dicha captura. Sin embargo, es en el VES donde el impacto es muy evidente. Si se comparan escenarios homólogos con y sin captura de carbono, se observan incrementos que oscilan entre un 69 % y un 123 % dependiendo de los escenarios considerados en cuanto al tipo de propiedad o la consideración de impuestos.

Discusión

En primer lugar, y en base a las hipótesis iniciales planteadas en este trabajo, conviene subrayar lo atractivo de esta inversión para el propietario forestal no industrial, con independencia de los escenarios que se han planteado, siempre que se considere un monte con, al menos, una productividad intermedia. En esta línea, conviene destacar que los resultados obtenidos proceden de fuentes contrastadas. Así, por el lado de los cobros se ha trabajado en todo momento con datos reales, aportados por propietarios forestales y la principal empresa consumidora. En cuanto a posibles variaciones en la producción, algunos estudios (Pérez-Cruzado *et al.*, 2012) afirman que salvo que las plantaciones presenten una calidad de estación muy desfavorable, estas plantaciones serían rentables, aun empleando tasas de descuento superiores a la que se ha empleado en este trabajo. Finalmente, por el lado de los pagos, se han empleado las tarifas de diversos organismos públicos gallegos, así como también de datos facilitados por los propietarios particulares.

Con el fin de comprobar cómo pueden afectar a las soluciones obtenidas en la Tabla 5 modificaciones en dos de los parámetros que más pueden afectar en la rentabilidad de una plantación, como son la tasa de descuento elegida y el precio de la madera, se ha realizado, *ceteris paribus*, un análisis de sensibilidad variando la tasa de descuento desde el 3 hasta el 8 % y para modificaciones en el precio de la madera: una ascenso del mismo (30 €/m^3), y un descenso (20 €/m^3). Los resultados se muestran en la Tabla 6 y se puede apreciar cómo con relación a la tasa de descuento se cumple la conocida relación inversa entre turno óptimo y la tasa de descuento: incrementos de esta tasa reducen el turno y viceversa. En cuanto a las modificaciones en el precio, si son alza apenas influye en el turno óptimo, pero si son a la baja provocan un alargamiento del turno óptimo en la mayoría de los escenarios considerados. Por último, para tasas de descuento mayores del 8 % algunos escenarios muestran que la inversión no es rentable.

Desde el punto de vista del turno económicamente óptimo, los resultados muestran leves modificaciones ante cambios en los escenarios propuestos. Así, sólo se han obtenido ligeras variaciones en el turno cuando se ha modificado la tasa de descuento de forma apreciable o cuando se reduce el precio de la madera (Tabla 6). En el caso de la propiedad colectiva se puede explicar esta inelasticidad por la imposibilidad de atribuir costes realizados con más de 15 años de antelación para reducir la base imponible. Comparando los resultados obtenidos con trabajos donde se analiza el impacto de la fiscalidad en el turno

Tabla 6. Análisis de sensibilidad para el turno óptimo y para el valor esperado del suelo (VES).
Table 6. Sensitivity analysis for optimal rotation age and land expectation value.

Análisis de sensibilidad para el turno óptimo (años)								
Escenario	BAU	i = 0,06	i = 0,07	i = 0,08	i = 0,04	i = 0,03	P = 30	P = 20
1	14	14	14	13	15	16	14	15
2	14	14	14	13	15	15	14	15
3	14	14	13	13	14	15	14	15
4	14	14	13	13	14	15	14	14
5	15	14	14	13	15	16	15	15
6	14	14	14	13	15	15	14	15
7	14	14	14	13	15	15	14	15
8	15	14	14	14	15	16	14	15
5ED	15	14	14	14	15	16	15	16
Análisis de sensibilidad para el Valor Esperado del Suelo (VES) (€/ha)								
Escenario	BAU	i = 0,06	i = 0,07	i = 0,08	i = 0,04	i = 0,03	P = 30	P = 20
1	5.400,9	3.544,5	2.248,7	1.321,6	8.326,0	13.313,2	6.883,5	2.718,5
2	10.262,3	7.664,3	5.848,9	4.529,7	14.284,9	21.112,5	11.744,9	7.562,5
3	7.016,5	4.894,0	3.444,3	2.386,8	10.259,0	15.877,6	8.710,8	4.482,3
4	11.877,9	9.013,8	7.041,8	5.594,9	16.251,1	23.722,4	13.572,3	9.336,3
5	5.663,7	3.662,9	2.276,4	1.284,0	8.787,0	14.137,0	7.247,6	2.722,1
6	10.655,2	7.893,3	5.964,0	4.566,7	14.933,8	22.201,0	12.274,7	7.704,4
7	3.595,9	2.203,8	1.233,6	546,6	5.781,4	9.492,5	4.791,5	1.841,2
8	8.010,9	6.011,0	4.627,6	3.617,7	11.083,7	16.297,7	9.188,4	6.257,0
5ED	4.038,5	2.454,9	1.376,4	590,2	6.481,6	10.709,3	5.334,3	1.649,4

Fuente: elaboración propia.

BAU: solución obtenida en la Tabla 5.

Los resultados del turno óptimo diferentes a la solución BAU se han sombreado.

óptimo de una plantación, se puede decir que éste es similar al obtenido por Esteban *et al.* (2005) analizando el caso de plantaciones de chopo en Castilla y Léon, donde sólo se considera el caso de un propietario forestal privado. Por otro lado, aunque en España no se dispone de datos de otros estudios similares, se pueden comparar los resultados aquí obtenidos con estudios similares cuando la especie considerada es *Eucalyptus globulus*. Así, siguiendo a Diaz-Balteiro y Rodriguez (2006), dicho turno está situado alrededor de

15 años, aunque conviene resaltar la diferencia existente entra ambas especies al aprovecharse el rebrote en el caso de *Eucalyptus globulus*. Por último, conviene resaltar que, como cabría esperar, el turno de 14 años obtenido en este trabajo para *Eucalyptus nitens* es inferior al turno técnicamente óptimo o de máxima renta en especie que, para esta calidad de estación y con la selvicultura propuesta, alcanza los 17 años. Cabe recordar que en este turno es donde se iguala el crecimiento medio y el crecimiento corriente de la masa.

Analizando los resultados con relación a las combinaciones de propiedad y los impuestos considerados, se perciben unas marcadas diferencias en el VES obtenido. Así, en primer lugar, llama poderosamente la atención cómo este indicador se incrementa al considerar los escenarios con impuestos en el caso del propietario privado (escenarios 5 y 6). Es decir, que, la introducción de una carga fiscal provoca un aumento en la rentabilidad del propietario. Aunque resulte sorprendente, la consideración de la fiscalidad en el método de EO resulta favorable para el propietario particular, principalmente por recibir el IVA compensatorio del 12 % en los ingresos por venta de madera y carbono. Con el fin de valorar esta situación tan favorable, se ha repetido el análisis considerando en este caso que el propietario no tributa por EO, sino por estimación directa simplificada. Los resultados en este nuevo escenario muestran un turno igual al escenario 5 (15 años), pero el VES se reduce en más de un 28 %, hasta alcanzar los 4.038,5 €/ha.

En definitiva, según se tribute con la combinación EO para el IRPF y REAGP para el IVA, o según estimación directa, las diferencias se pueden situar en más de un 20 % de los ingresos brutos obtenidos por la corta de la plantación, suponiéndose que no se sobrepasa el límite legal que permite acogerse a estas figuras impositivas. Esta circunstancia se muestra en la Figura 1, donde se recoge la influencia de los impuestos en el VES, integrando el escenario que corresponde a la estimación directa simplificada, que se ha denominado 5ED.

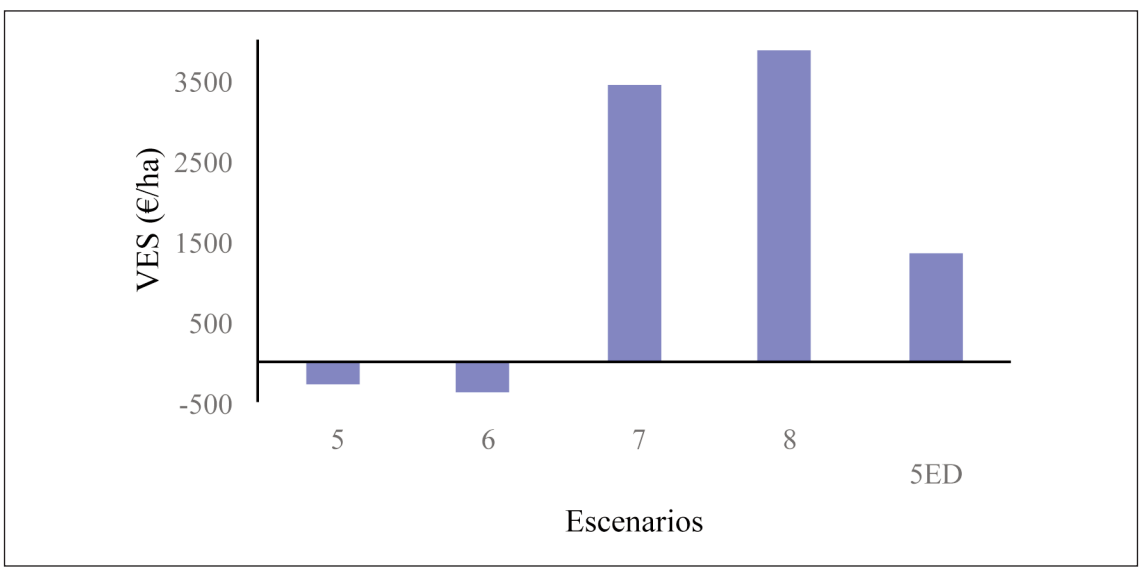


Figura 1. Influencia de los impuestos en el valor esperado del suelo (VES).
Figure 1. Influence of taxes in the land expectation value (VES).

Valores positivos suponen una disminución del VES motivado por la estructura impositiva recogida en el escenario seleccionado, y valores negativos serían incrementos en el VES a causa de los impuestos.

Cuando el aprovechamiento está vinculado a una propiedad colectiva, ésta tributa por el Impuesto de Sociedades (IS), además de los repartos a los comuneros que están gravados por el correspondiente IRPF, con lo que las reducciones en el resultado económico son muy relevantes, como se ha mostrado en la Tabla 5. Esta evidencia empírica justifica la escasa existencia de repartos de dividendos entre los comuneros, avalada por las informaciones disponibles al respecto.

Por otro lado, mientras que en los escenarios sin impuestos la rentabilidad era mayor cuando se consideraban propiedades colectivas (como efecto directo del factor de escala), al introducir éstos el descenso en la rentabilidad en términos de VES es muy notable. Así, la reducción del VES en estos escenarios (7 y 8) se cifra en más de dos veces el coste de la plantación. Analizando en su globalidad las consecuencias de la aplicación de distintos regímenes impositivos a una plantación de estas características se aprecia que el proteccionismo fiscal (siguiendo el concepto acuñado por Casquet y Gómez-Limón, 2001) es muy acusado al elegir EO frente a la ED. Sin embargo, este proteccionismo fiscal se pierde totalmente cuando analizamos los MVMC. Sin exponer juicios normativos sobre cómo debiera ser la fiscalidad en este tipo de propiedades, resulta evidente que existe una clara discriminación entre los dos tipos de propiedad analizados en este estudio.

Otro aspecto que debe ser tenido en cuenta es el impacto de la inclusión en el análisis de los ingresos asociados a la captura de carbono. En los distintos escenarios considerados, su huella es muy relevante, llegando a incrementar el VES alrededor de un 90 % en el caso del propietario privado, considerando o no los impuestos en el análisis. Sin embargo, el VES se ve todavía más incrementado cuando se incluye el carbono en escenarios de MVMC y con impuestos. Este incremento supera el 122 % al comparar el VES del escenario 7 al escenario 8. Una conclusión evidente a este hecho es que, si una MVMC quiere mitigar el impacto actual de la fiscalidad, estos proyectos son un camino factible.

Este trabajo se pretende extender en el futuro incluyendo otros posibles destinos de los productos, así como otras selviculturas. Asimismo, se pretende realizar un análisis similar para plantaciones de *Eucalyptus globulus*, con el fin de extraer conclusiones sobre la rentabilidad comparada de ambas especies, en función de diferentes calidades de estación, tipo de propiedad y otros factores comunes a ambas realidades.

Conclusiones

Se ha demostrado cómo la introducción de la fiscalidad en el análisis ha modificado muy levemente el turno económicamente óptimo obtenido sin tener en cuenta los impuestos. Analizando la rentabilidad de estas plantaciones, se observa que son rentables en todos los escenarios considerados para montes de productividad media, y con unos resultados elevados cuando se incluyen proyectos asociados a la captura de carbono.

El actual esquema de fiscalidad forestal favorece claramente a la propiedad individual que pueda combinar el régimen de la estimación objetiva (EO) para el IRPF y en el REAGP para el IVA, frente a la propiedad colectiva que debe tributar siguiendo el IS. La comparación arroja cifras superiores al 30 % de disminución de la rentabilidad en algunos escenarios. Por último, la inclusión de los proyectos asociados a la captura de carbono

sólo modifica levemente el turno óptimo en dos escenarios, pero produce un aumento de la rentabilidad muy significativo, sobre todo cuando se tratan de MVMC sujetos a la fiscalidad correspondiente.

Agradecimientos

Una versión inicial de este trabajo ha sido expuesta en el XII Congreso Español de Economía Agraria, celebrado del 4 al 6 de septiembre en Lugo. Los autores agradecen las informaciones aportadas por distintos propietarios, en especial a D. Secundino Vázquez Fra. Por otro lado, y en relación con las superficies de MVMC certificadas, los autores agradecen los datos proporcionados por Arantza Pérez Oleaga (PEFC) y Marcos Estévez y Silvia Martínez (FSC). Por otro lado, los autores agradecen muy sinceramente los comentarios realizados por dos revisores anónimos que, sin duda, han contribuido a mejorar notablemente este manuscrito. Obviamente, cualquier error u omisión es responsabilidad de los autores.

Referencias bibliográficas

Álvarez-Díaz M, González-Gómez M, Otero-Giraldez MS (2015). Detecting the socioeconomic driving forces of the fire catastrophe in NW Spain. European Journal of Forest Research 134: 1087-1094. https://doi.org/10.1007/s10342-015-0911-1

Amacher GS, Ollikainen M, Koskela E (2009). Economics of Forest Resources, pp. 30-35. MIT Press, Cambridge.

BOE (2014). Real Decreto 163/2014, de 14 de marzo, por el que se crea el registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono. Boletín Oficial del Estado, núm. 77, de 29 de marzo de 2014, pp. 27437-27452.

Caballero G (2015). Community-based forest management institutions in the Galician communal forests: A new institutional approach. Forest Policy and Economics 50: 347-356. https://doi.org/10.1016/j.forpol.2014.07.013

Casquet E, Gómez-Limón JA (2001). La aplicación del IRPF a la actividad agraria. Comparación cuantitativa de los sistemas de Estimación Directa y de Estimación Objetiva por Módulos. Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetales 16: 213-235.

Diaz-Balteiro L, Rodriguez LCE (2006). Optimal rotations on *Eucalyptus* plantations including carbon sequestration – A comparison of results in Brazil and Spain. Forest Ecology and Management 229: 247-258. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.04.005

Diaz-Balteiro L, Bertomeu M, Bertomeu M (2009). Optimal harvest scheduling in Eucalyptus plantations. A case study in Galicia (Spain). Forest Policy and Economics 11: 548-554. https://doi.org/10.1016/j.forpol.2009.07.005

Diaz-Balteiro L, Romero C, Rodriguez LCE, Nobre SR, Borges JG (2014). Economics and management of industrial forest plantations. En: (Eds. Borges JG, Diaz-Balteiro L, McDill ME, Rodriguez LCE): The Management of Industrial Forest Plantations. Theoretical Foundations and Applications, pp. 121-170. Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-8899-1_5.

DOG (2014). ORDEN de 19 de mayo de 2014 por la que se establecen los modelos silvícolas o de gestión forestal orientativos y referentes de buenas prácticas forestales para los distritos forestales de Galicia. Diario Oficial de Galicia, núm. 106, de 5 de junio de 2014, pp. 25488-25515.

Esteban V, Casquet E, Díaz-Balteiro L (2005). El turno financiero óptimo al introducir la fiscalidad en el análisis. Aplicación a las choperas de Castilla y León. Investigaciones Agrarias: Sistemas y Recursos Forestales 14: 122-136. https://doi.org/10.5424/srf/2005141-00878

Faustmann M (1849). Berechung des Wertes welchen Waldboden sowie noch nicht haubare Holzbestände für die Waldwirtschaft besitzen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 15. Reim-

preso en: Faustmann M (1995). Calculation of the value which forest land and immature stands possess for forestry. Journal of Forest Economics 1: 7-44.

Giménez JC, Bertomeu M, Diaz-Balteiro L, Romero C (2013). Optimal harvest scheduling in *Eucalyptus* plantations under a sustainability perspective. Forest Ecology and Management 291: 367-376. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.11.045

Gómez-Vázquez I, Álvarez-Álvarez P, Marey-Pérez MF (2009). Conflicts as enhancers or barriers to the management of privately owned common land: A method to analyze the role of conflicts on a regional basis. Forest Policy and Economics 11: 617-627. https://doi.org/10.1016/j.forpol.2009.09.001

González-Gómez M, Olchewski R (2008). Die Wertschätzung forstwirtschaftlicher Flächennutzung in der Küstenregion Spaniens und Portugals/ (Valuation of forest land uses in the coastal region of Spain and Portugal). Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 179: 219-225.

González-Gómez M, Alvarez-Díaz M, Otero Giráldez MS (2013). Estimating the long-run impact of forest fires on the eucalyptus timber supply in Galicia, Spain. Journal of Forest Economics 19: 149-161. https://doi.org/10.1016/j.jfe.2012.12.002

Kula E (1988). The Economics of Forestry: Modern Theory and Practice, pp. 148-151. Croom Helm, London.

López-Covarrubias D, Díaz Balteiro L (2017). Proyectos de absorción de carbono en forestaciones: rentabilidad e implicaciones en cuanto a su gestión. Montes 130: 26-30.

Marey-Pérez MF, Rodríguez-Vicente V (2011). Factors determining forest management by farmers in northwest Spain: Application of discriminant analysis. Forest Policy and Economics 13: 318-327. https://doi.org/10.1016/j.forpol.2011.03.008

Pérez-Cruzado C, Merino A, Rodríguez-Soalleiro R (2011). A management tool for estimating bioenergy production and carbon sequestration in *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus nitens* short rotation woody crops in north-western Spain. Biomass and Bioenergy 35: 2839-2851. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.03.020

Pérez-Cruzado C, Mohren GMJ, Merino A, Rodríguez-Soalleiro, R (2012). Carbon balance for different management practices for fast growing tree species planted on former pastureland in southern Europe: a case study using the CO_2Fix model. European Journal of Forest Research 131: 1695-1716. https://doi.org/10.1007/s10342-012-0609-6

Romero C (1997). Economía de los Recursos Ambientales y Naturales (2ª ed.). Alianza Economía, Madrid.

Romero C (2012). Short communication. Economics of natural resources: in search of a unified theoretical framework. Spanish Journal of Agricultural Research 10: 29-33. https://doi.org/10.5424/sjar/2012101-329-11

Samuelson PA (1976). Economics of forestry in an evolving society. Economic Inquiry 14: 466-492. https://doi.org/10.1111/j.1465-7295.1976.tb00437.x

Silva-Pando FJ, Pino-Pérez R (2016). Introduction of *Eucalyptus* into Europe, Australian Forestry 79: 283-291. http://dx.doi.org/10.1080/00049158.2016.1242369

Soliño M (2003a). Programas forestales en las comunidades de montes vecinales en mano común en la Red Natura 2000: un análisis Delphi. Revista Galega de Economía 12: 1-22.

Soliño M (2003b). Nuevas políticas silvo-ambientales en espacios rurales de la Red Natura 2000: una aplicación a la región atlántica de la Península Ibérica. Investigaciones Agrarias: Sistemas y Recursos Forestales 12: 57-72.

Soliño M (2004). La necesidad de participación en el diseño de nuevas políticas ambientales. Revista de Estudios Agrosociales y Pesqueros 203: 161-186. http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.166001

Soliño M, Oviedo JL, Caparrós A (2018). Are forest landowners ready for woody energy crops? Preferences for afforestation programs in Southern Spain. Energy Economics 73: 239-247. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.05.026

Vadell E, De Miguel S, Pemán J (2019). La repoblación forestal en España: las especies utiliza-

das desde 1877 a partir de las cartografías forestales. Historia Agraria 77: 107-136. https://doi.org/10.26882/histagrar.077e05v

van Kooten GC, Binkley CS, Delcourt G (1995). Effect of carbon taxes and subsidies on optimal forest rotation age and supply of carbon services. American Journal Agricultural Economics 77: 365-374. https://doi.org/10.2307/1243546

van Kooten GC, Folmer H, (2002). Land and Forest Economics pp. 304 UBC Press, Vancouver.

Wagner JE (2012). Forestry Economics. A Managerial Approach, pp. 258-264. Routledge, New York.

XERA (2018). La Cadena Forestal - Madera en Galicia 2017. Axencia Galega da Industria Forestal. Consellería de Economía e Industria. Universidade de Vigo. J. Picos (coord.). 54 pp.

Xunta de Galicia (2019). Anuario de Estatística Forestal de Galicia 2018. Consellería do Medio Rural. Dirección Xeral de Planificación e Ordenación Forestal. Santiago de Compostela. Disponible en: https://mediorural.xunta.gal/sites/default/files/publicacions/2019-10/2019_AEF_Visualizacion.pdf (consultado el 30 de julio de 2020).

(Aceptado para publicación el 16 de septiembre de 2020)

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

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

Los premios se regirán de acuerdo a las siguientes

BASES

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

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

INSCRIPCIÓN EN AIDA

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

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

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

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

En _____ , a ___ de _____ de 20__

Firma:

FORMA DE PAGO (COUTA ANUAL: 50 EUROS)

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

DOMICILIACION BANCARIA

Sr. Director del Banco/Caja

Muy Sr. mío,

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

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

Atentamente,

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

PROTECCIÓN DE DATOS

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

AUTORIZACIONES

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

* Debe responder a estar cuestiones obligatoriamente.

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

SE INFORMA

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

Nombre y apellidos del Socio:

DNI:

Representante legal (si lo hubiere):

DNI:

En _____ , a ___ de _____de 20___

FIRMA DEL SOCIO:

NORMAS PARA LOS AUTORES (actualizado marzo de 2021)

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

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

1. Envío de manuscritos y evaluación

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

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

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

2. Tipos de manuscritos

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

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

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

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

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

3. Preparación del manuscrito

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

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

Todos los manuscritos incluirán, en la primera página:

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

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

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

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

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

Ejemplo:

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

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

*autor para correspondencia: gpardos@aragon.es

El manuscrito incluirá a continuación:

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

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

En inglés: Título del artículo, Resumen, Palabras clave

4. Apartados del manuscrito

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

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

  *un autor (Padilla, 1974)

  *dos autores (Vallace y Raleigh, 1967)

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

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

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

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

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

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

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

Artículo

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

Capítulo de libro

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

Libro

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

Acta de congreso

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

Fuente electrónica

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

Documento oficial

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

Leyes / Reglamentos

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

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

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

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

Ejemplo de tabla:

Tabla 3. Tarjetas de productos hipotéticos expuestos a los encuestados

Table 3. Hypothetical products cards shown to those surveyed

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

Fuente: Diaz *et al.* (2013)

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

5. Normas de estilo

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

Volumen 117
Número 3
Junio 2021

itea
información técnica económica agraria

www.aida-itea.org
REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO

