itea

información técnica económica agraria

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO



Volumen 113
Número 4
Diciembre 2017

AIDA

www.aida-itea.org

itea

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

2017- AÑO XLVIII Vol. 113 N.º 4 http://dx.doi.org/10.12706/itea	**DIRECCIÓN Y REDACCIÓN** Avda. Montañana, 930 50059 ZARAGOZA (ESPAÑA) Tel.: 34-976 716305 Fax.: 34-976 716335 E-mail: cmmarin@aragon.es	Depósito legal: Z-577-82 ISSN: 2386-3765 INO Reproducciones, S.A. Pol. Malpica, calle E, 32-39 (INBISA II, nave 35) 50016 Zaragoza

DIRECTOR: Clara Mª Marín, CITA de Aragón. España
SUBDIRECTOR: Pilar Andreu, EEAD Zaragoza. España
EDITORES CIENTÍFICOS: Alfonso Abecia, Universidad de Zaragoza. España
Alicia Cirujeda, CITA de Aragón. España
Ramón Isla, CITA de Aragón. España
Ana Isabel Sanjuán, CITA de Aragón. España
Albina Sanz, CITA de Aragón. España

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

COMITÉ DE REDACCIÓN: Javier Álvarez, Universitat de Lleida. España
Jorge Álvaro, EEAD Zaragoza. España
Arancha Arbeloa, EEAD Zaragoza. España
Carlos Calvete, CITA de Aragón. España
Fernando Escriu, CITA de Aragon. 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 • Mª Teresa Muiño, Universidad de Zaragoza, España • Julio Olivera, Universidad de la República, Uruguay • César Revoredo-Giha, SAC, Reino Unido • Ricardo Revilla, España • José Antonio Rubio, ITACYL, España
Pierre Sans, École Nationale Vétérinaire de Toulouse, Francia • Guillermo Studdert, Universidad del Mar del Plata, Argentina • Alfredo Teixeira, Escola Superior Agrária de Bragança, Portugal • Luis Varona, Universidad de Zaragoza, España

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

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



Foto y texto: Javier Rodrigo

Yemas florales de albaricoquero (*Prunus armeniaca L.*) en los días previos a la floración.

Las heladas primaverales son uno de los principales limitantes de la producción en muchos frutales de hueso y pepita en algunas zonas de cultivo. Aunque los daños ocasionados por las heladas normalmente están asociados a floración, también son importantes los efectos sobre las yemas florales. Tras la salida del reposo, las yemas pierden gradualmente la resistencia a las bajas temperaturas. Las heladas en este estado pueden afectar gravemente al pistilo que aún no ha completado su desarrollo, provocando lesiones que provocan el desprendimiento prematuro de la yema. Los daños de las heladas producidas al final del invierno y al inicio de la primavera suelen ser más importantes que los causados por el frío invernal. Los días previos a la floración son un periodo especialmente sensible, en el que incluso heladas poco severas pueden ocasionar grandes daños y disminuir significativamente la cosecha.



La **Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario**, dentro de sus actos del Cincuentenario, se complace en invitarle a la conferencia impartida por *Dña. Emilia Puig Amorós*:

La Mujer en la Ciencia: vivencias personales y profesionales

Dña. Emilia Puig Amorós, Ingeniera Agrónoma especializada en Economía Agraria, fue la primera Presidenta de AIDA, así como la primera mujer investigadora del CITA, con más de 40 publicaciones científicas recogidas en su *curriculum vitae*.

Día de la Conferencia: *Jueves, 14 diciembre 2017*

Hora: *11:00 h*

Lugar: *Salón Actos del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza (IAMZ)*
Avda. Montañana, 1005, 50059 Zaragoza

Editorial

Reflexionando sobre el futuro

Diez años atrás (en 2007, se publicaba **La estrategia española de cambio climático y energía limpia**), muy poca gente estaba informada sobre toda la problemática que supondría dicho *cambio climático* ni se le concedía suficiente credibilidad. Y en esa percepción de incredulidad –desde mi punto de vista de simple divulgador agrario–, también se encontraban muchos técnicos e investigadores de nuestro sector. Tampoco el presidente de gobierno de turno lo admitía públicamente, basándose en los informes de un familiar "bien enterado".

En la actualidad, en círculos minoritarios, ecologistas, etc., se habla además, de una cercana crisis energética, primero por la escasez progresiva del petróleo y luego por su agotamiento, que nos llevará a una crisis global (***colapso***) de *nuestra civilización de energía barata (centrada en el petróleo)* y de allí, forzosamente a un ***decrecimiento global***, de graves consecuencias en todos los órdenes de la sociedad (política, economía, alimentación, transporte, supervivencia de poblaciones, etc.). Tampoco los medios informativos, de ningún tipo, plantean en la actualidad este género de noticias, ni por supuesto, es considerada por la clase política.

Puede creerse o no en estas hipótesis verosímiles, pero como bien indican sus autores, no hay que olvidar que estos combustibles fósiles –además del petróleo, el carbón y el gas– no son renovables, y por tal motivo son limitados. Su consumo seguirá creciendo, en especial en los países BRICS (Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica), aunque los países más desarrollados decidieran frenarlo y pudieran reducirlo. También apoyaría estas hipótesis, el concepto de *la huella ecológica* que nos indica que hemos superado la capacidad de nuestro planeta de regenerar nuestra acción depredadora sobre los recursos renovables. La mayor duda es conocer a qué plazo se presentará esa crisis energética.

Siendo que cada vez parece más aceptada la realidad del cambio climático, y su relación con el ingente consumo de combustibles fósiles en los diversos sectores productivos (transporte, industria, vivienda, agricultura intensiva, etc,) y la paralela emisión de gases de efecto invernadero, podríamos imaginar que se actuase con rapidez y consenso mundial (...?) para frenar el cambio climático, y condujera a una reducción del consumo de dichos combustibles fósiles y al incremento de las energías renovables (fundamentalmente solar y eólica). Pero he aquí, que de nuevo se plantean mayoritariamente hipótesis pesimistas (también alguna optimista), de que estas energías renovables no alcanzarían siquiera la cobertura de un 40% del actual consumo energético, y llevarían forzosamente al citado *decrecimiento global.*

De materializarse todas estas preocupantes hipótesis, ¿Podríamos imaginar en qué quedaría la agricultura industrializada de los monocultivos (soja, cereales, palma...), de las ingentes cantidades de alimentos que se mueven de un continente a otro, de toda esa ganadería intensiva que consume esos cereales y proteaginosas, o de esos intensivos y/o forzados cultivos hortofrutícolas, cuyas producciones se comercializan a cientos de kilómetros... ¿Y si la energía fuese tan escasa, que volviésemos a una agricultura de subsistencia como a principios del siglo XX?. Así de grave se llega a imaginar el retroceso.

Ante el planteamiento en este momento, del agotamiento del petróleo y resto de combustibles fósiles, e incluso de otras importantes materias primas, así como la consecuente y terrible crisis en todas sus versiones, lo habitual, –incluso en personas bien informadas– es rechazar tal posibilidad indicando que la ciencia y la tecnología resolverán en su momento dichos problemas. Igualmente podemos escuchar, que es responsabilidad de los políticos, y que nada o casi nada puede hacerse a nivel individual.

También debo indicar que los autores de las referencias (pesimistas) que anticipan a corto o medio plazo el colapso energético, no pierden la esperanza a pesar de la gravedad de dichas crisis, sino que plantean la necesidad de un cambio radical y urgente de nuestra civilización. Como resumen de todas las consideraciones anteriores podríamos incluir dos párrafos tomados del manifiesto "última llamada":

— *La sociedad productivista y consumista no puede ser sustentada por el planeta. Necesitamos construir una nueva civilización capaz de asegurar una vida digna a una enorme población humana (hoy más de 7.200 millones), aún creciente, que habita un mundo de recursos menguantes.*

— *Necesitamos una sociedad que tenga como objetivo recuperar el equilibrio con la biosfera, y utilice la investigación, la tecnología, la cultura, la economía y la política para avanzar hacia ese fin. Necesitaremos para ello toda la imaginación política, generosidad moral y creatividad técnica que logremos desplegar.*

Y termino ya, centrándome únicamente en el aspecto de la investigación agroalimentaria donde se desenvuelve nuestra revista ITEA, planteando las siguientes cuestiones: ¿Se conoce alguna prospección –dentro de la investigación agroalimentaria, europea o española– que recoja la problemática que se ha reseñado? ¿Qué credibilidad se le puede atribuir…? ¿Será mejor esperar a la presentación de dichas crisis para reaccionar –tal como ha ocurrido frente al cambio climático–, o por el contrario, se debería de estudiar ya, desde este momento, la estrategia investigadora sobre esa posible y radicalmente distinta situación…? ¿Acaso no somos responsables de la herencia que dejaremos a las siguientes generaciones?

¿Alguien puede responder…?

F. Orús Pueyo (octubre de 2017)

Bibliografía

La apuesta por el decrecimiento (2008), de Serge Latouche (edición francesa, 2006).

La transición energética del siglo XXI (TE21). El colapso es evitable (2013), de R. Sans Rovira y E. Pulla Escobar.

En la espiral de la energía (2014). Volúmenes, I y II, de R. Fernández Durán y L. González Reyes.

Manifiesto "Ultima llamada" (2014). www.ultimallamada.org

Colapso (2016), de Carlos Taibo.

En defensa del decrecimiento (2017), de Carlos Taibo.

Sumario

Producción Vegetal

Biopreparados de *Trichoderma* spp. para el control biológico de *Phytophthora capsici* en el cultivo de tomate de Puebla, México.
Trichoderma *spp. biopreparates for the biological control of* Phytophthora capsici *in the tomato crop of Puebla, Mexico.*
O. Romero-Arenas, J.L. Amaro, M.A. Damián, M.A. Valencia de Ita, A. Rivera y M. Huerta 313

Fenólicos solubles de tipo flavonoide y capacidad antioxidante en genotipos criollos pigmentados de maíz (*Zea mays*).
*Flavonoid type soluble phenolics and antioxidant capacity in creole pigmented maize (*Zea mays*) genotypes.*
V.L. Quintanilla-Rosales, K. Galindo-Luna, F. Zavala-García, J.A. Pedroza-Flores, J.B. Heredia, V. Urías-Orona, M.D. Muy-Rangel y G. Niño-Medina 325

Producción Animal

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.
Characterization of feeding models used on dairy farms in Asturias (Spain): influence on milk performance.
C. Santiago, F. Vicente, J.D. Jiménez-Calderón, A. Soldado y A. Martínez-Fernández 335

Estado reproductivo de las ganaderías de vacuno lechero en el Principado de Asturias (España).
Reproductive state of dairy cow sector in the Principality of Asturias (Spain).
J.D. Jiménez-Calderón, F. Vicente, A. Carballal y A. Martínez-Fernández 347

Efecto del tipo de forraje y la inclusión de quebracho en la dieta de ovejas lactantes sobre sus rendimientos productivos.
Effect of forage type and the inclusion of quebracho in the diet of lactating ewes on their performances.
S. Lobón, A. Sanz, M. Blanco y M. Joy 359

Economía Agraria

¿Habilidades emocionales o cognitivas? El rol de la inteligencia emocional en las decisiones de compra de alimentos con declaraciones nutricionales.
Emotional abilities or Cognitive abilities? The role of emotional intelligence in food purchase decisions with nutritional claims.
B. López-Galán y T. de-Magistris 376

Biopreparados de *Trichoderma* spp. para el control biológico de *Phytophthora capsici* en el cultivo de tomate de Puebla, México

O. Romero-Arenas[1], J.L. Amaro[1,*], M.A. Damián[1], M.A. Valencia de Ita[1], A. Rivera[2] y M. Huerta[3]

[1] Centro de Agroecología, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP); Edificio VAL 1, Km 1,7 carretera a San Baltazar Tetela, San Pedro Zacachimalpa, 72960, Puebla, México E-mail: biol.ora@hotmail.com, farpetch@hotmail.com, damianhuato@hotmail.com, mavi1179@outlook.es

[2] Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas, ICUAP-BUAP; Edificio 103-J, Ciudad Universitaria. 72570, Puebla, México. E-mail: jart70@yahoo.com

[3] Departamento de Desarrollo Sustentable ICUAP-BUAP; Edificio IC 2, Ciudad Universitaria. 72570, Puebla, México. E-mail: batprofessor@hotmail.com

Resumen

Los problemas y limitaciones del control de enfermedades fúngicas mediante el uso de fungicidas hacen que el control biológico de hongos fitopatógenos se presente como un método de control alternativo en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) en invernadero, la cual está limitada por la incidencia del oomycete *Phytophthora capsici*, siendo una de las enfermedades más destructivas a nivel mundial. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de cuatro bio-fungicidas elaborados a base de cepas nativas del genero *Trichoderma* contra *P. capsici* en la producción de tomate, denominado en la región "jitomate" variedad Ramses, en condiciones de invernadero en sistema de camas. El biofungicida a base de *T. harzianum* presentó los mejores resultados promedios con una supervivencia de 76,4% y un rendimiento promedio de 27% mayor al grupo control. Todos los tratamientos con biopreparados presentaron mayor altura de la planta y biomasa final que el tratamiento control. Así, el tratamiento control mostró una mortalidad del 54%, con un rendimiento promedio de 11% menor al de los biopreparados con cepas nativas de *Trichoderma* spp. y mayor al tratamiento inoculado con *P. capsici,* que presentó la mayor incidencia "enfermedad" (40%), la menor supervivencia (26,3%) y un descenso de rendimiento de fruto del 64% respecto al control.

Palabras clave: Antagonismo, invernadero, fitopatógeno, rendimiento, incidencia, severidad.

Abstract

***Trichoderma* spp. biopreparates for the biological control of *Phytophthora capsici* in the tomato crop of Puebla, Mexico**

The problems and limitations of the control of fungal diseases through the use of fungicides make the biological control of phytopathogenic fungi present as an alternative control method in the production of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* M.) in greenhouse, which is limited by the incidence of oomycete

* Autor para correspondencia: farpetch@hotmail.com

http://doi.org/10.12706/itea.2017.019

Phytophthora capsici, being one of the most destructive diseases worldwide. The objective of this study was to evaluate the effect of four bio-fungicides based on native strains of the genus *Trichoderma* against *P. capsici*, in the tomato production, called in the region "jitomate" variety Ramses, in greenhouse conditions in bed system. The bio-fungicide based on *T. harzianum* presented the best average results with a survival of 76.4% and an average yield of 27% greater than the control group. All treatments with bioprepared had higher plant height and final biomass than the control group. Thus, the control treatment showed a 54% mortality, with an average yield of 11% lower than that of the biopreparates with native strains of *Trichoderma* spp. and greater than the inoculated treatment with *P. capsici*, which presented the highest incidence "disease" (40%), the lowest survival (26.3%) and a 64% decrease in fruit yield compared to the control.

Keywords: Antagonism, greenhouse, phytopathogen, yield, incidence, severity.

Introducción

La seguridad alimentaria se ve amenazada por la disminución en el rendimiento de los sistemas de producción agrícola, siendo una amenaza recurrente las enfermedades causadas por hongos fitopatógenos con origen en suelo en los cultivos agrícolas (Huerta-Lara *et al.,* 2009). Bautista *et al*. (2010) mencionan que los principales hongos fitopatógenos presentes en hortalizas son: *Pythium* spp, *Fusarium* spp y *Rizhoctonia* spp., además del oomiceto *Phytophthora capsici* que, en conjunto, atacan la raíz y tallo induciendo marchitez, pudrición, enanismo, tizones y manchas foliares, que provocan desde disminuciones del 60% del rendimiento hasta la pérdida total de los cultivos.

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) se cultiva en todo tipo de suelos para uso familiar y comercial (Adekiya y Agbede, 2016). En el año 2013, la extensión que ocupó el cultivo del tomate a nivel mundial fue de 4 734 000 hectáreas, con una producción de 163 millones de toneladas; donde China es el primer productor con 50 millones de toneladas, seguido por India con 18 millones de toneladas, Estados Unidos con 12 millones de toneladas. México se ubica en la décima posición con 3 282 millones de toneladas (FAOSTAT, 2013).

En México, las estadísticas del Sistema de Información Agropecuaria, reportaron que en el año 2014 se sembraron 52 374 hectáreas de tomate con una producción de 2 875 164 toneladas, con un valor de 15 735 millones de pesos. En tanto, datos del Sistema Producto indicaron que las exportaciones ascendieron a 20 mil millones de pesos, siendo Estados Unidos y Canadá los primeros compradores; donde los principales productores fueron Sinaloa con 867 832,04 toneladas, San Luis Potosí con 196 011,25 toneladas y Michoacán con 169 768,98 (SIAP-SAGARPA, 2014; SAGARPA, 2015).

En esta perspectiva, el cambio tecnológico (cubierta plástica) ha reclamado más mano de obra, por ejemplo: en 1991 para la producción de tomate a cielo abierto se requerían 122 jornadas de trabajo por hectárea (Zuloaga, 1994) y para 2010 fue de 199 jornadas en invernadero; cabe mencionar que en este periodo se redujo a 22,5 mil hectáreas la superficie cosechada de tomate a cielo abierto (Barrón, 2013). Por lo que Avedaño-Ruiz (2008) menciona que existe una pérdida de competitividad que se asocia a los repetidos brotes epidemiológicos que han provocado el cierre de la frontera, afectando fuertemente a los productores de tomate. Cabe destacar que, en México, el uso de tecnologías como el invernadero y micro túnel contrarrestan las tendencias negativas en el cultivo del tomate (Sánchez del Castillo *et al*., 2009; Galindo *et al*., 2015). La producción de tomate bajo condi-

ciones de invernadero durante el año 2014 representó el 26,2% nacional, con rendimientos promedios de 171,82 toneladas por hectárea, donde el Estado de Puebla ocupó el decimocuarto lugar con un rendimiento promedio de 75 219,09 toneladas de tomate por hectárea (SIAP-SAGARPA, 2014).

La producción de tomate en invernadero está limitada por la enfermedad conocida como pudrición basal del tallo o maya, causada por el oomycete *Phytophthora capsici* Leonian (Kim *et al*., 2008). La enfermedad se presenta en raíces, tallos, hojas y frutos (Kim *et al*., 1997), siendo una de las enfermedades más destructivas a nivel mundial (Hausbeck y Lamour, 2004). El patógeno causa pudrición de las raíces de la planta y lesiones negras en el tallo; circulares, acuosas y de color café grisáceo en las hojas, cubiertas de esporangios blancos en los frutos (Ristaino y Johnston, 1999).

La forma de combate de *P. capsici* bajo el sistema de producción convencional se realiza principalmente con la aplicación de fungicidas de síntesis química, sin embargo, Fernández-Herrera *et al.* (2007) menciona que, el constante uso de estos agroquímicos dentro del mismo sistema de producción causa inestabilidad ya que generan resistencia de los patógenos a estos productos, cuyo uso indiscriminado; según Zavaleta-Mejía (1999), ha hecho persistir sustancias tóxicas que impactan negativamente en los agroecosistemas y dada la exposición e ingesta de residuos provenientes de alimentos contaminados inciden en la salud humana. Dada la insostenibilidad a consecuencia de los altos costos económicos, ecológicos y sociales provocados por el uso de fungicidas en el control fitosanitario, se hace necesario desarrollar tecnologías que permitan de forma fácil, económica y efectiva obtener productos a partir de microorganismos endógenos con calidad y cantidad suficiente para su aplicación en áreas de cultivo (De los Santos-Villalobos *et al.*, 2012). Dado lo anterior, el control biológico surge en respuesta como nueva tecnología para el control y manejo de plagas y enfermedades; entre los agentes más importantes para el control de hongos fitopatógenos se encuentran los hongos pertenecientes al género *Trichoderma*, que son capaces de controlar un amplio número de hongos que afectan a las plantas de interés agrícola (Amaro-Leal *et al*., 2016).

Los mecanismos por los que las cepas del género *Trichoderma* desplazan al fitopatógeno son fundamentalmente de tres tipos: a) Competición directa por el espacio o por los nutrientes (Elad y Chet, 1987; Belanger *et al.,* 1995), b) Producción de metabolitos antibióticos, ya sean de naturaleza volátil o no volátil (Chet *et al.,* 1997; Sid *et al.,* 2003) y, c) parasitismo directo de algunas especies de *Trichoderma* spp (Ezziyyani *et al*., 2004).

En la presente investigación se evaluó un biofungicida con registro MX/a/2016/012860 de patente ante el Instituto Mexicano de Propiedad Industrial (IMPI), para la producción de tomate (*Lycopersycon esculetum* Mill) variedad Ramses, bajo invernadero, el cual, se enfoca en la mejora de una nueva tecnología alternativa, usando cepas nativas de *Trichoderma* spp., del estado de Puebla-México, preservadas en un biopreparado integrado por 2 compuestos orgánicos como preservantes [almidón de maíz y alga marina (*Porphyra umbilicales* R.)] y un ingrediente inerte como soporte (zeolita).

Material y métodos

Área de estudio

La presente investigación se desarrolló en condiciones de invernadero de 1000 m^2, durante los meses de febrero a agosto de 2016, en la comunidad de San Bernardino Tepenene perteneciente al municipio de San Juan Tzicatlacoyan, en el Estado de Puebla, México. Se utilizó plántula de tomate tipo saladet (variedad

Ramses) de 30 días de crecimiento, la densidad de siembra fue de 4704 plantas en 1000 m^2, en arreglo de tresbolillo con distanciamiento de 30 cm entre planta y 50 cm entre cama, dando un total de 8 camas de 70 cm de ancho y 98 m de largo, dejando un metro de pasillo a la entrada y otro al final de las camas.

Cepas

Se utilizaron las cepas nativas del estado de Puebla, Th-T4 (3) de *Trichoderma harzianum* Rifai, Tav-T7 (2) de *Trichoderma atroviridae*, Tv-T3 (1) de *Trichoderma viridae* y la cepa (PC-A) de *Phytophthora capsici*, las cuales pertenecen al cepario del Centro de Recursos Genéticos del Centro de Agroecología del Instituto de Ciencias de la BUAP y se encuentran en medio de cultivo PDA (Agar Papa Dextrosa).

Preparación del bio-fungicida con cepas de **T. harzianum, atroviridae y viridae**

El medio de cultivo empleado para el desarrollo del micelio es agar de papa y dextrosa (PDA, Bioxon®), donde se preparó siguiendo las indicaciones del proveedor. Las cajas de Petri se inocularon con rodajas de 5 mm diámetro del medio de cultivo previamente colonizado cada una de las cepas en estudio y se incubaron a 28°C por 7 días. Se prepararon inóculos (matrices) a través de fermentación sólida en 2,5 kg de grano de trigo y 2,5 kg de maíz quebrado, se incubaron a 25°C durante 20 días. Posteriormente se prepararon 4 formulaciones de 60 g, utilizando 10 g de conidios para cada una de las cepas en estudio, más 2 compuestos orgánicos como preservantes (almidón de maíz 12,5 g y alga marina 12,5 g) y un ingrediente inerte como soporte (zeolita 25 g), se envaso al alto vacío en bolsas de aluminio con capacidad de 100 g, en el caso del multiesporado se utilizó 3,3 conidios de cada una de las cepas. Los bio-fungicidas presenta una concentración de conidios de $83x10^4$ mL con un porcentaje de viabilidad de 96% (Amaro-Leal *et al*., 2016).

A cada planta de tomate se le colocó 50 mL de biopreparados con una concentración total de $4,150x10^4$ conidios, siendo la primera aplicación a los 5 días después del trasplante, posteriormente se re-inoculo a los 30 y 60 días. Las plantas del grupo control se trataron con agua desionizada estéril.

Preparación y cuantificación del inóculo de **Phytophthora capsici** *en invernadero*

La cepa (PC-A) de *Phytophthora capsici* se cultivó en medio PDA para su crecimiento y desarrollo. Posteriormente, con un sacabocados de cobre estéril se extrajeron discos de 5 mm y se inocularon en 10 placas de 90 mm de medio de cultivo V8; las placas fueron expuesta a luz artificial a 60 cm de altura durante 10 días, al término de su crecimiento se agregaron 10 mL de agua destilada estéril a todas las placas para inducir la formación de esporangios y se incubaron a 28°C durante cuatro días más. Al término de este período, las placas se colocaron en un cuarto frío (6°C) durante 20 min y después se pusieron en una incubadora a 28°C durante 1 hora para inducir la liberación de zoosporas (Ramírez-Villapudua y Romero-Cova, 1980; Gómez *et al*., 2008). El número de zoosporas obtenido se cuantificó con un hematocitómetro mediante diluciones seriadas y se ajustó a $5x10^4$ mL (Redondo, 1989). A cada planta de tomate se le colocó 5 mL de la suspensión de zoosporas con una concentración de $25x10^4$ zoosporas por mL con la ayuda de una jeringa a la hora del trasplante y una replicación a los 15 y 30 días después del trasplante. Las plantas del grupo control se trataron con agua desionizada estéril.

Variables evaluadas y diseño experimental

Las variables evaluadas fueron incidencia y severidad de la enfermedad a los 15 días después del trasplante, tanto para la parte radical como para la parte aérea utilizando la escala propuesta por Hidalgo (2009) (Tabla 1) y aplicada a tomate por Amaro (2015). Así mismo se evaluó el porcentaje de mortalidad y supervivencia de las plántulas de tomate a los 30 días, además de la altura, el grosor de tallo y biomasa seca total a los de 60 días de edad. La producción total por planta se evaluó del tercer al sexto mes, mediante la recolección y el pesado de cada uno de los frutos (Huerta-Lara *et al*., 2009).

Se usó un diseño de bloques completamente al azar, donde cada cama es un bloque y este alberga a los seis tratamientos en evaluación, cada tratamiento constó de 98 plantas sembradas en 16,33 m^2 de las cuales se evaluaron 20 unidades experimentales (plantas) de cada tratamiento, dando un total de 160 plantas evaluadas por toda la unidad experimental. Los datos obtenidos se procesaron en el paquete estadístico SPSS Statistics versión 17 (Statistical Package for the Social Sciences) para realizar el análisis de varianza (ANOVA) y posteriormente se aplicó la prueba de comparación múltiples de Tukey ($P<0,05$) para determinar diferencias entre los tratamientos.

Tabla 1. Escala de severidad del ataque de *P. capcisi* en el cultivo de tomate
Table 1. Severity scale of the attack of P. capcisi *on tomato cultivation*

Escala de severidad en raíz de las plantas		Escala de severidad de la parte aérea de las plantas	
Código	Descripción	Código	Descripción
a	Lesión circular seca.	A	Planta sana.
b	Necrosis ligera en la base de la raíz, lesión mayor de 0,5 cm.	B	Planta con algunas hojas con pérdida de turgencia.
c	Necrosis seca aprox. 1,5 cm, suberizadas, raíces adventicias.	C	Plantas con todas las hojas con pérdida de turgencia.
d	Raíz que presenta lesiones con necrosis de 2 cm.	D	Plantas con hojas marchitas.
e	Lesiones con necrosis de 2 cm, raíces empiezan a desprenderse.		
f	Lesiones con necrosis de 2 cm, se desprende gran cantidad de raíces.		
g	Se desprende epidermis dejando tejido vascular, pérdida de 50% de raíces.		
h	Desprendimiento 80% raíces se expone tejido pérdida de epidermis, raíces necróticas.		

Fuente: Hidalgo (2009). Aplicada al cultivo de tomate por Amaro-Leal (2015).

Resultados y discusión

El tratamiento inoculado con *P. capsici* mostró síntomas de la enfermedad en la parte radical y aérea (Tabla 2), presentando los valores más altos en incidencia y severidad, esto en comparación con los demás tratamientos evaluados en este estudio. Estos resultados coinciden con lo observado por Kim *et al*. (1997) quienes señalan el daño causado por *Phytophthora* sp. en la raíz y en la corona del tallo de plantas de chile, además redujeron el peso seco de raíces y tallos. Por otro parte, Ezziyyani *et al*. (2004) reportaron que al inocular plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.) con *T. harzianum*, observaron 56% en la disminución de la marchitez en condiciones de invernadero, en comparación con las plantas no tratadas con *T. harzianum* e inoculadas con *P. capsici*, resultados similares en esta investigación.

Tabla 2. Porcentaje de incidencia y severidad causada por *P. capsici* a los 15 días después del trasplante en plantas de tomate (*L. esculentum* Mill) bajo diferentes tratamientos, en condiciones de invernadero

Table 2. Percentage of incidence and severity caused by P. capsici *at 15 days after transplantation in tomato plants (*L. esculentum *Mill) under different treatments under greenhouse conditions*

Tratamiento	Daños en raíz		Daños en parte aérea	
	% de incidencia	Escala de Severidad	% de incidencia	Escala de Severidad
Testigo	26	e	17	C
P. capsici	40	h	38	D
T. viridae	15	b	11	B
T. atroviridae	18	b	12	B
T. harzianum	8	a	5	A
Multiesporado	9	a	7	A

La protección lograda con el producto a base de *T. harzianum* se puede deber a la cualidad que tiene esta especie para producir enzimas como celulasas, β-1,3-glucanasa y quitinasas, las cuales degradan la pared celular de los fitopatógenos (Küçük y Kivanç, 2003), así como al parasitismo directo que ejerce *T. harzianum* sobre los hongos fitopatógenos (Küçük y Kivanç, 2004). En la presente investigación la menor incidencia y severidad se obtuvo en el tratamiento a base de *T. harzianum* con 3,7%, al presentar ligeras lesiones circulares secas en la raíz y sin sintomatología en la parte aérea. Los tratamientos a base de *T. harzianum, T. atroviridae y T. viridae,* utilizados en este trabajo de investigación, presentan eficacia antagónica contra *P. capsici* con una supervivencia que va de 62,7 a 76,4% en comparación del tratamiento testigo, el cual obtuvo una supervivencia del 46%; mientras que las plantas de tomate inoculadas con solo *P. capsici* lograron la menor supervivencia con un 26,3% (Figura 1), al morir en un lapso menor de 10 días después de la inoculación, presentando primero un obscurecimiento a nivel de la base del tallo, el cual provocaba la

caída y posteriormente la muerte. Los resultados obtenidos, en esta variable evaluada, concuerdan con los obtenidos por Michel-Aceves *et al.* (2008) quien realizó estudios de antagonismo con aislamientos nativos obtenidos de cultivos de tomate sembrados en Tlayacapan, Morelos-México, con los cuales confrontó a *Trichoderma* spp. contra *Alternaria solani y Phytophthora infestans* logrando un rango de porcentaje de inhibición del crecimiento micelial, en *P. infestans*, de un 16,3 a un 85,5%, resultados que se asimilan a los obtenidos en este estudio.

Las variables altura, grosor de tallo y biomasa seca de cada tratamiento mostraron diferencias significativas entre sí, siendo los tratamientos a base de *Trichoderma* spp. los que mejores resultados presentaron en las variables evaluadas, destacando el tratamiento a base de *T. harzianum*, el cual mostró mayor altura, grosor y biomasa seca promedio por planta, denotando un incremento significativo en comparación con el testigo, el cual mostró menor altura, grosor y biomasa seca promedio por planta; mientras que el tratamiento inoculado con el fitopatógeno *P. capsici,* presentó los promedios más bajos en las variables evaluadas (Tabla 3). Harman (2006) argumenta que *T. harzianum* estimula el crecimiento de las plantas al producir metabolitos que promueven los procesos de de-

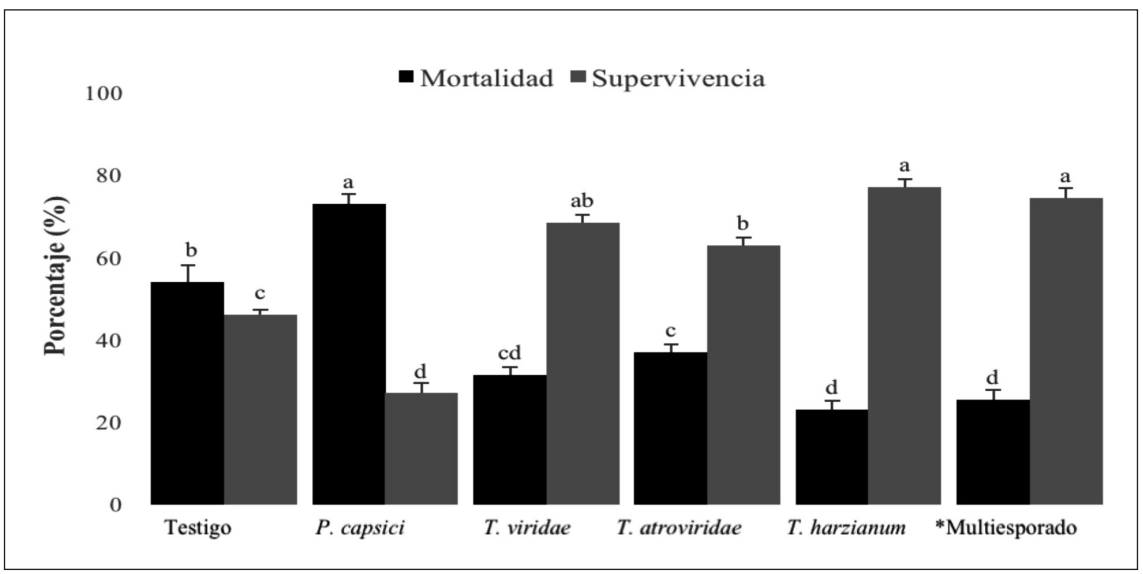


Figura 1. Porcentaje de mortalidad y supervivencia causada por *P. capsici*, evaluada a los 30 días después del trasplante en plantas de tomate (*L. esculentum* Mill) bajo diferentes tratamientos. La barra vertical indica el error estándar; *Combinación de cepas de *T. viridae, atroviridae* y *harcianum.*

Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas para el % de mortalidad y supervivencia con prueba de Tukey (P = 0,05).

Figure 1. Percentage of mortality and survival caused by P. capsici*, evaluated at 30 days after transplantation in tomato plants (*L. esculentum *Mill) under different treatments. The vertical bar indicates the standard error.*

Different lowercase letters indicate significant differences for % mortality and survival with Tukey's test (P = 0.05).

Tabla 3. Valores medios de altura, diámetro de tallo y biomasa seca de plantas de tomate (*L. esculentum* Mill) bajo diferentes tratamientos, en condiciones de invernadero
*Table 3. Mean values of height, stem diameter and dry biomass of tomato plants (*L. esculentum *Mill) under different treatments under greenhouse conditions*

Tratamiento	Altura de plantas (cm)	Diámetro de tallo de plantas (cm)	Biomasa seca de plantas en (g)
Testigo	130,3 e	1,04 a	0,12 d
P. capsici	54,4 f	0,63 b	0,06 e
T. viridae	187,5 b	1,27 a	0,22 ab
T. atroviridae	178,9 d	1,18 a	0,18 c
T. harzianum	190,7 a	1,32 a	0,26 a
Multiesporado	183,0 c	1,22 a	0,22 b
Valor de P	0,00748	0,00880	0,01750

Medias con letras diferentes en la columna, indican diferencias significativas con la prueba de Tukey (P = 0,05).

sarrollo, los cuales permiten un mayor desarrollo radicular y de pelos absorbentes, con lo cual se favorece la movilización de los nutrientes en el suelo, mejorando de esta forma la nutrición y absorción de agua; asimismo acelera la descomposición de la materia orgánica y minerales (Vinale *et al*., 2008). Estos efectos se han comprobado científicamente en numerosas investigaciones a nivel mundial, así, por ejemplo, en plantas ornamentales se logró mayor crecimiento de altura, número de hojas y de flores (Soto *et al*., 2002). En café se obtuvo el mayor porcentaje de emergencia y germinación, como también mayor longitud radicular, altura, diámetro del tallo, número de hojas y vigor de la planta (Giulcapi-Pacheco, 2009).

La prueba de medias de Tukey (p = 0,00948) para la variable rendimiento total separó seis grupos: estadísticamente sobresale el tratamiento con *T. harzianum* con la mayor producción por planta, en comparación con los demas tratamienos. La menor producción la obtuvo el tratamniento inoculado con *P. capsici*, donde se hizo más evidente la enfermedad; al presentar sintomas de marchitez y pudrición tanto en tallo y raiz (Tabla 4). Al respecto, Infante *et al*. (2009) indican que lo anterior es debido a que *Trichoderma* spp. promueve el crecimiento vegetal al producir sustancias promotoras de crecimiento. Estas sustancias actúan como catalizadores o aceleradores de los tejidos meristemáticos primarios en las partes jóvenes de estas, acelerando un desarrollo más rápido, mejor producción y calidad del producto.

El rendimiento total de las plantas de tomate se puede asumir mediante el conjunto de los mejores resultados obtenidos en las anteriores variables ya que, al presentar una mayor supervivencia, desarrollo en altura, grosor de tallo y biomasa seca, se considera que estos tratamientos presentaron algunas de las cualidades necesarias en las unidades experimentales (plantas) para obtener el mejor rendimiento dentro del trabajo experimental; donde nuevamente *Trichoderma* spp., en sus diversos tratamientos, presenta

las mejores cifras en producción. Infante *et al*. (2009) indican que el rendimiento y calidad del fruto se ve favorecido por la presencia de altas densidades de raíces, las cuales son colonizadas rápidamente por *Trichoderma* spp., esto le da alta capacidad a la planta de aumentar la captura de nutrientes y de humedad. Santana *et al.* (2010) encontraron que el tratamiento a base de *T. harzianum* obtuvo una producción de 46,56 t ha^{-1} de tomate en maceta, resultados menores a los reportados en la presente investigación. Lo mismo sucede con Melgar y Jiménez (2007), que reportó rendimientos de tomate en maceta de hasta 66,15 t ha^{-1}. Ambos autores incrementaron sus rendimientos en un 15% con respecto a sus tratamientos testigos.

El tratamiento de *P. capsici* presentó el menor peso promedio de fruto, seguido del testigo. Los tratamientos a base del bio-fungicida presentaron los mejores resultados, donde *T. harzianum* sobresalió al presentar el mayor peso de tomate, seguido por el multiesporado, sin embargo *T. viridae* obtuvo el rendimiento menor de los biopreparados (Tabla 4). Cortes-Hernández (2015) observó que el tratamiento con *T. harzianum* y *P. tolaasii* produjo 27,6 frutos, resultados similares a la presente investigación.

Tabla 4. Valor medio de rendimiento de frutos de plantas de tomate (*L. esculentum* Mill) y de peso medio de fruto bajo diferentes tratamientos, en condiciones de invernadero
*Table 4. Average fruit yield of tomato plants (*L. esculentum *Mill) and average fruit weight under different treatments, in greenhouse conditions*

Tratamiento	Rendimiento (kg/planta)	Peso fruto (g/fruto)
Testigo	1,86 e	48,94 e
P. capsici	0,67 f	17,63 f
T. viridae	2,56 c	67,36 d
T. atroviridae	3,03 d	79,73 c
T. harzianum	4,50 a	118,00 a
Multiesporado	4,05 b	106,57 b
Valor de P	0,00948	0,00383

Medias con letras diferentes en la columna indican diferencias significativas con la prueba de Tukey (P = 0,05).

Conclusiones

La eficacia mostrada por los biopreparados evaluados en este estudio contra de *Phytophthora capsici*, aplicado a plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), demostró que los tratamientos a base de cepas nativas del género *Trichoderma* tienen acción de supresión ante este patógeno. Las plantas tratadas con el biopreparado con *T. harzianum* obtuvieron mayor altura (46%), mayor grosor de tallo (27%) y mayor producción de biomasa seca (117%), así mismo, mayor peso promedio de fruto (27%) y mayor rendimiento total (142%). La mortalidad en el tratamiento control fue de 54% significativamente mayor que para los biopreparados, aunque inferior al tratamiento inoculado con *P. capsici,* que

obtuvo la mayor incidencia (40%) y la menor supervivencia (26,3%) del cultivo, dando como resultado una baja producción de 0,67 kg/planta en condiciones de invernadero.

Bajo estas perspectivas, el empleo de cepas nativas de *Trichoderma* spp., adaptadas a las condiciones agroecológicas de la región, presentan una capacidad conjunta de biocontrol y biofertilizacion en el cultivo de tomate en condiciones de invernadero, que pueden ser recomendadas para su uso potencial en la comunidad de San Bernardino Tepenene perteneciente al municipio de San Juan Tzicatlacoyan en el Estado de Puebla, México.

Agradecimientos

Esta investigación fue realizada gracias al apoyo del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla, número de expediente 5M, dentro del área de Tecnologías y Ciencias Agropecuarias en la convocatoria 2016. Así mismo los autores agradecen a la Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado y al Instituto de Ciencias de la BUAP por el financiamiento de este proyecto de investigación.

Bibliografía

Adekiya AO, Agbede TM (2016). Effect of methods and time of poultry manure application on soil and leaf nutrient concentrations, growth and fruit yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 10(1): 01-06.

Amaro Leal JL (2015). Biopreparados de cepas nativas de *Trichoderma* spp., para el control biológico en el cultivo de tomate. Tesis para optar por el título de Maestro en Ciencias en Manejo Sostenible de Agroecosistemas, Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. 112 p.

Amaro-Leal JL, Romero-Arenas O, Rivera A, Huerta LM, Reyes E (2016). Effect of the Formulation of Seaweed (*Porphyra umbilical* R.) in Biopreparations based on *Trichoderma harzianum* Rifai. Journal of Pure & Applied Microbiology. 9(3): 2033-2040.

Avedaño-Ruíz BD (2008). Globalización y competitividad en el sector hortofrutícola: México, el gran perdedor. El cotidiano. 23(147): 91-98.

Barrón A (2013). Desempleo entre los jornaleros agrícolas, un fenómeno emergente. Problemas del desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía 44(175): 55-79.

Bautista J, García R, Montes R, Zavaleta E, Pérez J, Ferrera R, García R, Huerta M (2010). Disminución de la marchitez del chile por introducción de antagonistas en cultivos de rotación. Interciencia. 35(9): 673-679.

Belanger R, Dufuor N, Caron J, Benhamou N (1995). Chronological events associated with the antagonistic properties of *Trichoderma harzianum* against *Botrytis cinerea*: Indirect evidence for sequential role of antibiotics and parasitism. Biocontrol Science Technology. 5: 41-54.

Cortes-Hernández I (2015). Abonos orgánicos y organismos antagónicos sobre inhibición de hongos fitopatógenos en cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.). Tesis Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, EDO. De México.

Chet I, Ibar J, Hadar I (1997). Fungal antagonists and mycoparasites. En The Mycota IV: Environmental and Microbial Relationships (Wicklow, D.T y Soderstrom, B. Eds.). New York: Springer Verlag. pp 165-192.

De los Santos-Villalobos S, Hernandez-Rodriguez L, Villasenor-Ortega F, Pena-Cabriales J (2012). Production of *Trichoderma asperellum* T8a spores by a "home-made" solid-state fermentation of mango industrial wastes. BioResources. 7(4): 4938-4951.

Elad Y, Chet I (1987). Possible role of competition for nutrients in biocontrol of *Pythium* damping-off by bacteria. Phytopathology. 77: 190-195.

Ezziyyani M, Pérez Sánchez C, Requena ME, Rubio L, Candela ME (2004). Biocontrol por *Streptomyces rochei* –Ziyani–, de la podredumbre

del pimiento (*Capsicum annuum* L.) causada por *Phytophthora capsici*. Anales de Biología. 26: 69-78.

FAOSTAT (2013). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, estadísticas. Disponible en http://faostat.fao.org/. (Consultado el 25 mayo, 2016).

Fernández-Herrera E, Acosta-Ramos M, Ponce-González F, Pinto V (2007). Manejo biológico de *Phytophthora capsici* L., *Fusarium oxysporum* Schelechtend. Fr. y *Rhizoctonia solani* Kühn en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Revista Mexicana de Fitopatología. 25: 35-42.

Galindo E, Serrano-Carreón L, Gutiérrez CR, Balderas-Ruíz KA, Muñoz-Celaya AL, Mezo-Villalobos M, Arroyo-Colín J (2015). Desarrollo histórico y los retos tecnológicos y legales para comercializar Fungifree AB®, el primer biofungicida 100% mexicano. Revista especializada en ciencias químico-biológicas. 18(1): 52-60.

Giulcapi Pacheco ED (2009). Efectos de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma Viride,* en la producción de plantas de café (*Coffea arabica*) variedad caturra a nivel de vivero. Tesis. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.

Gómez S, Hoyos LM, González EP (2008). Estudios de infección de *Spongospora subterranea* en papa (*Solanum tuberosum*) variedad comercial Diacol Capiro. Revista Politécnica. 7: 9-18.

Harman G (2006). Overview of Mechanisms and Uses of *Trichoderma* spp. Phytopathology. 96(2): 190-194.

Hausbeck MK, Lamour, KH (2004). *Phytophthora capsici* on vegetable crops: Research progress and management challenges. Plant Disease. 88:1292-1303.

Hidalgo, M (2009). Efecto del vermicompost sobre el cultivo del chile dulce (*Capsicum annuum*) y su interaccion con *Phytophthora capsici*. Tesis para optar por el titulo de Licenciatura en Agronomía con énfasis en Fitotecnia, Universidad de Costa Rica, Turrialba, Costa Rica. 98 p.

Huerta-Lara M, Bautista J, Reyes D, Romero O, Ibáñez A, Franco O (2009). Manejo agroecológico de fitopatógenos con origen en el suelo. En: Manejo agroecológico de sistemas Vol. I. (Ed. Aragón G.A; M.A. Damián H. y López-Olguín J.F.). México. pp 203-221.

Infante D, Martínez B, González N, Reyes Y (2009). Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. Revista de Protección Vegetal. 24(1): 1-8.

Kim KD, Nenec S., Musson G (1997). Control of Phytophthora root and crown rot of bell pepper with composts and soil amendments in the greenhouse. Applied Soil Ecology 5: 169-179.

Kim HS, Sang MK, Jeun YC, Hwang BK, Kim KD (2008). Sequential selection and efficacy of antagonistic rhizobacteria for controlling Phytophthora blight of pepper. Crop Protection 27: 436-443.

Küçük, Ç, Kivanç, M. (2003). Isolation of Trichoderma spp. and determination of their antifungal, biochemical and physiological features. Turkish Journal of Biology. 27(4): 247- 253.

Küçük Ç, Kivanç M (2004). *In vitro* antifungal activity of strains of *Trichoderma harzianum.* Turkish Journal of Biology. 28: 111-115.

Melgar J, Jiménez J (2007). Evaluación del efecto de *Trichoderma* sp. Y *Glomus* sp. en la incidencia y severidad de enfermedades del suelo y en el rendimiento de tomate, chile dulce y pepino. Hoja técnica de FHIA-Comayagua. 12: 1-3.

Michel-Aceves AC, Otero-Sánchez MA, Martínez-Rojero RD, Ariza-Flores R, Barrios-Ayala A, Rebolledo-Martínez A (2008). Control biológico *in vitro* de enfermedades fungosas en tomate *Lycopersicum esculentum* Mill. Avances en investigación Agropecuaria. 12(3): 55-68.

Ramírez-Villapudua J, Romero-Cova S (1980). Supervivencia de *Phytophthora capsici* Leo., agente causal de la marchitez del chile. Agrociencia. 39: 9-18.

Redondo E, Rodríguez R, Ortega ML, Larque A., Engleman EM (1989). Mecanismos de infección y patología de las plantas de chile susceptibles y resistentes al hongo *Phytophthora capsici*. Agrociencia. 77: 123-137.

Ristaino JB, Johnson SA (1999). Ecological based approaches to management of *Phytophthora* blight on bell pepper. Plant Disease. 83: 1080-1089.

SAGARPA (2015). https://consulmex.sre.gob.mx/detroit/images/Comunicados_SRE/2015/20150721_03_boletin_sagarpa_2015b466.pdf (Consultado el 25 mayo, 2016).

Sánchez del Castillo F, Moreno-Pérez E, Cruz-Arellanes E (2009). Producción de jitomate hidropónico bajo invernadero en un sistema de dosel en forma de escalera. Revista Chapingo Serie Horticultura. 15: 67-73.

Santana Baños Y, del Busto Concepción A, Cruz Lazo R, Aguiar González I, Palomino Morejón I (2010). Efecto de enmiendas orgánicas y *Trichoderma* spp., en el manejo de *Meloidogyne* spp. Rev. Bras De Agroecología. 5(2): 224-233.

SIAP-SAGARPA (2014). Atlas agroalimentario 2014. http://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2014/Atlas-Agroalimentario-2014. (Consultado el 12 enero, 2016).

Sid Ahmed A, Ezziyyani M, Perez Sánchez C, Candela ME (2003). Effect of chitin on biological control activity of *Bacillus* spp. and *Trichoderma harzianum* against root rot disease in pepper (*Capsicum annuum*) plants. European Journal of Plant Pathology. 109: 633-637.

Soto B, Osorio A, Muñoz M, Galindo R (2002). El uso de *Trichoderma harzianum* como agente mejorador de plantas ornamentales. Mexico. pp. 10.

Vinale F, Sivasithamparam K, Ghisalberti EL, Marra R, Woo SL, Lorito M (2008). *Trichoderma*-plant-pathogen interactions. Soil Biology and Biochemistry. 40: 1-10.

Zavaleta-Mejía E (1999). Alternativa de manejo de las enfermedades de las plantas. Terra Latinoamericana. 17(3): 201-207.

Zuloaga A (1994). Efectos de la reforma jurídica y económica sobre el empleo en el sector agropecuario. Cuadernos de Trabajo. 7: 65-87.

(Aceptado para publicación el 1 de septiembre de 2017)

Fenólicos solubles de tipo flavonoide y capacidad antioxidante en genotipos criollos pigmentados de maíz (*Zea mays*)

V.L. Quintanilla-Rosales[1], K. Galindo-Luna[1], F. Zavala-García[1], J.A. Pedroza-Flores[1], J.B. Heredia[2], V. Urías-Orona[3], M.D. Muy-Rangel[2] y G. Niño-Medina[1,*]

[1] Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía, Laboratorio de Química y Bioquímica, Francisco Villa S/N, Col. Ex-Hacienda, El Canadá, C.P. 66050, General Escobedo, Nuevo León, México

[2] Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) A.C., Coordinación Culiacán, Laboratorio de Tecnología de Alimentos, Alimentos Funcionales y Nutracéuticos, Carretera Culiacán a El Dorado, km 5.5, C.P. 80110, Culiacán, Sinaloa, México

[3] Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Salud Pública y Nutrición, Laboratorio de Química de Alimentos, Av. Dr. Eduardo Aguirre Pequeño y Yuriria, C.P. 64460, Col. Mitras Centro, Monterrey, Nuevo León, México

Resumen

Se evaluó el contenido de compuestos fenólicos solubles de tipo flavonoide en términos de flavonoides totales ($AlCl_3$-$NaNO_2$-NaOH), taninos condensados (vainillina-H_2SO_4) y antocianinas totales (absorbancia del extracto a 535 nm, pH=1). Además se evaluó también la capacidad antioxidante basada en la reducción de la absorbancia de los radicales DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) y ABTS (ácido-2,2-azinobis-(3-etilbenzotiazolina)-6-sulfónico)) en cinco genotipos criollos pigmentados de maíz: Ejido La Soledad Arramberri (ELSA), Ejido Refugio Zaragoza (ERZ), La Siberia Zaragoza (LSZ), Morado Oaxaca (MO) y Tepozanes II (TZII). El contenido de flavonoides totales, taninos condensados y antocianinas totales fueron de 5709 a 7418 miligramos equivalentes catequina por kilogramo (mgECat/kg), de 798 a 1322 mgECat/kg y de 338 a 513 miligramos equivalentes cianidina-3-glucósido por kilogramo (mgEC3G/kg), respectivamente. En cuanto a la capacidad antioxidante, en términos de equivalentes Trolox los niveles fueron de 23,00 a 27,88 milimoles equivalentes Trolox por kilogramo (mmolET/kg) y de 14,97 a 18,12 mmolET/kg en DPPH y ABTS respectivamente, mientras que en términos de porcentaje de inhibición los niveles fueron de 17,44 a 21,31 por ciento de inhibición (%Inh) y de 22,97 a 27,22 %Inh en los ensayos DPPH y ABTS respectivamente. El genotipo TZII presentó los niveles más altos en las evaluaciones de flavonoides totales y capacidad antioxidante DPPH y ABTS, mientras que los genotipos ELSA y MO presentaron el mayor contenido de taninos condensados y antocianinas totales, respectivamente.

Palabras clave: Flavonoides totales, taninos condensados, antocianinas totales, DPPH, ABTS, *Zea mays*.

* Autor para correspondencia: guillermo.ninomd@uanl.edu.mx

http://doi.org/10.12706/itea.2017.020

Abstract

Flavonoid type soluble phenolics and antioxidant capacity in creole pigmented maize (*Zea mays*) genotypes

The content of flavonoid type soluble phenolic compounds in terms of total flavonoids ($AlCl_3$-$NaNO_2$-NaOH), condensed tannins (vanillin-H_2SO_4) and total anthocyanins (extract absorbance at 535 nm, pH=1) was evaluated. In addition the antioxidant capacity was also evaluated based on the absorbance reduction of the DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) and ABTS (2,2 -Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)) reagents in five creole pigmented maize genotypes: Ejido La Soledad Arramberri (ELSA), Ejido Refugio Zaragoza (ERZ), La Siberia Zaragoza (LSZ), Morado Oaxaca (MO) y Tepozanes II (TZII). The content of total flavonoids, condensed tannins and total anthocyanins ranged from 5709 to 7418 milligrams catechins equivalents per kilogram (mgCatE/kg), from 798 to 1322 mgCatE/kg and from 338 to 513 milligrams cyaniding-3-glucoside per kilogram (mgC3GE/kg), respectively. Regarding to the antioxidant capacity, in terms of Trolox equivalents levels were from 23.00 to 27.88 millimoles Trolox equivalents per kilogram (mmolTE/kg) and 14.97 to 18.12 mmolTE/kg in DPPH and ABTS respectively, while in terms of inhibition percentage levels were from 17.44 to 21.31 percentage inhibition (%Inh) and from 22.97 to 27.22 %Inh in DPPH y ABTS respectively. Genotype TZII showed the highest levels in the total flavonoids and DPPH and ABTS antioxidant capacity, while ELSA and MO genotypes showed the highest levels of condensed tannins and total anthocyanins, respectively.

Keywords: Total flavonoids, condensed tannins, total anthocyanins, DPPH, ABTS, *Zea mays*.

Introducción

México es el centro de origen, domesticación y diversificación del maíz (*Zea mays*), por lo que este cultivo es importante en la alimentación, sociedad, cultura y economía de este país. De acuerdo con la clasificación más reciente basada en las características morfológicas e isoenzimáticas, en México existen entre 41 a 65 razas de maíz de entre las 220 a 300 razas existentes en el continente americano (Kato *et al*., 2009). Entre las razas de maíz descritas en México se encuentran genotipos criollos que presentan granos pigmentados de los colores amarillo, negro, morado, azul, rojo y naranja, atribuyendo a estos genotipos propiedades nutracéuticas debido a su contenido de compuestos fenólicos y su capacidad antioxidante (Escalante-Aburto *et al*., 2013). Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios producidos por las plantas como defensa contra la radiación ultravioleta y el ataque de patógenos. Se clasifican principalmente en ácidos fenólicos, flavonoides, estilbenos y lignanos de acuerdo al número de anillos fenólicos que contienen y los grupos químicos unidos a estos anillos (Manach *et al*., 2004). Los flavonoides son los compuestos fenólicos más abundantes en la dieta humana y estos a su vez se clasifican en flavonas, flavonoles, isoflavonas, flavanonas, antocianinas y flavanoles (taninos condensados) (Scalbert y Williamson, 2000). Los genotipos pigmentados de maíz son ricos en compuestos flavonoides y de manera particular contienen altos niveles de antocianinas (Serna-Saldívar *et al*., 2013; Escalante-Aburto *et al*., 2013), las cuales dan la coloración característica a estos genotipos y tienen propiedades benéficas para la salud humana (Bello-Pérez *et al*., 2016). En México, existe una gran diversidad de maíces criollos incluyendo una gran cantidad de genotipos pigmentados que generalmente son producidos para autoconsumo en las comunidades rurales por lo que se conoce poco acerca de sus propiedades nutracéuticas. Sin embargo, Urias-Lugo *et al.* (2015) sugiere que los niveles de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de los genotipos criollos pig-

mentados son similares a los niveles de los genotipos híbridos comerciales. El objetivo de este estudio fue evaluar el contenido de compuestos fenólicos de tipo flavonoide en términos de flavonoides totales, taninos condensados y antocianinas, y su capacidad antioxidante por los métodos DPPH y ABTS en grano de cinco genotipos criollos pigmentados de maíz del Sur de Nuevo León, México. La información generada en el presente estudio puede ser la base de selección de genotipos criollos que puedan posteriormente ser utilizados en mejoramiento genético para aumentar calidad nutracéutica.

Material y métodos

Material vegetal

Los genotipos pigmentados de maíz Ejido La Soledad Arramberri (ELSA) (24°00 21,0 N, 100°02 52,5 W), Ejido Refugio Zaragoza (ERZ) (23°52 18,7 N, 99°42 11,3 W), La Siberia Zaragoza (LSZ) (23°51 29,6 N, 99°50 29,2 W), Morado Oaxaca (MO) (24°19 02,7 N, 99°56 36,6 W) y Tepozanes II (TZII) (23°54 59,6 N, 99°42 58,8 W) utilizados en el presente estudio fueron colectados con campesinos de localidades rurales del Sur del estado de Nuevo León, México, entre los meses Enero-Febrero del año 2016. El grano de cada genotipo fue separado de la mazorca de forma manual, molido, tamizado a un tamaño de partícula de 0,5 mm (malla 35) y almacenado a -20 °C. Las características del grano y la harina obtenida de cada genotipo se muestran en la Tabla 1.

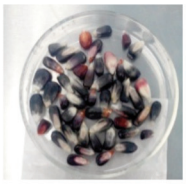
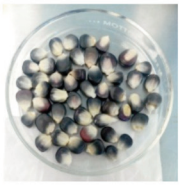
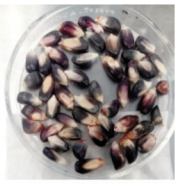
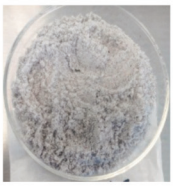
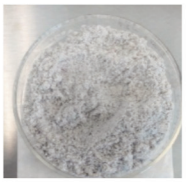
Extracción y cuantificación de flavonoides totales y taninos condensados

La extracción y cuantificación de flavonoides totales y taninos condensados se llevó a cabo siguiendo la metodología de López-Contreras *et al*. (2015) con modificaciones. Se suspendieron 100 mg de muestra en 3 mL de metanol al 80%, la muestra se purgó con flujo de argón durante 30 s y se agitó orbitalmente durante 2 h a 200 rpm. Enseguida la muestra fue centrifugada a 4650 *g*, el sobrenadante fue recuperado y almacenado a -20 °C hasta la evaluación de flavonoides totales y taninos condensados. La determinación de flavonoides totales se realizó en base a la reacción del complejo $AlCl_3$-$NaNO_2$-NaOH. Se tomaron 0,1 mL del extracto, se adicionaron 1,75 mL de agua destilada, seguidos por 0,075 mL de $NaNO_2$ al 5%, 0,075 mL de $AlCl_3$ al 10% y 0,5 mL de NaOH 1M, en intervalos de 5 min cada uno. La reacción se llevó a cabo durante 15 min y la absorbancia de las muestras se midió a 510 nm. La determinación de taninos condensados se efectuó por medio de la reacción del complejo vainillina-H_2SO_4. Se tomaron 0,25 mL del extracto, se adicionaron 0,65 mL de vainillina al 1%, seguidos de 0,65 mL de H_2SO_4 al 25% (vainillina y H_2SO_4 fueron disueltos en metanol). La reacción se llevó a cabo durante 15 min a 30 °C y la absorbancia de las muestras se midió a 500 nm. El contenido de flavonoides totales y taninos condensados fue reportado en miligramos equivalentes de catequina por kilogramo de muestra (mgECat/kg) basados en curvas de calibración establecidas con catequina de 0 a 200 mg/L en ambos casos.

Extracción y cuantificación de antocianinas totales

La extracción y cuantificación de antocianinas totales se realizó de acuerdo a lo establecido por Abdel-Aal y Hucl (1999) con modificaciones. Para la extracción de antocianinas se suspendieron 500 mg en 10 mL de etanol-HCl (85:15 v/v, pH = 1) a 4 °C y se agitaron a 200 rpm durante 30 min. Enseguida las muestras fueron centrifugadas a 4650 *g*, durante 15 min, el sobrenadante fue recuperado, colocado en un matraz de 25 mL y aforado con la solución de etanol acidificada. Finalmente, se tomaron 1,5 mL de la muestra y se midió la absorban-

Tabla 1. Características del grano y la harina obtenidos de los genotipos de maíz analizados
Table 1. Characteristics of grain and flour obtained from the analyzed maize genotypes

	ELSA Morado *Purple*	ERZ Morado *Purple*	LSZ Morado-Rojo *Purple-Red*	MO Morado *Purple*	TZII Morado-Rojo *Purple-Red*
Grano					
Harina					

ELSA = Ejido La Soledad Arramberri, ERZ = Ejido Refugio Zaragoza, LSZ = La Siberia Zaragoza, MO = Morado Oaxaca, TZII = Tepozanes II.

cia a 535 nm. El contenido de antocianinas totales fue reportado en miligramos equivalentes de cianidina-3-glucósido por kilogramo de muestra (mgEC3G/kg) utilizando la siguiente fórmula: C = (A/ε)*(Vol./1000)*PM*(1/peso de muestra)*10^6, donde: C = concentración en mgEC3G/kg, A = absorbancia de la muestra, ε = absortividad molar (mgEC3G = 26965 1/cm 1/mol), Vol. = volumen total del extracto, PM = peso molecular de mgEC3G (449,2 g/mol).

Capacidad antioxidante

La evaluación de capacidad antioxidante se realizó mediante la reducción de la absorbancia de los radicales DPPH (2,2-difenil-1-picrilhydrazilo) y ABTS (2,2-azino-bis/3-etil-benothiazolina-6-ácido sulfónico) en presencia del extracto de acuerdo a lo establecido por López-Contreras *et al*. (2015). Para la evaluación de la capacidad antioxidante DPPH, se preparó una solución de trabajo 60 µM de DPPH en metanol al 80% con una absorbancia de 0,85 a una longitud de onda de 517 nm. El ensayo se realizó mezclando 0,1 mL del extracto con 1,65 mL de la solución de trabajo DPPH, se dejó la reacción durante 30 min y finalmente se tomó la absorbancia de la muestra. Para la evaluación de la capacidad antioxidante ABTS, se preparó una solución de trabajo mezclando 1 mL de ABTS 7,4 mM y 1 mL de $K_2S_2O_8$ (ambos en metanol al 80%) y se dejó reaccionar durante 12 h, enseguida se ajustó la absorbancia de la solución de trabajo ABTS a 0,85 diluyendo con metanol al 80% a una longitud de onda de 734 nm. El ensayo se realizó mezclando 0,1 mL del extracto con 1,65 mL de la solución de trabajo ABTS, se dejó la reacción durante 30 min y finalmente se tomó la absorbancia de la muestra. La capacidad antioxidante fue reportada en milimoles equivalentes de Trolox por kilogramo de muestra (mmolET/kg) basados en curvas de calibración establecidas con Trolox de 0 a 0,5 mmolET/L y además en porcentaje de inhibi-

ción del radical utilizando la siguiente fórmula: %Inh = [(AI/AF)/AI]*100, donde: AI = Absorbancia Inicial del radical, AF = Absorbancia Final del radical.

Análisis estadístico

Todos los resultados fueron expresados como la media ± desviación estándar de tres muestras. La diferencia estadística significativa entre muestras fue evaluada por medio de un análisis de varianza (ANOVA) seguida de una prueba de Tukey utilizando el paquete estadístico Minitab14,0. Un nivel de probabilidad de 5% ($p<0,05$) fue establecido como diferencia estadística significativa.

Resultados y discusión

El contenido de flavonoides totales fue de 5709 a 7418 mgECat/kg, mientras que los taninos condensados de 798 a 1322 mgECat/kg y las antocianinas totales de 338 a 513 mg C3G/kg. Los genotipos TZII y MO mostraron los mayores niveles de flavonoides totales, ELSA los mayores niveles de taninos condensados y MO los mayores niveles de antocianinas, mientras que ELSA, LSZ y ERZ obtuvieron los niveles más bajos de flavonoides totales, taninos condensados y antocianinas totales, respectivamente, encontrando diferencias estadísticas significativas ($p<0,05$) en todas las evaluaciones (Figura 1). Los genotipos de ma-

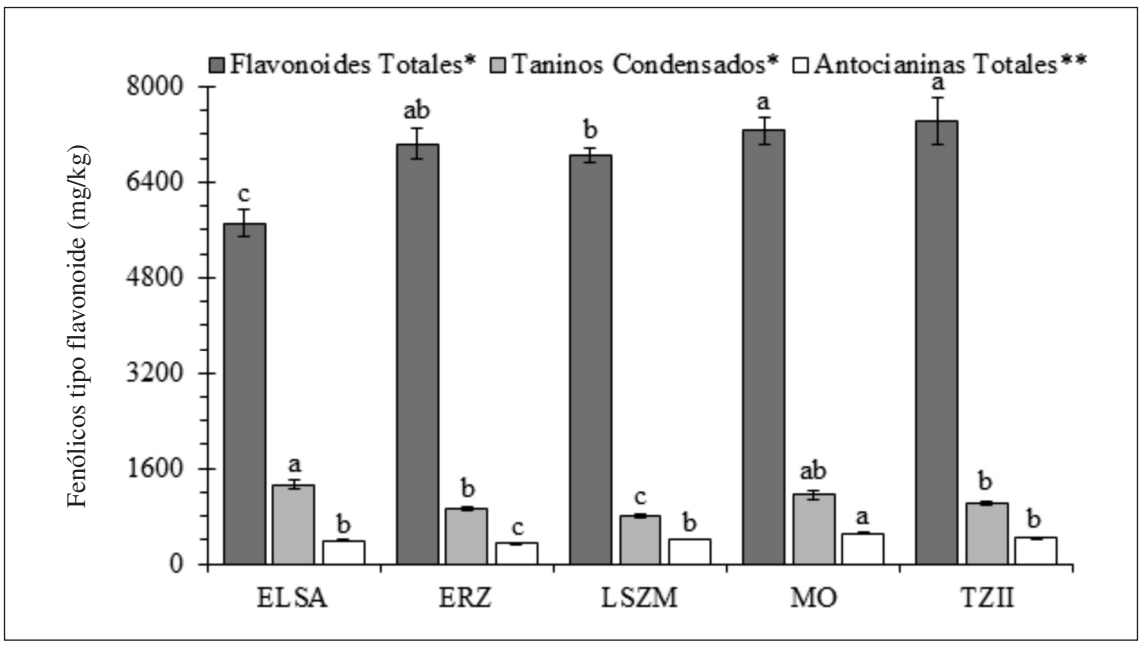


Figura 1. Fenólicos solubles de tipo flavonoide en genotipos criollos pigmentados de maíz. *mgECat/kg, **mgEC3G/kg.

ELSA = Ejido La Soledad Arramberri, ERZ = Ejido Refugio Zaragoza, LSZ = La Siberia Zaragoza, MO = Morado Oaxaca, TZII = Tepozanes II. Diferentes letras en la misma evaluación indican diferencia estadística significativa ($p<0,05$).

*Figure 1. Flavonoid type soluble phenolics in creole pigmented maize genotypes. *mgCatE/kg, **mgC3GE/kg.*

ELSA = Ejido La Soledad Arramberri, ERZ = Ejido Refugio Zaragoza, LSZ = La Siberia Zaragoza, MO = Morado Oaxaca, TZII = Tepozanes II. Different letters within the same evaluation are significantly different ($p<0.05$).

yor contenido fueron 1,29, 1,65 y 1,51 veces más altos que los de menor contenido en flavonoides totales, taninos condensados y antocianinas, respectivamente.

En cuanto a la composición porcentual de los compuestos tipo flavonoide, las antocianinas representaron la menor proporción en todos los genotipos con valores de 4,80 (ERZ) a 7,07 (MO) %, mientras que el porcentaje de taninos condensados fue de 11,64 (LSZ) a 23,16 (ELSA) % y la mayor proporción de estos compuestos estuvo representada por otros flavonoides con valores de 70,06 (ELSA) a 82,37 (LSZ) % (Figura 2).

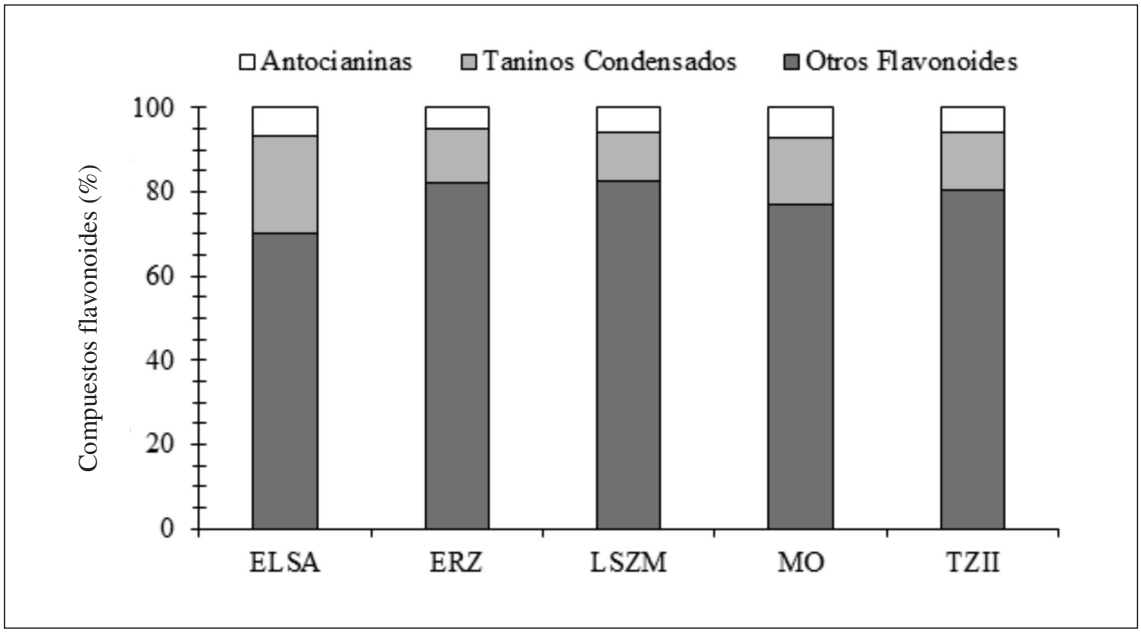


Figura 2. Porcentaje de fenólicos solubles tipo flavonoide en genotipos criollos pigmentados de maíz.
ELSA = Ejido La Soledad Arramberri, ERZ = Ejido Refugio Zaragoza, LSZ = La Siberia Zaragoza, MO = Morado Oaxaca, TZII = Tepozanes II.

Figure 2. Percentage of flavonoid type soluble phenolics in creole pigmented maize genotypes.
ELSA = Ejido La Soledad Arramberri, ERZ = Ejido Refugio Zaragoza, LSZ = La Siberia Zaragoza, MO = Morado Oaxaca, TZII = Tepozanes II.

En referencia a la capacidad antioxidante, en términos de equivalentes Trolox los niveles fueron de 23,00 a 27,88 mmolET/kg y de 14,97 a 18,12mmolET/kg en DPPH y ABTS respectivamente, mientras que en términos de porcentaje de inhibición los niveles fueron de 17,44 a 21,31 %Inh y de 22,97 a 27,22 %Inh en los ensayos DPPH y ABTS respectivamente, siendo los genotipos TZII y ERZ los que presentaron el de mayor y el menor nivel de capacidad antioxidante en todos los ensayos (Figura 3).

Otros autores han evaluado el contenido de compuestos fenólicos de tipo flavonoide y su capacidad antioxidante en genotipos de maíz de diferentes pigmentaciones con diferentes orígenes geográficos.

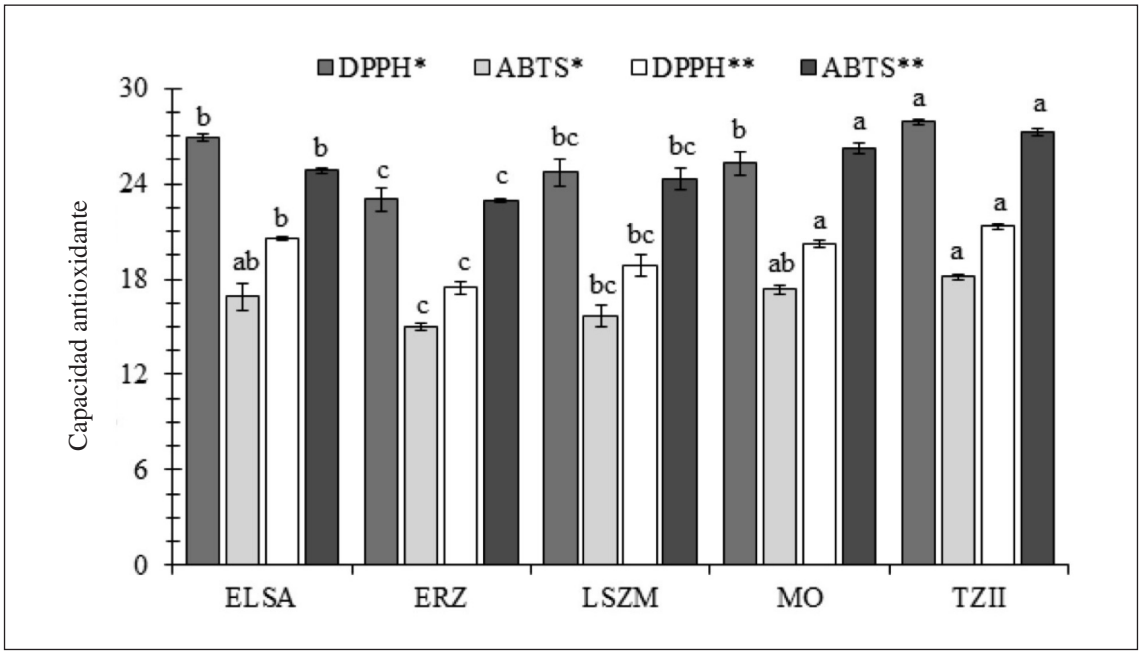


Figura 3. Capacidad antioxidante en genotipos criollos pigmentados de maíz. *mmolET/kg, **%Inh.

ELSA = Ejido La Soledad Arramberri, ERZ = Ejido Refugio Zaragoza, LSZ = La Siberia Zaragoza, MO = Morado Oaxaca, TZII = Tepozanes II.

Diferentes letras en la misma evaluación indican diferencia estadística significativa (p<0,05).

*Figure 3. Antioxidant capacity in creole pigmented maize genotypes. *mmolTE/kg, **%Inh.*

ELSA = Ejido La Soledad Arramberri, ERZ = Ejido Refugio Zaragoza, LSZ = La Siberia Zaragoza, MO = Morado Oaxaca, TZII = Tepozanes II.

Different letters within the same evaluation are significantly different (p<0.05).

Diversos trabajos reportan la evaluación de flavonoides totales en genotipos de maíz pigmentado. En experimentos realizados en Serbia, Žilić *et al*. (2012) encontraron concentraciones de 198 a 337 mgECat/kg en genotipos de maíz de colores amarillo, naranja, rojo, azul y multicolor. Mientras que, Žilić *et al*. (2016) observaron niveles de 248 y 114 mg ECat/kg en grano de maíz palomero de genotipos de color rojo y azul, respectivamente, y 94 mgECat/kg en un genotipo maíz estándar color azul. En otro estudio realizado en Italia por Capocchi *et al*. (2017), se encontraron aproximadamente 423 y 435 mgECat/kg en los genotipos Fomentone ottofilo rosso de color rojo y Fomentone ottofilo giallo de color amarillo, respectivamente. Los resultados del presente estudio son mayores a lo reportado por estos autores en el contenido de flavonoides totales.

En cuanto a la evaluación de taninos condensados en genotipos pigmentados de maíz, Ramos-Escudero *et al*. (2012) utilizaron diferentes proporciones de metanol-agua al 1%

de HCl (100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 20:80, 0:100 v/v) y el método del 4-dimetilaminocinamaldehido en la extracción de compuestos fenólicos y cuantificación de taninos condensados en el genotipo INI-A601 originario de Perú. Estos autores reportaron contenidos de 150 a 230 mgECat/kg, siendo metanol-agua 80:20 (v/v) el solvente de mayor cantidad, sin embargo estos resultados son menores a los del presente estudio. Por otro lado, Camelo-Méndez y Bello-Pérez (2014), analizaron el contenido de taninos condensados mediante el método de butanol-HCl en genotipos de color azul y rojo, y encontraron niveles de 209,000 y 207,000 mg/kg, respectivamente, siendo estos resultados muy superiores a los del presente estudio.

La determinación de antocianinas es uno de los análisis más frecuentes en estudios de compuestos fenólicos de genotipos de maíz pigmentado. En este sentido, Mora-Rochín *et al*. (2016) analizaron el contenido de antocianinas en 15 genotipos de maíz con pigmentación azul desarrollados en México y reportaron en 14 de los genotipos, niveles de 141 a 282 mgEC3G/kg, siendo menores a todos los genotipos del presente estudio, mientras que el genotipo FAUAS-512 presentó 337 mgEC3G/kg lo cual es muy cercano a los 338 mgEC3G/kg del genotipo ERZ en el presente estudio. Además, Nankar *et al*. (2016), analizaron el contenido de antocianinas de ocho genotipos de maíz azul cultivados en cuatro localidades del sur de Estados Unidos y encontraron contenidos promedio de 370 a 580 mgEC3G/kg, siendo estos resultados muy similares a los cinco genotipos del presente estudio. Por otro lado, López-Martínez *et al*. (2009) reportaron niveles superiores a los del presente estudio encontrando contenidos de antocianinas de 702, 951, 995, 1055 y 3658 mgEC3G/kg en genotipos mexicanos de los colores amarillo, rojo, azul, negro y morado, respectivamente, mientras que solo un genotipo de color naranja presentó niveles inferiores a los del presente estudio con 306 mgEC3G/kg. También en México, Urias-Lugo *et al*. (2015) analizaron cinco genotipos híbridos comerciales y dos genotipos nativos todos ellos de pigmentación azul y encontraron niveles de 730 a 1052 mgEC3G/kg y 646 a 892 mgEC3G/kg, respectivamente, siendo estos resultados mayores que todos los genotipos del presente estudio.

Ningún estudio acerca del contenido de compuestos fenólicos en genotipos pigmentados de maíz ha reportado el contenido de compuestos tipo flavonoide en términos de porcentaje. A este respecto, tomando los datos reportados por Ramos-Escudero *et al*. (2012) y calculando el porcentaje de composición de taninos condensados, estos representaron de 7,66% (100:0, metanol:agua, v/v) a 13,04 % (40:60, metanol:agua, v/v) del total de compuestos flavonoides, los cuales son valores más altos al porcentaje de este grupo de compuestos fenólicos de todos los genotipos del presente estudio. Por otro lado, los resultados del presente estudio son similares al obtenido por Žilić *et al*. (2016) en el contenido de antocianinas del genotipo ZPL-6 ya que de acuerdo con los datos reportados por estos autores las antocianinas representaron el 5,76% de los compuestos tipo flavonoide.

La gran mayoría de los trabajos realizados sobre evaluación de compuestos fenólicos en genotipos pigmentados de maíz son complementados con estudios de capacidad antioxidante, siendo DPPH y ABTS los métodos más usados en estas evaluaciones, mientras que las unidades más comunes de expresión de los resultados son equivalentes Trolox y porcentaje de inhibición del radical. Los resultados de capacidad antioxidante del presente trabajo en términos de milimoles equivalentes de Trolox, se encuentran dentro de la gama de valores reportados por Žilić *et al*. (2016) en el ensayo DPPH quienes encontraron de 16 a 30 mmolET/g, mientras que todos los genotipos del presente estudio son infe-

riores a los resultados reportados por estos autores en el ensayo ABTS ya que obtuvieron valores de 19 a 36 mmolET/g. Por otro lado, los resultados de capacidad antioxidante del presente estudio en términos de porcentaje de inhibición (%Inh) se encuentran dentro de la gama de valores reportados López-Martínez *et al*. (2009), quienes encontraron valores de inhibición de 12 a 22% y de 4,5 a 35% delos radicales DPPH y ABTS, en fenólicos solubles extraídos de maíz con diferentes pigmentaciones.

Las diferencias de los resultados del presente estudio con respecto a lo reportado por diversos autores en la determinación de fenólicos solubles de tipo flavonoide y capacidad antioxidante de genotipos pigmentados de maíz, se debe principalmente a las características propias de los genotipos analizados y a las condiciones utilizadas en los procesos de extracción y cuantificación (tiempo de extracción, solvente de extracción, estándar de referencia).

Conclusiones

El genotipo TZII presentó los mayores niveles en las evaluaciones de flavonoides totales y capacidad antioxidante DPPH y ABTS, mientras que los genotipos ELSA y MO presentaron el mayor contenido de taninos condensados y antocianinas totales, respectivamente, por lo que estos tres genotipos pudieran utilizarse en el futuro como base de mejoramiento genético con el fin de aumentar calidad nutracéutica. Los resultados de las evaluaciones de compuestos fenólicos solubles tipo flavonoide y capacidad antioxidante de los cinco genotipos de este trabajo en la gran mayoría de los casos se encuentran dentro de la gama de valores o son superiores a los datos reportados previamente por otros autores en genotipos pigmentados de maíz.

Agradecimientos

A Fundación Produce Nuevo León A.C. por el recurso económico otorgado para la colecta de los genotipos pigmentados de maíz. A Valeria Lizeth Quintanilla-Rosales y Karen Galindo-Luna por ser parte de la investigación como estudiantes del Programa Educativo de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Al Programa de Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica 2015 de la Universidad Autónoma de Nuevo León (PAICYT-UANL) por el financiamiento otorgado al Dr. Guillermo Niño-Medina y al Dr. Francisco Zavala-García a través de los proyectos CT255-15 y CT252-15, respectivamente.

Bibliografía

Abdel-Aal, ESM, Hucl P (1999). A rapid method for quantifying total anthocyanins in blue aleurone and purple pericarp wheats. Cereal Chemistry 76: 350-354.

Bello-Pérez LA, Camelo-Méndez GA, Agama-Acevedo E, Utrilla-Coello RG (2016). Aspectos nutracéuticos de los maíces pigmentados: digestibilidad de los carbohidratos y antocianinas. Agrociencia 50:1041-1063.

Camelo-Méndez GA, Bello-Pérez LA (2014). Antioxidant capacity of extractable and non-extractable polyphenols of pigmented maize. Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences 5: 6-13.

Capocchi A, Bottega S, Spanò C, Fontanini D (2017). Phytochemicals and antioxidant capacity in four Italian traditional maize (*Zea mays* L.) varieties. International Journal of Food Sciences and Nutrition 68: 515-524.

Escalante-Aburto A, Ramírez-Wong B, Torres-Chávez PI, Barrón-Hoyos JM, Figueroa-Cárdenas JD, López-Cervantes J (2013). La nixtamalización y su efecto en el contenido de antocianinas de maíces pigmentados, una revisión. Revista Fitotecnia Mexicana 36: 429-437.

Kato TA, Mapes C, Mera LM, Serratos JA, Bye RA (2009). Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México DF. 116 pp.

López-Contreras JJ, Zavala-García F, Urías-Orona V, Martínez-Ávila GCG, Rojas R, Niño-Medina G (2015). Chromatic, phenolic and antioxidant properties of *Sorghum bicolor* genotypes. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 43: 366-370.

López-Martínez LX, Oliart-Ros RM, Valerio-Alfaro G, Lee CH, Parkin KL, García HS (2009). Antioxidant activity, phenolic compounds and anthocyanins content of eighteen strains of Mexican maize. LWT-Food Science and Technology 42: 1187-1192.

Manach C, Scalbert A, Morand C, Rèmèsy C, Jiménez L (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. American Journal of Clinical Nutrition 79: 727-747.

Mora-Rochín S, Gaxiola-Cuevas N, Gutiérrez-Uribe JA, Milán-Carrillo J, Milán-Noris EM, Reyes-Moreno C, Serna-Saldívar SO, Cuevas-Rodríguez EO (2016). Effect of traditional nixtamalization on anthocyanin content and profile in Mexican blue maize (*Zea mays* L.) landraces. LWT-Food Science and Technology 68: 563-569.

Nankar AN, Dungan B, Paz N, Sudasinghe N, Schaub T, Holguin FO, Pratt RC (2016). Quantitative and qualitative evaluation of kernel anthocyanins from southwestern United States blue corn. Journal of the Science of Food and Agriculture 96: 4542-4552.

Ramos-Escudero F, Muñoz AM, Alvarado-Ortíz C, Alvarado A, Yañez JA (2012). Purple corn (*Zea mays* L.) phenolic compounds profile and its assessment as an agent against oxidative stress in isolated mouse organs. Journal of Medicinal Food 15: 206-215.

Scalbert A, Williamson G (2000). Dietary intake and bioavailability of polyphenols. The Journal of Nutrition 130: 2073S-2085S.

Serna-Saldívar SO, Gutiérrez-Uribe JA, Mora-Rochin S, García-Lara S (2013). Potencial nutraceútico de los maíces criollos y cambios durante el procesamiento tradicional y con extrusión. Revista Fitotecnia Mexicana 36 (3A): 295-304.

Urias-Lugo DA, Heredia JB, Serna-Saldivar SO, Muy-Rangel MD, Valdez-Torres JB (2015). Total phenolics, total anthocyanins and antioxidant capacity of native and elite blue maize hybrids (*Zea mays* L.) CyTA-Journal of Food 13: 336-339.

Žilić S, Serpen A, Akıllıoğlu G, Gökmen V, Vančetović J (2012). Phenolic compounds, carotenoids, anthocyanins, and antioxidant capacity of colored maize (*Zea mays* L.) kernels. Journal of Agricultural and Food Chemistry 60: 1224-1231.

Žilić S, Kocadağli T, Vančetović J, Gökmen V (2016). Effects of baking conditions and dough formulations on phenolic compound stability, antioxidant capacity and color of cookies made from anthocyanin-rich corn flour. LWT-Food Science and Technology 65: 597-603.

(Aceptado para publicación el 12 de julio de 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

C. Santiago[a], F. Vicente[†,*], J.D. Jiménez-Calderón, A. Soldado y A. Martínez-Fernández[†]

Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA), Ctra. Oviedo s/n, 33300 Villaviciosa (Asturias), España
[a] Dirección actual: MISC International, C/ Federico Cantero Villamil 2B, 28935 Móstoles, Madrid
[†] Estos dos autores han codirigido este trabajo

Resumen

Los modelos de alimentación para la producción de leche de vaca se clasifican tradicionalmente en base a la superficie agraria destinada al cultivo de maíz. Sin embargo, la composición de las raciones es variable debido a la dinámica de producción de forraje, la rotación de cultivos, la disponibilidad de alimentos en el mercado, los requerimientos de las vacas, etc. Así, la superficie de cultivo no siempre puede asociarse con la ración. Por ello, el objetivo de este estudio fue identificar los modelos de alimentación efectivamente utilizados en las ganaderías de leche del Principado de Asturias. Para este propósito se seleccionaron 16 explotaciones en función de la superficie destinada al cultivo de maíz y al uso de pastoreo, que fueron monitorizadas desde el verano de 2014 a la primavera de 2015. Trimestralmente se registró la oferta de alimentos y la producción de leche y se realizó una toma de muestras de alimentos y leche. Mediante análisis de clúster se describieron siete modelos de alimentación efectivamente usados en función del principal ingrediente de la ración. Con independencia de la superficie agraria, el ensilado de maíz se confirma como un pilar en la dieta de las vacas de leche en varios de los modelos. Su utilización reduce el consumo de concentrado en la ración y puede mejorar la composición de la leche en cuanto a proteína, lactosa y extracto seco magro.

Palabras clave: Producción de leche de vaca, manejo de alimentación, forrajes, concentrado.

Abstract
Characterization of feeding models used on dairy farms in Asturias (Spain): influence on milk performance

The models of dairy cow production are traditionally based on the usable agricultural area for maize culture. However, the composition of the diets varies throughout the year, because of the annual dynamic change of forage production, the forage rotation, the different cow requirements according to changes in the physiological state, etc. So, the crop area cannot always be associated with the ration. Therefore, the aim of this study was to identify the different feeding models used in dairy farms in the Principality of Asturias (Spain). In order to achieve this, sixteen dairy farms were selected according to grazing situation and the land destined for maize culture. A survey was compiled quarterly since sum-

* Autor para correspondencia: fvicente@serida.org
http://doi.org/10.12706/itea.2017.021

mer of 2014 to spring of 2015. The farmers were interviewed about production and feed offered, and feed and milk were sampled. The ingredients of the ration and their amounts offered were analyzed by cluster analysis to establish actual feeding models. Seven feeding models were identified according to the main ingredient of the ration. The feeding model affects milk production, milk composition and the concentrate efficiency. Maize silage has become the mainstay of the diet in dairy farms. Increasing the amount of maize silage in the ration improves the milk content in protein, lactose and solids-non-fat, while the concentration of fat content was not affected.

Keywords: Dairy cow, feeding management, forages, concentrate, milk performance.

Introducción

Las condiciones del clima oceánico en el Arco Atlántico favorecen la producción de pastos y forrajes utilizados en la alimentación del vacuno de leche. Los modelos basados en pastoreo permiten un ahorro del coste de alimentación en las explotaciones (Soder y Rotz, 2001). Sin embargo, en los últimos años se ha producido un proceso de intensificación en la producción de leche (Álvarez *et al.*, 2008). Esta intensificación ha ido dirigida hacia un modelo de ganadería con gran utilización de insumos y maximización de la producción de leche por vaca, con una estabulación permanente de los animales en detrimento del pastoreo, una mayor utilización de concentrados en la dieta y un incremento en el número de vacas por hectárea (Van Dijk *et al.*, 2015). Además, esta intensificación no se ha visto acompañada por un incremento en la base territorial de las granjas (Sociedad Asturiana de Estudios Económicos e Industriales; SADEI, 2010), por lo que, actualmente hay una elevada dependencia de la superficie agraria útil (SAU), principalmente de la superficie destinada al cultivo de maíz, debido a su importancia para la producción de leche. Así pues, en los últimos años las explotaciones se han ido especializando en la producción de ensilado de maíz (Borreani *et al.*, 2013). Esta especialización ha sido común en todo el Arco Atlántico, y así la superficie destinada a cultivo de maíz forrajero en los Países Bajos ha pasado de no existir en 1950 a suponer 230.000 ha en la actualidad (Van Dijk *et al.*, 2015). Esta tendencia se repite a través de toda la costa atlántica, incluyendo el norte de España, en donde se reúnen el 79% de los productores de leche del país.

Arango y Fernández (2011) identificaron cinco modelos de producción de leche en el Principado de Asturias: un modelo de explotación que compra todos los alimentos fuera de ella y cuatro modelos que se diferencian por la cantidad de superficie agraria útil que destinan al cultivo de maíz forrajero. Recientemente, una encuesta llevada a cabo en el 2% del total de explotaciones de vacuno lechero en Asturias (Jiménez-Calderón *et al.*, 2015) ha revelado que el maíz forrajero es el ingrediente más utilizado en ganaderías intensivas, mientras que el pastoreo se encuentra en desuso, siendo una práctica más habitual de las ganaderías menos intensivas y con sistemas más tradicionales. Actualmente, coexiste una amplia diversidad de explotaciones de leche: ganaderías de pequeño y de gran tamaño, granjas que usan métodos completamente artesanales y las que poseen las tecnologías más avanzadas, ganaderías familiares, cooperativas de ganaderos o pertenecientes a grandes corporaciones. De acuerdo con los resultados de Jiménez-Calderón *et al.* (2015), el mejor criterio para describir el tipo de explotación es el uso o no del pastoreo y, dentro del tipo que no utiliza el pastoreo, se identificaron tres tipos de explotaciones atendiendo al porcentaje de SAU que destinan al cultivo de maíz: menos del

20%, entre un 20-75% y más del 75% de la SAU. Ahora bien, debido al relieve de la región, caracterizada por una pendiente media superior al 40%, el cultivo de maíz forrajero no siempre es posible (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación; MAPA, 2003). Además, la ración de las vacas de leche varía a lo largo del año debido a los diferentes requerimientos de las vacas de acuerdo a su estado fisiológico, a la dinámica anual de producción del forraje y a la rotación anual de cultivo de invierno y verano, aunque en estudios preliminares (Jiménez-Calderón *et al.,* 2015; Santiago *et al.*, 2015a) se observó que la estación del año no tuvo efecto significativo sobre los parámetros productivos a excepción de la proporción de grasa de la leche y de algunos ácidos grasos (CLA y 18:3n3). En consecuencia, la SAU no siempre puede asociarse directamente a la ración disponible. Así pues, el objetivo del presente estudio fue identificar los modelos de alimentación utilizados realmente en las ganaderías de leche de vaca de Asturias a través de la monitorización a lo largo de un año de ganaderías representativas de la región en cuanto a tamaño del rebaño, cultivos forrajeros, sistemas de producción y tecnología utilizada. Además, se han estudiado también los efectos de los modelos de alimentación sobre la producción de la leche.

Material y métodos

Selección de las explotaciones

Para llevar a cabo el trabajo se seleccionaron 16 ganaderías de vacuno lechero raza Frisona-Holstein. Las ganaderías fueron divididas en cuatro grupos de acuerdo a los modelos caracterizados previamente por Jiménez-Calderón *et al*. (2015): pastoreo, no pastoreo con menos del 20% de la SAU destinada a maíz, no pastoreo con 20-75% de la SAU destinada a maíz y no pastoreo con más del 75% de la SAU destinada a maíz. La Tabla 1 proporciona una descripción detallada de las ganaderías seleccionadas. Una explotación decidió dejar de colaborar tras el primer muestreo y sus resultados no fueron incluidos en el trabajo.

Encuestas de alimentación y toma de muestras

Las explotaciones seleccionadas fueron monitorizadas durante un año, desde el verano de 2014 a la primavera del 2015, en el que se realizaron cuatro visitas a cada una. En los cuestionarios realizados a los ganaderos en cada visita se recogieron datos acerca del número de vacas en lactación, semana media de lactación, ingredientes que componen la ración, cantidad ofertada de cada uno de ellos, cantidad de hierba fresca ofertada (en el caso de ganaderías con pastoreo), modo de adquisición de los ingredientes y producción media de leche. La hierba ingerida en pastoreo por las vacas fue estimada sustrayendo la cantidad de materia seca aportada en el establo, de acuerdo a la información aportada por el ganadero, de la cantidad máxima de materia seca ingerida por vaca estimada mediante la ecuación de predicción del National Research Council (NRC, 2001) para vacas Holstein en lactación:

$$MSI = (0{,}372 \times LCG + 0{,}0968 \times PV^{0{,}75}) \times (1 - e^{(-0{,}192 \times (SEM + 3{,}67))})$$

Donde MSI = materia seca ingerida máxima teórica (kg/día), LCG = leche corregida para el 4% de grasa (kg/día), PV = peso vivo (kg) y SEM = semana de lactación. Se aplicó para el estudio una media de peso vivo de 620 kg. Cuando con los alimentos aportados en el pesebre se cubría la materia seca ingerida teórica de los animales según su peso, producción y semana de lactación, se consideró que no ingerían hierba aun en los casos en que los animales tuvieran acceso al pasto.

Tabla 1. Características de las ganaderías seleccionadas
Table 1. Characteristics of the dairy farms selected

Ganadería	Tipo[1]	Municipio	Vacas (nº)	Cuota láctea (kg/año)	SAU (ha)
1	Pastoreo	Gijón	30	260.898	30
2	Pastoreo	Tineo	61	289.850	36
3	Pastoreo	Tineo	20	134.127	14
4	Pastoreo	Castropol	11	62.600	10
5	<20% SAU para maíz	Tineo	20	197.158	23
6	<20% SAU para maíz	Tineo	39	256.004	8
7	<20% SAU para maíz	Valdés	10	79.178	9
8	<20% SAU para maíz	Valdés	36	321.938	30
9	>75% SAU para maíz	Gozón	50	439.585	12
10	>75% SAU para maíz	Navia	80	983.734	67
11	>75% SAU para maíz	Valdés	103	1.221.674	52
12[2]	>75% SAU para maíz	El Franco	139	1.563.549	60
13	20-75% SAU para maíz	Gozón	24	132.349	24
14	20-75% SAU para maíz	Piloña	72	665.417	23
15	20-75% SAU para maíz	Tineo	90	914.741	45
16	20-75% SAU para maíz	Coaña	36	275.696	27

SAU: Superficie Agraria Útil.

[1] De acuerdo con Jiménez-Calderón *et al*. (2015).

[2] La ganadería número 12 decidió dejar de colaborar con el estudio después del primer muestreo. Sus datos no fueron procesados.

Se tomaron muestras de aproximadamente 1 kg de cada ingrediente de la ración en fresco (ensilados, henos, paja, concentrados, etc.), así como de la ración mezclada en las explotaciones que elaboraban la ración con carro mezclador y del pasto en las parcelas de las explotaciones con pastoreo. La hierba fue muestreada con un cortacésped manual a una altura de 6 cm en 4 zonas diferentes elegidas al azar. Se muestreó la leche del tanque tras 2 minutos de agitación, con la premisa de que hubiera un número par de ordeños, y se adicionó azidiol para su conservación. Todas las muestras se mantuvieron refrigeradas y fueron analizadas a su llegada al laboratorio.

Análisis de muestras

Las muestras de ensilados, hierba fresca y de ración completa mezclada fueron secadas a 60ºC durante 24 h (de la Roza-Delgado *et al.*, 2002) y molidas a un tamaño de partícula de 0,75 mm. Los concentrados fueron molidos hasta un tamaño de partícula de 1,00 mm.

Las muestras de alimentos fueron analizadas para determinar su contenido en materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB) y fibra neutro detergente (FND) por espectroscopía del infrarrojo cercano (FOSS NIRSystem 5000, Silver Spring, MD, USA) en el Laboratorio de Nutrición Animal del SERIDA, acreditado por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) conforme a los criterios recogidos en la norma UNE-EN ISO/IEC 17025. El contenido en energía neta de leche (ENl) fue estimado en todas las muestras de acuerdo al NRC (2001).

En las muestras de leche se analizó el contenido en grasa, proteína, extracto seco magro, lactosa y urea por reflectancia en el infrarrojo medio (MilkoScan FT 6000, Hillerød, Denmark) en el Laboratorio Interprofesional Lechero y Agroalimentario de Asturias, acreditado por ENAC bajo la norma UNE EN-ISO/IEC 17025.

Análisis estadístico

En cada ganadería se realizaron cuatro muestreos, uno por cada estación, con el fin de representar la variación de ingredientes a lo largo del año. Se realizó un análisis tipo clúster con los ingredientes que componían la ración en cada muestreo con el fin de definir los modelos de alimentación característicos. El cuadrado de la distancia euclídea se utilizó para calcular la similitud entre muestras. Tras el análisis de clúster, las 60 raciones se reagruparon en función de los ingredientes realmente ofertados en los nuevos modelos de alimentación descritos, independientemente de la estación. El análisis de los resultados de las 60 raciones se realizó considerando el valor nutritivo de la dieta, la producción de leche y su composición química en cada muestreo, mediante un modelo mixto considerando el efecto del modelo de alimentación identificado como factor fijo y el debido al muestreo de la ración, con independencia de la estación y la explotación ganadera, como factor aleatorio. Cuando las diferencias entre medias fueron significativas, se realizó un test de Duncan que compara diferencias entre muestras de grupos de diferentes tamaños. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa estadístico R (R Core Team, 2015).

Resultados

A través del análisis de clúster se identificaron los diferentes modelos de alimentación que están presentes actualmente en el Principado de Asturias en función de la proporción en materia seca de los ingredientes de 60 raciones identificadas en las ganaderías colaboradoras y monitorizadas a lo largo de un año. El dendrograma generado (Figura 1) muestra las diferentes posibilidades de agrupar las 60 raciones de acuerdo a secciones a diferentes alturas elegidas arbitrariamente, tomando las similitudes entre ingredientes como umbral de discriminación para definir los grupos homogéneamente. Así pues, para discriminar los modelos de alimentación, la primera sección considerada permitió establecer siete grupos que denominamos: Pastoreo (P); Ensilado de maíz (M); Ensilado de hierba (H); Forraje seco con alta proporción de ensilado de maíz (FMa); Forraje seco con baja proporción de ensilado de maíz (FMb); Concentrado con alta proporción de ensilado de maíz (CMa); y Concentrado con baja proporción de ensilado de maíz (CMb).

En la Tabla 2 se muestra la proporción de ingredientes y los valores nutritivos medios de las raciones en los siete modelos de alimentación identificados. La ratio forraje:concentrado fue mayor ($P<0,001$) en los modelos H (73:27) y M (71:29) que en los modelos CMa y CMb (55:45 y 47:53, respectivamente). En todos los modelos de alimentación la mayoría de los forrajes se produjeron en la propia explotación, excepto el forraje seco, y el resto de los alimentos fueron adquiridos fuera de la ex-

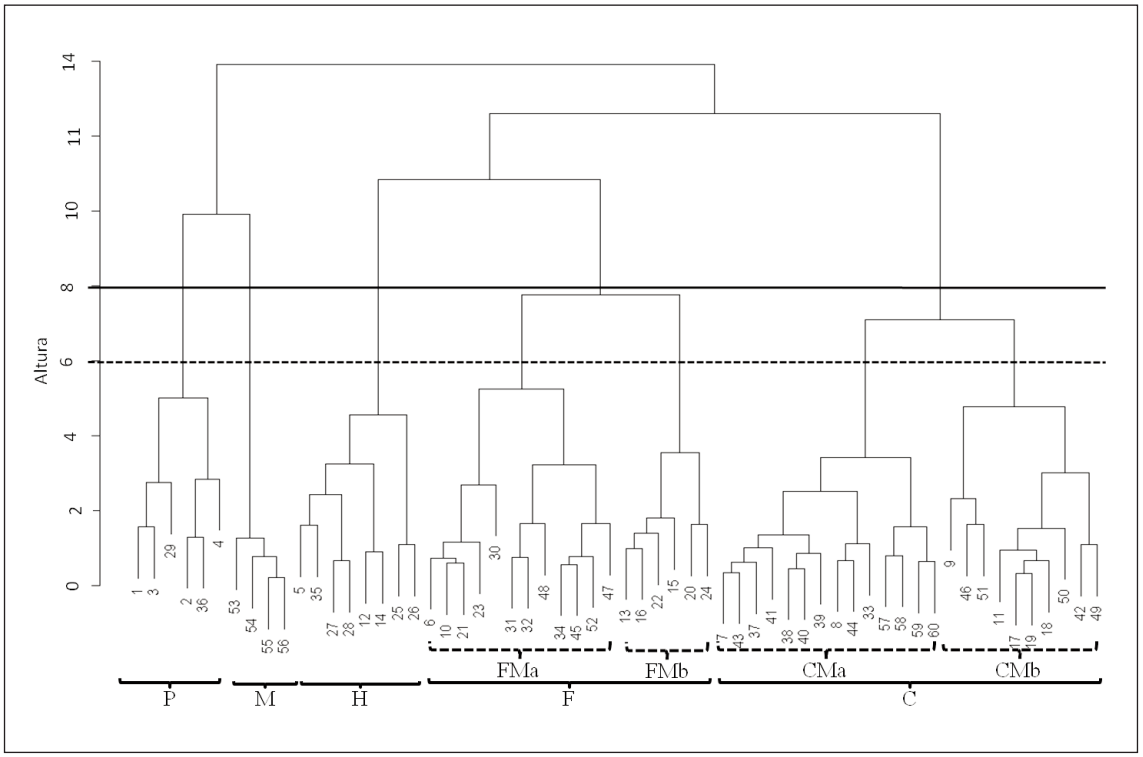


Figura 1. Dendrograma generado tras el análisis de clúster de las raciones identificadas. Los números indican el código de cada ración. Las líneas horizontales representan el valor umbral de similitud arbitrariamente elegido para discriminar siete (línea discontinua) o cinco (línea continua) grupos homogéneos. P: Pastoreo; M: Ensilado de maíz; H: Ensilado de hierba; F: Forraje seco; FMa: Forraje seco con alta proporción de ensilado de maíz; FMb: Forraje seco con baja proporción de ensilado de maíz; C: Concentrado; CMa: Concentrado con alta proporción de ensilado de maíz; CMb: Concentrado con bajo proporción de ensilado de maíz.

Figure 1. Dendrogram of cluster analysis. Category numbers mean code of ration. The lines represent the threshold similarity value arbitrarily chosen for discriminating seven (dashed line) or five (full line) homogenous clusters. P: Grazing; Ms: Maize silage; H: Grass silage; F: Dry forage; FMa: Dry; forage plus high proportion of maize silage; FMb: Dry forage plus low proportion of maize silage; C: Concentrate; CMa: Concentrate plus high proportion of maize silage; CMb: Concentrate plus low proportion of maize silage.

plotación. Sin embargo, mientras en los modelos P, M, y H los cultivos propios constituyen el 68% de la ración, en los modelos FMb y CMa estos suponen sólo el 32% (P<0,001), y en los modelos FMa y CMa el 49%. Así pues, la proporción de materias primas (forrajes y concentrados) comprados fuera de la explotación fue significativamente mayor en los modelos FMb y CMb (68%) que en el resto de modelos (40%, P<0,001). No hubo diferencias en las concentraciones medias de MO y PB (91,5 y 14,4%, respectivamente) entre los diferentes modelos identificados. El modelo H tuvo la proporción de FND media más alta (52,0%) y el contenido en energía más bajo (1,44 Mcal ENl/kg MS) mostrando diferencias

Tabla 2. Contenido en ingredientes y nutrientes (% materia seca excepto energía expresada en Mcal/kg de MS) de las raciones de los siete modelos de alimentación identificados
Table 2. Ingredient composition (% dry matter basis), nutritive value (% DM) and energy content (Mcal/kg DM) of the seven feeding models identified

	P	M	H	FMa	Fmb	CMa	CMb	rsd	P
N	6	4	8	12	6	14	10		
Ingredientes									
Hierba	40,4^{b}	0,0^{a}	10,6^{a}	13,7^{a}	2,7^{a}	0,8^{a}	1,1^{a}	8,42	***
Ensilado maíz	22,8^{b}	61,9^{c}	2,0^{a}	13,3^{ab}	0,0^{a}	26,4^{b}	4,6^{a}	10,49	***
Ensilado hierba	2,8^{a}	7,3^{a}	56,3^{c}	20,5^{b}	29,1^{b}	25,2^{b}	26,8^{b}	10,58	***
Forraje seco	1,2^{a}	1,8^{a}	4,6^{a}	15,9^{b}	38,2^{c}	2,3^{a}	14,9^{b}	5,75	***
Concentrado	32,8^{a}	29,1^{a}	26,6^{a}	36,7^{a}	30,0^{a}	45,3^{b}	52,6^{b}	6,95	***
Valor nutritivo									
MO	91,4	91,7	91,6	91,7	94,7	86,7	92,7	3,65	NS
PB	14,9	16,4	12,6	14,4	14,1	14,2	14,4	4,45	NS
FND	39,0^{a}	37,0^{a}	52,0^{b}	45,2^{a}	41,3^{a}	43,2^{a}	44,1^{a}	5,61	***
ENl	1,6^{b}	1,6^{b}	1,4^{a}	1,6^{b}	1,6^{b}	1,6^{b}	1,6^{b}	0,08	***

P: Pastoreo; M: Ensilado de maíz; H: Ensilado de hierba; FMa: Forraje seco con alta proporción de ensilado de maíz; FMb: Forraje seco con baja proporción de ensilado de maíz; CMa: Concentrado con alta proporción de ensilado de maíz; CMb: Concentrado con bajo proporción de ensilado de maíz.

Materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB) y fibra neutro detergente (FND), contenido en energía neta de leche (ENl).

[a,b,c] Diferentes letras dentro de una misma fila indican diferencias significativas.

estadísticamente significativas con la media del resto de los modelos de alimentación (41,6% FND y 1,58 Mcal ENl/kg MS, P<0,001).

La Tabla 3 muestra la producción y la composición de la leche en función de los modelos de alimentación identificados. La producción de leche fue diferente entre modelos de alimentación. La producción más baja fue en los modelos P, H, y FMb con una media de 15,7 L/día, mientras el modelo M mostró la mayor producción (37,0 L/día; P<0,001). Los modelos de alimentación FMa, CMa y CMb presentaron valores intermedios y estadísticamente diferentes (P<0,05) a los otros modelos de alimentación. El modelo M utilizó más eficientemente el concentrado para la producción de leche, con 165 g/L de leche, que el resto de modelos, que necesitaron una media de 378 g/L (P<0,001). Los modelos H y CMb necesitaron más de 440 g de concentrado para producir un litro de leche. El modelo M mostró los valores más altos de proteína, lactosa, extracto seco magro y urea, con diferencias estadísticas con los otros modelos descritos (P<0,001), excepto en el contenido en lactosa y sólidos no grasos de la leche con los modelos CMa y CMb. Los valores de urea están dentro del rango normal de la leche de vaca, aunque los modelos P y M presentaron la concentración más baja y más alta respectivamente.

Tabla 3. Producción (L/día) y composición (%) de la leche en los modelos de alimentación identificados
Table 3. Milk yield (L/day) and milk composition (%) according to the seven feeding models identified

	P	M	H	FMa	Fmb	CMa	CMb	rsd	P
N	6	4	8	12	6	14	10		
Producción	14,5^{a}	37,0^{c}	15,3^{a}	25,9^{b}	17,4^{a}	29,4^{bc}	25,4^{b}	5,13	***
Grasa	3,88	3,83	3,86	3,76	3,66	3,86	3,81	0,228	NS
Proteína	3,10^{a}	3,42^{b}	3,13^{a}	3,10^{a}	3,15^{a}	3,22^{a}	3,17^{a}	0,119	***
Lactosa	4,74^{a}	4,83^{b}	4,72^{a}	4,73^{a}	4,69^{a}	4,81^{ab}	4,79^{ab}	0,079	**
Sólidos no grasos	8,61^{a}	8,98^{b}	8,58^{a}	8,58^{a}	8,61^{a}	8,79^{ab}	8,71^{ab}	0,179	**
Urea (mg/L)	201^{a}	306^{c}	265^{b}	264^{ab}	212^{a}	298^{b}	261^{ab}	52,3	***

P: Pastoreo; M: Ensilado de maíz; H: Ensilado de hierba; FMa: Forraje seco con alta proporción de ensilado de maíz; FMb: Forraje seco con baja proporción de ensilado de maíz; CMa: Concentrado con alta proporción de ensilado de maíz; CMb: Concentrado con bajo proporción de ensilado de maíz.
^{a,b,c} Diferentes letras dentro de una misma fila indican diferencias significativas.

Discusión

Las explotaciones monitorizadas estaban distribuidas en las zonas costera-central, costera-occidental e interior-occidental del Principado de Asturias. En estas zonas se acumula más del 80% de las explotaciones de producción bovina de leche y su producción representa el 90% del total para la región. Adicionalmente se incluyó en el estudio una explotación de la zona del interior-oriental por la importancia de la industria láctea en esta zona. La producción de leche en las explotaciones seleccionadas representa alrededor del 1,5% de la producción regional de leche, que se considera una muestra representativa. La media de producción de leche en las explotaciones muestreadas fue 9.500 L/vaca o 16.600 L/ha. Estos valores están incluidos en el rango encontrado en las explotaciones lecheras en Europa (McCarthy *et al*., 2011). El criterio de clasificación de las explotaciones de leche basado en la SAU disponible para el cultivo de maíz descrito por Arango y Fernández (2011) o Jiménez-Calderón *et al*. (2015) no tiene en cuenta las fluctuaciones de los alimentos a lo largo del año, porque el ganado raramente dispone siempre del mismo alimento. Ejemplo de ello lo encontramos en nuestro estudio, donde sólo dos de las quince explotaciones mantuvieron los mismos ingredientes en la ración a lo largo de todo el año, aunque con diferentes proporciones entre períodos de muestreo. El análisis de clúster permitió la clasificación de los modelos de alimentación teniendo en cuenta la variación de los ingredientes en las raciones por cada período de muestreo. De esta manera, se obtuvieron varios criterios para establecer grupos de alimentación. Aunque las similitudes intragrupo en el contenido en ingredientes de la ración eran mayores a medida que se dividían los modelos de alimentación en un mayor número de grupos, no sucedía lo mismo con la producción de leche. Tomando como base este último criterio, los resul-

tados revelaron que no había diferencias en la composición de la leche entre el modelo FMa ni el FMb y tampoco entre el modelo CMa ni el CMb. Por este motivo se decidió unir los modelos que no producían diferencias en la composición de la leche en uno de forraje seco (F) y otro de concentrado (C) (Figura 1). Esto fue posible porque la diferente proporción de ensilado de maíz entre los modelos FMa y FMb y entre CMb y CMa, no proporcionaba información adicional. Por lo tanto, se eligieron finalmente cinco grupos de clasificación para describir los modelos de alimentación en función del principal ingrediente de la ración: Pastoreo, Ensilado de maíz, Ensilado de hierba, Forraje seco y Concentrado.

Los resultados obtenidos de acuerdo con el criterio de clasificación de pastoreo y SAU destinada al maíz, son completamente diferentes. Así pues, las explotaciones clasificadas como pastoreo de acuerdo a Jiménez-Calderón *et al*. (2015) (Tabla 1) compraban hasta un 24% del forraje fuera de la explotación (Santiago *et al*., 2015b), mientras que en las explotaciones de vacuno lechero identificadas en este estudio como modelo P se produjo un ahorro en la compra de alimentos (1,7% del forraje comprado), lo cual ayuda a mejorar la sostenibilidad de la producción lechera. Adicionalmente, el análisis de clúster de las raciones identificadas añade dos modelos de alimentación adicionales a los descritos por Arango y Fernández (2011) y Jiménez-Calderón *et al*. (2015), que incluyen una notable proporción de forraje seco (F) y concentrados (C) en la ración.

Independientemente del modo de clasificación utilizado para definir los modelos de alimentación, la mayor producción de leche y la mayor eficiencia en el uso de concentrado fue coincidente con la asociación a la superficie de cultivo de maíz (Jiménez-Calderón *et al*., 2015) y con nuestro modelo M. Esto confirma la importancia del cultivo de maíz y su uso como ensilado en la producción de leche en esta región, donde la alta producción de maíz sin necesidad de regadío y su elevado contenido en almidón ha hecho que este alimento sea irreemplazable como forraje de verano en las condiciones del Arco Atlántico (Van Dijk *et al*., 2015). Por otro lado, la producción de leche es significativamente baja en otros modelos de alimentación, aunque con un buen manejo del pasto disponible o de los cultivos forrajeros sería posible lograr niveles aceptables de producción y sostenibilidad (Ineichen *et al*., 2014), como sería el caso de los modelos P y H basados en los recursos propios de la explotación, con un descenso importante en los costes de producción, resultado de una menor compra de semillas, herramientas, maquinaria, uso de fertilización orgánica, etc., costes que se elevan en sistemas más intensivos y dependientes de compras externas (F y C).

Los modelos P, M, H, F, con una ratio similar de forraje:concentrado, mostraron grandes variaciones en la composición de la leche. La concentración de proteína y urea fue alta en la leche procedente de explotaciones correspondientes a los modelos basados en una alta oferta de ensilado de maíz (M) y concentrado (C). El alto contenido de almidón del ensilado de maíz y del concentrado podría incrementar la acumulación de propionato en el rumen (Latham *et al*., 1974), resultando en un incremento en la proteína de la leche (Sutton, 1989). El alto contenido de urea en leche asociado a estos mismos modelos podría ser debido a una alta degradabilidad de la proteína ingerida del concentrado o a una desincronización en la degradación de la proteína y los carbohidratos de la dieta (Bargo *et al*., 2002). Westreicher-Kristen *et al*. (2014) indican que los suplementos proteicos incluidos en los piensos compuestos parecen tener una influencia significativa en la concentración de lactosa en leche. Liu *et al*. (2000) observaron que una alta proporción de lactosa en leche está asociada con una baja concentración de

lisina circulante en sangre. Estos autores hipotetizaron que un desequilibrio de la lisina dietética puede disminuir la síntesis de proteína láctea y originar entonces un exceso de otros aminoácidos que podrían ser usados para la gluconeogénesis y la síntesis de lactosa. Además, el posible exceso de aminoácidos resultaría en una desaminación de los no utilizados, que incrementaría la síntesis de urea en el hígado y finalmente la excreción de urea en leche. No obstante, Nousiainen *et al*. (2004) indican que la proteína de la dieta tiene más impacto en la urea en leche que los aminoácidos absorbidos y no utilizados en la síntesis de la proteína de la leche.

La proporción de grasa de la leche no muestra diferencias entre los modelos de alimentación, de acuerdo con Kay *et al*. (2005). En un estudio similar llevado a cabo en 20 explotaciones de leche con cinco estrategias diferentes de alimentación, Borreani *et al*. (2013) no encontraron diferencias en el contenido de grasa con una alimentación con una alta proporción de concentrado en la dieta (30,5%) o con pasto y baja cantidad de concentrado (15,2%). Sin embargo, ambas estrategias tenían diferentes contenidos en FND. Quizás esto se produce en nuestro estudio porque, aunque el modelo P aportó un 32,8% de concentrado y el modelo C un 48,3%, ambos tienen una proporción similar de FND. En contraste, algunos autores han encontrado incrementos en el contenido de grasa en leche en el caso de vacas estabuladas (Morales-Almaráz *et al*., 2011; Capuano *et al*., 2014; Mitani *et al*., 2016).

Conclusiones

A partir de los principales ingredientes de la ración en las explotaciones lecheras de Asturias, en el presente estudio se han descrito siete modelos de alimentación. Ahora bien, la proporción variable de ensilado de maíz en los modelos cuyo principal ingrediente es el forraje seco o el concentrado no origina diferencias en la composición de la leche entre dichos modelos. Por lo tanto pueden ser agrupados finalmente en cinco modelos: Pastoreo, Ensilado de maíz, Ensilado de hierba, Forraje seco y Concentrado. La alimentación influyó sobre la producción de la leche, su composición y la eficiencia en la utilización del concentrado. El uso de ensilado de maíz en la ración puede mejorar la composición de la leche en cuanto a proteína, lactosa y extracto seco magro, además de reducir el consumo de concentrado en la ración.

Agradecimientos

Trabajo financiado por el proyecto INIA RTA 2012-00065-C05-01, cofinanciado por fondos FEDER. José Daniel Jiménez-Calderón es beneficiario de una beca predoctoral FPI-INIA. Este trabajo fue posible gracias a la colaboración de los ganaderos que participaron. Los autores quieren agradecer a Consuelo González y María Antonia Cueto su colaboración en los muestreos.

Bibliografía

Álvarez A, del Corral J, Solís D, Pérez JA (2008). Does intensification improve the economic efficiency of dairy farms? Journal Dairy Science 91: 3693-3698.

Arango J, Fernández B (2011). Tablero de gestión de la explotación lechera. CLAS SAT, Siero, España. 454 pp.

Bargo F, Muller LD, Delahoy JE, Cassidy TW (2002). Performance of high producing dairy cows with three different feeding systems combining pasture and total mixed rations. Journal Dairy Science 85: 2948-2963.

Borreani G, Coppa M, Revello-Chion A, Comino L, Giaccone D, Ferlay A, Tabacco E (2013). Effect of different feeding strategies in intensive dairy farming systems on milk fatty acid profile, and implications on feeding costs in Italy. Journal Dairy Science 96: 6840-6855.

Capuano E, Van der Veer G, Boerrigter-Eenling R, Elgersma A, Rademaker J, Sterian A, Van Ruth SM (2014). Verification of fresh grass feeding, pasture grazing and organic farming by cows farm milk fatty acid profile. Food Chemistry 164: 234-241.

de la Roza-Delgado B, Martínez-Fernández A, Argamentería A (2002). Determinación de materia seca en pastos y forrajes a partir de la temperatura de secado para análisis. Pastos 32: 91-104.

Ineichen S, Piccand V, Chevalley S, Reidy B, Cutullic E (2014). Feeding strategies and feed self-sufficiency of dairy farms in the lowland and mountain area of Western Switzerland. En EGF at 50: The future of European grasslands. Proceedings of the 25th General Meeting of the European Grassland Federation, Aberystwyth, Wales, 7-11 Septiembre 2014. pp. 680-682. IBERS, Aberystwyth University.

Jiménez-Calderón JD, Santiago C, Martínez-Fernández A, Vicente F (2015). Current state of the feeding systems for dairy cows in the Principality of Asturias (Spain). En Grassland and forages in high output dairy farming systems. Proceedings of the 18th Symposium of the European Grassland Federation, Wageningen, Países Bajos, 15-17 Junio 2015. pp. 105-106. Wageningen Academic Publishers.

Kay JK, Roche JR, Kolver ES, Thomson NA, Baumgard LH (2005). A comparison between feeding systems (pasture and TMR) and the effect of vitamin E supplementation on plasma and milk fatty acid profiles in dairy cows. Journal Dairy Research 73: 322-332.

Latham MJ, Sutton JD, Sharpe ME (1974). Fermentation and microorganisms in the rumen and the content of fat in the milk of cows given low roughage rations. Journal Dairy Science 57: 803-810.

Liu C, Schingoethe DJ, Stegeman GA (2000). Corn distillers grains versus blend of protein supplements with or without ruminally protected amino acids for lactating cows. Journal Dairy Science 83: 2075-2084.

MAPA (2003). Anuario de estadística agroalimentaria. Secretaría General Técnica. Disponible en http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/2003/default.aspx (25 agosto 2016).

McCarthy B, Delaby L, Pierce KM, Journot F, Horan B (2011). Meta-analysis of the impact of stocking rate on the productivity of pasture-based milk production systems. Animal 5: 784-794.

Mitani T, Kobayashi K, Ueda K, Kondo S, (2016). Discrimination of 'grazing milk' using milk fatty acid profile in the grassland dairy area in Hokkaido. Animimal Science Journal 87: 233-241.

Morales-Almaráz E, de la Roza-Delgado B, González A, Soldado A, Rodríguez ML, Peláez M, Vicente F (2011). Effect of feeding system on unsaturated fatty acid levels in milk of dairy cows. Renewable Agriculture and Food Systems 26: 224-229.

Nousiainen J, Schingfield KJ, Huhtanen P (2004). Evaluation of milk urea nitrogen as a diagnostic of protein feeding. Journal Dairy Science 87: 386-398.

NRC (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. National Academic Press, Washington, EE.UU. 381pp.

R Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing. R. Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponible en https://www.R-project.org/ (25 agosto 2016).

SADEI (2010). Las explotaciones ganaderas en Asturias 2010. Evolución de las explotaciones y de la cuota láctea. Gobierno del Principado de Asturias, Oviedo, España. 283 pp.

Santiago C, Jiménez-Calderón JD, González A, Vicente F, Martínez-Fernández A (2015a). The amount of maize silage in the feed ration incluences milk composition in Northern Spain. En Grassland and forages in high output dairy farming systems. Proceedings of the 18th Sympo-

sium of the European Grassland Federation, Wageningen, Países Bajos, 15-17 Junio 2015. pp. 122-124. Wageningen Academic Publishers.

Santiago C, Vicente F, Martínez-Fernández A (2015b). Procedencia de los alimentos utilizados en las explotaciones de vacuno lechero del Principado de Asturias. XVI Jornadas sobre Producción Animal AIDA, 19 y 20 de mayo de 2015, Zaragoza, España, pp. 102-104.

Soder KJ, Rotz CA (2001). Economic and environmental impact of four levels of concentrate supplementation in grazing dairy herds. Journal Dairy Science 84: 2560-2572.

Sutton JD (1989). Altering milk-composition by feeding. Journal Dairy Science 72: 2801-2814.

Van Dijk H, Schukking S, Van der Berg R (2015). Fifty years of forage supply on dairy farms in the Netherlands. En Grassland and forages in high output dairy farming systems. Proceedings of the 18th Symposium of the European Grassland Federation, Wageningen, Países Bajos, 15-17 Junio 2015. pp. 12-20. Wageningen Academic Publishers.

Westreicher-Kristen E, Kaiser R, Steingass H, Rodehutscord M (2014). Effect of feeding dried distillers' grains with solubles on milk yield and milk composition of cows in mid-lactation and digestibility in sheep. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 98: 347-356.

(Aceptado para publicación el 28 de marzo de 2017)

Estado reproductivo de las ganaderías de vacuno lechero en el Principado de Asturias (España)

J.D. Jiménez-Calderón, F. Vicente[†,*], A. Carballal y A. Martínez-Fernández[†]

Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA), Ctra. Oviedo s/n, 33300 Villaviciosa (Asturias), España
[†] Estos dos autores han codirigido este trabajo

Resumen

El vacuno lechero está inmerso desde las últimas décadas en un proceso de intensificación. Con la hipótesis de que el volumen de producción está relacionado con la intensificación, se estudió la situación reproductiva actual y el manejo reproductivo en ganaderías de Asturias en relación a su volumen de producción. Mediante entrevistas personales al 2,4% de los ganaderos titulares activos, se obtuvieron los datos reproductivos de sus animales y del uso de tecnologías reproductivas. La producción por lactación y vaca fue inferior en las ganaderías de menor volumen de producción (6.656 L/vaca en las explotaciones con <175 t leche/año) que en el resto de niveles de producción (8.640, 9.322 y 10.070 L/vaca en las explotaciones que producían entre 175-325 t leche/año, entre 325-500 t leche/año y >500 t leche/año, respectivamente; P<0,001). Sin embargo, el número de lactaciones por vaca disminuyó conforme se incrementaba la producción de <175 a >500 t leche/año (6,1 a 3,0 lactaciones/vaca; P<0,001). Fueron necesarias 2,61 inseminaciones para conseguir un parto con independencia del nivel productivo, con un intervalo entre el parto y la fecundación de 131 días en las ganaderías de mayor producción y de 99 en las de menor (P<0,05). Conforme el tamaño del rebaño aumenta se incrementa la utilización de tratamientos hormonales, semen sexado y transferencia de embriones. No se observaron diferencias en la aparición de patologías reproductivas entre niveles de producción. Los resultados obtenidos muestran que el volumen de producción de las explotaciones afecta a los desempeños productivo y reproductivo de los animales.

Palabras clave: Índices reproductivos, nivel de producción, vaca lechera.

Abstract
Reproductive state of dairy cow sector in the Principality of Asturias (Spain)

The dairy sector has been involved in an intensification process for the last decades. Under the hypothesis that the milk yield is related to the level of intensification of herds, the current reproductive status and reproductive technologies used in the Principality of Asturias were evaluated in relation to the size of the dairy farms. This was carried out through a survey to 2.4% of total active dairy cows stakeholders in the region to obtain reproductive data and the use of reproductive technologies. The yield per lactation and cow was lower in the farms with less production level (6,656 L) than in the rest of the farms (8,640, 9,322 and 10,070 L/cow in farms with production levels between 175-325 tonnes milk/year, 325-500 tonnes milk/year and >500 tonnes milk/year, respectively; P<0.001). However, the number of lactations per cow decreased when the production level increased from <175 to >500 tonnes milk/year (6.1 to 3.0 lac-

* Autor para correspondencia: fvicente@serida.org
http://doi.org/10.12706/itea.2017.022

tations per cow, P<0.001). A number of 2.61 inseminations were necessary to obtain a delivery irrespective of the production level, with an interval between calving and next fertilization of 131 days in the most productive farms and 99 in the less productive ones (P<0.05). Hormonal treatments, sexed semen and embryo transfer were used to a greater extent as the size of the herd increased. No differences were observed in the incidence of reproductive pathologies among production levels. The results show that the production level of the farms affects the productive and reproductive performances of the animals.

Keywords: Reproductive rates, production level, dairy cow.

Introducción

La vida media de una vaca es larga, entre 20 y 25 años, pero en los rebaños lecheros actuales este período es mucho más corto por el desgaste que supone la intensificación de la producción y la elevada presión de selección, obligando a una renovación regular del rebaño. Una novilla alcanza la pubertad entre los diez y doce meses de vida, aunque suele determinarse más por el peso que por la edad. La primera cubrición de las novillas no debe realizarse hasta los 13-15 meses y con suficiente desarrollo corporal (125 cm de altura a la cruz y al menos 350 kg de peso). Si se realiza una buena cría y recría de la reposición, no deben existir dificultades en alcanzar estos parámetros (Archbold *et al*., 2012).

Los niveles reproductivos del vacuno lechero han experimentado un descenso significativo durante las últimas décadas (Royal *et al*., 2000; Berry *et al*., 2008). Así, entre los años 2002 y 2013 se realizaron en las explotaciones de vacuno lechero del Principado de Asturias una media de 125.789 inseminaciones anuales (Asturiana de Control Lechero, Comunicación personal), con un incremento progresivo del número de inseminaciones necesarias para conseguir la preñez de 2,20 en el año 2002 a 2,47 en el año 2013. Así, el intervalo entre partos se alargó de 420 a 433 días durante el mismo período. Al inicio de la lactación, el coste energético de la producción láctea puede sobrepasar el nivel de energía ingerido, resultando en un período prolongado de balance energético negativo, con la consecuente movilización de reservas corporales. El balance energético es un regulador clave del estado reproductivo (Chilliard *et al*., 2000). Las razas de vacuno lechero altamente seleccionadas tienen genéticamente una mayor pérdida de condición corporal durante el primer tercio de la lactación, debido a una elevada movilización de las reservas corporales que afecta negativamente al metabolismo energético y a la reproducción (Gong *et al*., 2002; Gutiérrez *et al*., 2006). El balance energético negativo durante las tres primeras semanas de la lactación está estrechamente correlacionado con el intervalo entre el parto y la primera ovulación, ya que dificulta la secreción de hormona luteinizante, y también reduce la capacidad de respuesta del ovario a la acción de la hormona foliculoestimulante (Butler, 2000). Por lo tanto, el manejo nutricional desempeña un papel clave para alcanzar los objetivos de fertilidad. Una nutrición inadecuada implica una condición corporal disminuida (Roche *et al*., 2009), una anovulación postparto prolongada (Rhodes *et al*., 2003) y una baja tasa de concepción (Buckley *et al*., 2003).

Diversos estudios han demostrado que la alimentación rica en omega-3 mejora la fertilidad en vacas, disminuye la mortalidad embrionaria (Ambrose *et al*., 2006; Petit y Twagiramungu, 2006) e incrementa los niveles de esos ácidos grasos en los lípidos uterinos (Burns *et al*., 2003), lo que parece tener efectos positivos sobre la reproducción. La hierba es más rica en ácidos grasos omega-3 que otros forrajes (Elgersma *et al*., 2003). Sin embargo, la intensifi-

cación llevada a cabo en las últimas décadas ha provocado un descenso en la dependencia de hierba para la alimentación de las vacas con un incremento importante en el aporte de ensilado de maíz (Jiménez-Calderón *et al*., 2015) y concentrados (Santiago *et al*., 2015a) en la ración. Este hecho ha derivado en un aumento en la ratio omega-6:omega-3 (Pike y Barlow, 2000), lo que puede conducir a un estado subfértil en vacas lecheras.

El factor de mayor incidencia sobre la rentabilidad económica de una explotación de vacuno lechero es, junto con la alimentación, la eficiencia reproductiva. Sin embargo, las altas producciones que se dan al inicio de la lactación no resultan fácilmente compatibles con la fecundación y la gestación (Berry *et al.*, 2008). Por ello, paralelamente a la intensificación de la producción se han desarrollado una serie de tecnologías reproductivas que tratan de contrarrestar los efectos negativos que la presión de selección y producción tienen sobre el desempeño reproductivo del rebaño. Entre estas nuevas técnicas se encuentran la inseminación artificial (IA) con semen sexado, la sincronización de celos mediante el empleo de tratamientos hormonales, la transferencia de embriones y las técnicas para diagnósticos precoces de gestación. Una buena gestión técnica de los rebaños es vital para poder evaluar la eficiencia reproductiva por medio de diferentes parámetros reproductivos como el intervalo entre partos, el intervalo entre el parto y la inseminación fecundante o días abiertos, la tasa de desecho reproductivo, el porcentaje de vacas gestantes, el número de inseminaciones por gestación o la edad al primer parto (Asociación Nacional de Especialistas en Medicina Bovina de España - ANEMBE, 2014).

En el Principado de Asturias también se ha producido este proceso de intensificación del sector vacuno lechero (Álvarez *et al.*, 2008). Sin embargo, se mantiene un importante volumen de explotaciones familiares, con sistemas de manejo más tradicionales y menores rendimientos productivos. Bajo este contexto de coexistencia de una amplia variedad de ganaderías se plantea el siguiente trabajo bajo la hipótesis de que el volumen de producción repercute en la eficiencia reproductiva de los rebaños y en el empleo de tecnologías reproductivas. Para comprobar dicha hipótesis se propone como objetivo evaluar la situación reproductiva actual de las ganaderías de vacuno lechero en el Principado de Asturias, en función del volumen de producción.

Material y métodos

Datos muestrales

A partir de la información censal facilitada por la Consejería de Desarrollo Rural y Recursos Naturales del Principado de Asturias, se realizó una estratificación de las ganaderías con cuota láctea asignada para la campaña 2012-2013 (N=2.443). Se observó que el 82% de las explotaciones y el 90% de la producción láctea del Principado se repartía en los concejos que integran las zonas Interior occidental, Costa occidental y Costa central, por lo se decidió que las explotaciones a encuestar se restringieran a dichas tres zonas. Se establecieron cuatro niveles de producción: 1) explotaciones con menos de 175 t de leche de cuota; 2) explotaciones con cuota entre 175 y 325 t; 3) explotaciones con cuota de 325 a 500 t; y 4) explotaciones con cuota superior a 500 t anuales. Se realizó una selección al azar de aproximadamente el 2,4% de las ganaderías lecheras de cada nivel de producción y zona geográfica. La Tabla 1 proporciona una descripción detallada del número de ganaderías seleccionadas en cada nivel de producción y zona geográfica que fueron encuestadas. De las 58 explotaciones encuestadas, 37 estaban dentro del programa de control lechero del Principado de Asturias de Asturiana de Control Lechero (ASCOL).

Tabla 1. Número de explotaciones encuestadas según nivel de producción y zona geográfica en el Principado de Asturias
Table 1. Number of farms surveyed by level of production and geographical area in the Principality of Asturias

Nivel de producción	Producción anual (t)	Zona geográfica			Total
		Interior occidental	Costa occidental	Costa central	
Nivel 1	< 175	3	6	5	14
Nivel 2	175-325	7	7	5	19
Nivel 3	325-500	3	4	4	11
Nivel 4	> 500	4	5	5	14
	Total	17	22	19	58

Realización de las encuestas

Las encuestas se cumplimentaron mediante entrevista personal con el titular de la ganadería desde el 3 de diciembre de 2013 al 11 de marzo de 2014. En el cuestionario se solicitaba información a los ganaderos relativa a los datos generales del rebaño, características de las instalaciones, mano de obra y formación, base territorial, manejo de la alimentación, uso de pastos, cultivos y conservación de forrajes, producción total anual de la ganadería y media de los animales, así como parámetros reproductivos según los registros de la campaña anterior. Se requirió que los datos medios aportados provinieran de registros oficiales de control lechero, control reproductivo y del sistema de información geográfica de parcelas agrícolas. En los casos en que las ganaderías no estaban en control oficial, los datos se obtenían según los registros de ventas de leche. Para el objetivo perseguido por este trabajo se han tenido en cuenta exclusivamente las cuestiones relativas a características del rebaño, producción y parámetros reproductivos. Resultados parciales de los otros apartados incluidos en la encuesta se encuentran en Jiménez-Calderón *et al*. (2015) y Santiago *et al*. (2015a,b). La información solicitada incluía las siguientes cuestiones: censo del ganado; porcentaje de vacas gestantes respecto al total de vacas adultas; edad al primer parto; intervalo entre el parto y la primera cubrición o inseminación; número de inseminaciones o cubriciones por gestación confirmada; intervalo entre el parto y la cubrición o inseminación fecundante (días abiertos); número de abortos en la campaña anterior; número de partos distócicos y cesáreas en la campaña anterior; número de partos gemelares y casos de freemartinismo; número de bajas decididas por precisar más de tres inseminaciones para quedar preñada, alcanzar los 150 días de lactación sin quedar gestante o una producción inferior al 80% de la media del rebaño; modo de cubrición (inseminación artificial y/o monta natural), criterio de elección del método usado; uso de semen sexado (sí/no); transferencia de embriones (sí/no); realización de cruces industriales (sí/no); aplicación de tratamientos hormonales con fines reproductivos (sí/no); métodos de detección de celos: comportamiento, podómetros, medidores de actividad, etc. Se estimó la tasa de desecho reproductivo a partir del número de bajas decididas por problemas reproductivos, así como la producción vitalicia de las vacas según su

producción media y su número de lactaciones y los ingresos totales por vaca obtenidos por la venta de la leche.

Análisis estadístico

Los resultados de cada índice o característica en estudio fueron analizados mediante ANOVA considerando el nivel de producción y la zona climatogeográfica de ubicación como factores principales y su interacción. Cuando las diferencias entre medias fueron significativas (P<0,05), se realizó un test de Duncan que compara diferencias entre muestras de grupos de diferentes tamaños. Las proporciones de uso de cada una de las tecnologías reproductivas se contrastaron mediante la prueba de chi-cuadrado según los niveles de producción. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa estadístico R (R Core Team, 2015).

Resultados

Características generales de los rebaños

En la Tabla 2 se muestran las características generales de las explotaciones. Los resultados se presentan divididos según los niveles de producción al no exisitir diferencias entre zonas geográficas ni interacción entre ambos factores. La producción total en cada nivel fue de 85, 241, 409 y 935 t/año en los niveles 1, 2, 3 y 4 respectivamente (P<0,001). El tamaño medio de las explotaciones encuesta-

Tabla 2. Características de las explotaciones de vacuno lechero del Principado de Asturias en función del nivel de producción (t leche/año). Censo ganadero, producciones medias por lactación, media de lactaciones y estimaciones de las producciones vitalicias e ingresos brutos obtenidos de las vacas según los niveles de producción

Table 2. Characteristics of dairy farms in the Principality of Asturias according to the level of production (t milk/year). Number of cows, average production per lactation, average number of lactation, and estimated total yield and gross income per dairy cows according to production levels

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	rsd	P
	<175 t	175-325 t	325-500 t	>500 t		
Vacas totales (n)	16[a]	34[b]	53[c]	99[d]	13,3	***
Vacas en ordeño (% del total)	84,0	82,7	85,7	85,1	9,13	NS
Primíparas (% del total)	24,5	31,4	35,5	29,9	15,46	NS
Terneras <12 meses (% del total)	28,6	27,1	32,4	36,8	14,12	NS
L/vaca y lactación	6.656[a]	8.640[b]	9.322[b]	10.070[b]	1.596	***
Nº Lactaciones	6,1[c]	4,9[b]	3,8[a]	3,0[a]	1,17	***
Producción vitalicia de leche (L)[1]	38.724[b]	41.214[b]	35.770[ab]	29.602[a]	8.431	**
Ingresos por leche (€/vaca)[2]	11.617[b]	12.364[b]	10.731[ab]	8.881[a]	2.529	**

[1] Número de lactaciones por litros producidos en cada lactación.

[2] Datos obtenidos considerando un precio de venta de la leche de 0,30 €/L.

[a,b,c,d] Diferentes letras dentro de una misma fila implican diferencias significativas.

das fue de 62 unidades de ganado mayor (UGM) por explotación, con un rango de variación entre ganaderías de 5 a 243 UGM y con 41 vacas en ordeño (rango: 4 – 139), con un porcentaje de vacas de primer parto que osciló entre el 24 y el 36% del total de animales. La superficie agraria útil (SAU) media de las explotaciones fue de 29 ha (rango: 4 – 80), con una carga ganadera de 2,37 UGM/ha sin mostrar diferencias entre niveles de producción. El promedio de producción fue de 8.600 L/vaca (rango: 3.500 – 13.200) y de 13.900 L/ha (rango: 2.200 – 61.100). La producción media por lactación y vaca se incrementa ($P<0,001$) a medida que las explotaciones tienen mayor volumen de producción. Las vacas de las explotaciones del nivel 1 tienen una vida útil de 6,1 lactaciones, descendiendo conforme se incrementa el nivel de producción hasta alcanzar una media de 3,4 en los niveles 3 y 4 ($P<0,001$). De este modo, cuando se estima la producción total de leche en la vida útil de la vaca, se observa que las explotaciones del nivel 4 tienen una menor producción por vaca, con diferencias de más de 9.000 L a lo largo de toda la vida productiva de la vaca respecto a los niveles 1 y 2 ($P<0,01$) que, al precio actual de la leche (0,30 €/L) suponen hasta 3.400 € menos de ingresos por vaca en el conjunto de todas sus lactaciones.

Se observó que los titulares de las ganaderías tienen en su mayoría estudios primarios en el nivel 1 (80%) y en los niveles 2 y 3 (57%), mientras que en el nivel 4, existía mayor presencia de titulares con estudios medios (56%) y superiores (11%).

Índices reproductivos

La Tabla 3 muestra los resultados de los índices reproductivos según las respuestas aportadas. La edad en la que paren por primera vez las novillas no mostró diferencias significativas entre los distintos niveles de producción, presentando un valor medio de 25,1 ± 2,02 meses de edad. Tras el parto, la primera inseminación se realizó transcurridos 2 meses después del parto, con independencia del nivel reproductivo. Sin embargo, el intervalo de tiempo existente entre el parto y la inseminación fecundante mostró diferencias significativas ($P<0,05$) entre niveles de producción, con las ganaderías con una mayor producción con una media de 131 días abiertos, significativamente mayor al intervalo obtenido en los niveles 1 y 3 ($P<0,05$), mientras que el nivel 2 presenta un valor intermedio. Para alcanzar esta preñez fueron necesarias una media de 2,61 inseminaciones, sin diferencias entre niveles de producción. Considerando una gestación media de 285 días, se puede estimar un intervalo entre partos de 387 días en los niveles de producción 1, 2 y 3 y de 416 días para el nivel 4.

La tasa de desecho reproductivo muestra valores similares entre todos los niveles de producción, con una media del 3,55%. No se observaron diferencias estadísticas entre niveles de producción en la incidencia de patologías reproductivas, con una proporción media de distocias y cesáreas inferior al 2% y del 3% de abortos, aunque numéricamente las explotaciones con menor producción presentaron una mayor incidencia. La media de partos gemelares alcanzó una proporción del 2,8%, sin diferencias entre niveles, con una incidencia de freemartinismo inferior al 1% de media.

Uso de tecnologías reproductivas

En la Figura 1 se muestran gráficamente las proporciones de uso de las diferentes tecnologías reproductivas según el nivel de producción. La práctica totalidad de las ganaderías encuestadas realizan inseminación artificial en sus rebaños, ya que tan solo una de las ganaderías encuestadas del nivel inferior de producción indicó que realizaba exclusivamente monta natural. Ahora bien, resultó habitual el uso de toros para la monta en todos los nive-

Tabla 3. Índices reproductivos generales e incidencia de patologías reproductivas de las explotaciones de vacuno lechero del Principado de Asturias en función del nivel de producción (t leche/año)
Table 3. General reproductive rates and incidence of reproductive disorders of dairy farms in the Principality of Asturias according to the level of production (t milk/year)

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	rsd	P
	<175 t	175-325 t	325-500 t	>500 t		
Índices reproductivos						
Edad al primer parto (meses)	25,2	25,2	25,1	24,4	1,97	NS
Intervalo parto-1ª IA[1] (días)	60,6	62,5	67,7	64,9	14,67	NS
Intervalo parto-IA fecundante (días)	98,6[a]	108,5[ab]	98,3[a]	130,6[b]	25,54	*
Nº Inseminaciones	2,52	2,70	2,47	2,69	0,574	NS
Patologías reproductivas						
Tasa de desecho reproductivo (%)	3,20	3,59	3,39	3,68	4,125	NS
% Abortos	4,77	1,73	3,57	2,14	3,442	NS
% Distocias	2,35	1,56	1,65	0,72	3,149	NS
% Gemelos	2,54	3,56	5,11	3,42	3,176	NS
% Freemartinismo	0,32	1,47	1,33	0,75	3,382	NS

[1] IA: Inseminación Artificial.

[a,b] Diferentes letras dentro de una misma fila implican diferencias significativas.

les de producción. Mientras que alrededor del 10% de ganaderías de los niveles 1, 2 y 3 declaraban realizar monta natural complementaria a la inseminación artificial, más de un tercio de las ganaderías de mayor volumen de producción realizaban esta práctica (P<0,001). Todos los ganaderos referían a la observación del comportamiento como el único método para la detección de celos, aunque en las dos ganaderías de mayor tamaño se apoyaban también en el uso de podómetros.

Los tratamientos hormonales se realizan con una frecuencia superior al 90% en las explotaciones de los niveles 3 y 4 de producción (P<0,001), mientras que su uso desciende al 50 y 30% de las ganaderías encuestadas en los niveles 2 y 1 respectivamente. Las explotaciones de mayor nivel de producción (3 y 4) utilizan de modo extendido el semen sexado, con porcentajes de utilización superiores al 80% (P<0,05). Por el contrario, en el nivel 1 tan solo es utilizado en un 8% de las explotaciones, mientras que en el nivel 2 la proporción de ganaderías que lo usan supera el 40%. La transferencia de embriones se empleó en menor medida en todos los niveles de producción en la campaña anterior a la realización de la encuesta. Según los resultados del cuestionario, el empleo de esta técnica en las explotaciones del nivel 1 de producción resultó ser nulo y escaso en el nivel 2, mientras que la proporción de uso se incrementaba en los niveles 3 y 4 en el 18 y el 29% de las explotaciones, respectivamente (P<0,05). Aunque no es en sí misma una tecnología reproductiva, es frecuente el uso de cruces in-

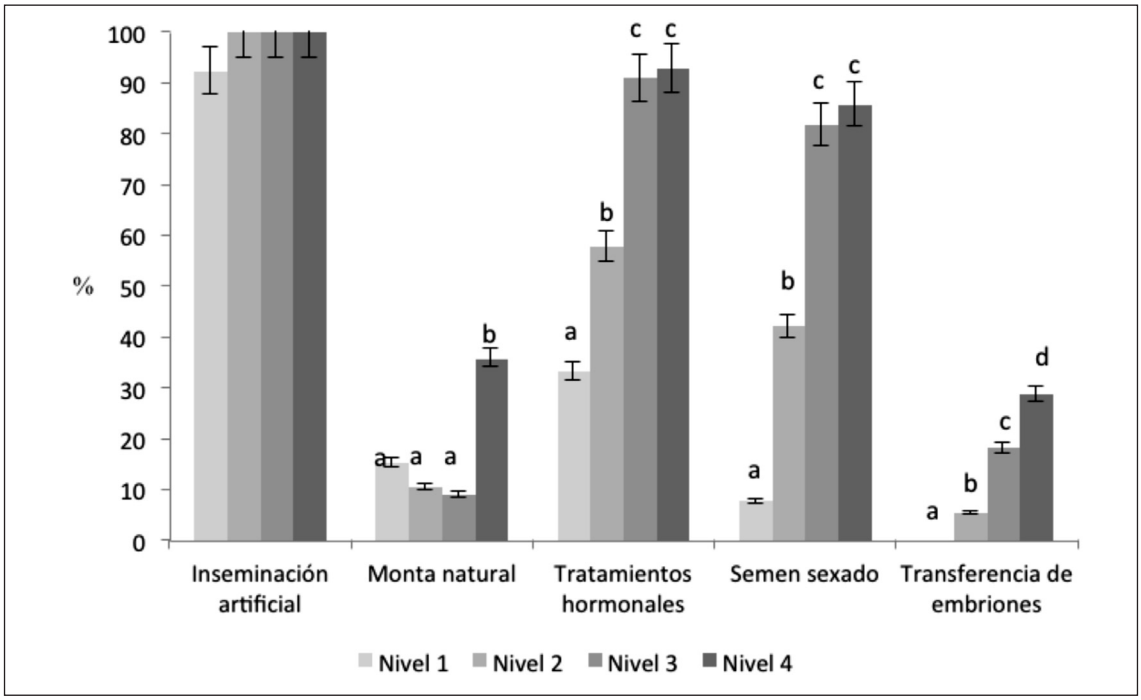


Figura 1. Proporciones de utilización de tecnologías reproductivas en las ganaderías de vacuno lechero del Principado de Asturias en función del nivel de producción: Nivel 1) < 175 t leche/año; Nivel 2) 175 – 325 t leche/año; Nivel 3) 325 – 500 t leche/año; nivel 4) > 500 t leche/año.

[a,b,c,d] Diferentes letras dentro de una misma tecnología implican diferencias significativas (P<0,05).

Figure 1. Proportions of use of reproductive technologies in dairy farms of Principality of Asturias depending on the level of milk production: Level 1) < 175 t milk/year; Level 2) 175 – 325 t milk/year; Level 3) 325 – 500 t milk/year; Level 4) > 500 t milk/year.

[a,b,c,d] *Different letters within the same technology mean significant differences (P<0.05).*

dustriales en todos los niveles de producción, siendo significativamente (P<0,05) más elevado su uso en los niveles 1 y 2 (62 y 74% de las ganaderías encuestadas respectivamente) que en los niveles 3 y 4 (55 y 43% en cada uno de estos niveles respectivamente).

Discusión

Aproximadamente el 50% del progreso logrado en la producción lechera se atribuye a la mejora genética, que ha permitido obtener un incremento en la producción por lactación y vaca. El restante 50% se puede atribuir a otros factores como mejoras en la nutrición, manejo, instalaciones y sanidad (Pryce y Veerkamp, 2001). Sin embargo, estos mismos autores describieron una relación inversa entre la mejora genética y la eficiencia reproductiva. El descenso de la eficiencia reproductiva en el sector del vacuno lechero es un problema global, descrito en países con sistemas de producción bien diferenciados, como Estados Unidos, Irlanda, Reino Unido y Australia (Lucy, 2001). No existe un consenso claro acerca de cómo ha influido el aumento

de la producción lechera sobre la fertilidad, ya que concurren una serie de factores de naturaleza y causas muy variadas en los problemas reproductivos que pueden afectar al vacuno lechero (López-Gatius, 2012). La nutrición, la intensificación y la presión productiva del rebaño parecen ser las que han infuido de forma más importante en las últimas décadas.

Los resultados obtenidos muestran que las explotaciones más grandes están relacionadas con una mayor producción de leche por lactación y vaca. Por tanto, se espera que a mayor tamaño del rebaño se incremente el volumen de producción de la ganadería, tanto por el propio incremento de animales como por la mayor producción de los mismos. Sin embargo, esto supone un peaje a los animales, ya que hay una menor supervivencia de las vacas con una elevada presión de producción (Dillon *et al*., 2006). Así, al calcular la producción total de una vaca en su vida útil, se comprueba que el total de leche que se obtiene de una vaca en explotaciones con mayor presión productiva es inferior al que se obtendría en las ganaderías con menor producción. Esto supone una importante merma en los ingresos por vaca en toda su vida útil que podrían impedir cubrir los gastos de amortización del animal desde su nacimiento y recría (Schneider, 2015).

Se ha demostrado que el incremento continuo en los niveles productivos están relacionados con una prolongación del intervalo entre partos (Hare *et al*., 2006). De acuerdo a los resultados obtenidos, en el nivel 4, el intervalo entre partos supera el valor óptimo, alcanzando los 416 días. Obviamente, este índice tiene una relación directa con el intervalo entre el parto y la inseminación fecundante o días abiertos, que sobrepasa en 16 días a su valor óptimo en dicho nivel. Se puede considerar, por tanto, que la mayor presión de producción existente en las explotaciones de este nivel tiene un efecto negativo sobre el intervalo entre partos, incrementando el número de días abiertos en las vacas. Inchaisri *et al*. (2010) atribuyen la mayor parte de las pérdidas económicas por causas reproductivas al incremento del intervalo entre partos. Estas pérdidas económicas están directamente relacionadas con una menor producción de leche por lactación, períodos secos prolongados y mayores gastos veterinarios, entre otras (Dillon *et al*., 2006). Así pues, es conveniente trabajar en las granjas de mayores niveles productivos para mejorar este parámetro.

El número de inseminaciones para conseguir una preñez se situó por encima de 2,5 inseminaciones, considerado como el máximo de inseminaciones para considerar rentable la inseminación artificial. Datos facilitados por ASCOL indican que la media de inseminaciones para conseguir una gestación en las granjas asturianas sometidas a control lechero fue de 2,47 IA en el año 2013. Windig *et al*. (2006) encontraron un rango promedio de 1,8 a 2,5 IA por gestación en explotaciones holandesas, inferiores a los descritos en este trabajo y próximos a los proporcionados por ASCOL. La mayor media obtenida puede ser debida a que las explotaciones que no están incluidas en control lechero podrían tener un manejo menos eficaz del control reproductivo, considerando que aproximadamente un tercio de las explotaciones entrevistadas no estaban incluidas en los planes de control. Una causa común de fallos en la IA son las incorrectas detecciones de los celos (Roelofs *et al*., 2010), realizando inseminaciones cuando la vaca no está preparada para concebir. Los errores en la detección de celos implican un descenso en la efectividad de la inseminación y un retraso en la concepción. Los ganaderos encuestados mayoritariamente no refirieron ninguna técnica instrumental para la detección de celos. Ahora bien, se constató un uso generalizado de toros, especialmente en las explotaciones más grandes. El motivo de este

hecho podría ser que estas granjas manejan esta alternativa por su mayor facilidad para la detección de celos y en los casos de fallos repetidos de la IA, para así conseguir gestaciones en vacas con celos silentes.

El mayor nivel productivo hace que la vida media de la vaca sea menor, lo que provoca una mayor tasa de renovación en las granjas de mayor producción láctea. Así, la mayor necesidad de animales para reposición explicaría el mayor uso de semen sexado, así como del menor uso de cruces industriales en el nivel 4 de producción. El uso de semen sexado para preseleccionar el sexo de la descendencia permite optimizar la planificación y selección de la siguiente generación de hembras para reposición (López-Gatius, 2012). Asimismo, también podría explicar la menor incidencia de partos distócicos en este nivel. Los cruces industriales, al realizarse con razas de aptitud cárnica, pueden ser origen de partos problemáticos al producir terneros de mayor tamaño y peso. El porcentaje de abortos más elevado en las granjas de menor nivel productivo puede ser consecuencia de un peor estado sanitario en las vacas, ya que suelen ser ganaderías muy tradicionales con escasa renovación o mantenimiento de instalaciones, debido a que la mayoría de causas de abortos se deben a patologías infecciosas y/o parasitarias (Anderson, 2007). Además, unas instalaciones no adecuadas afectan directamente al bienestar animal que influye en gran medida tanto en los problemas patológicos como en la producción.

El mayor empleo de tecnologías reproductivas en las explotaciones de mayor tamaño radicaría en que estas ganaderías las precisan para alcanzar sus exigentes niveles productivos deseados y que su actividad sea económicamente rentable. El grado de formación de los ganaderos también puede estar relacionado con una mayor tecnificación de su explotación, con la actitud de los ganaderos con mayor formación a orientar sus explotaciones hacia un perfil más intensivo y con mayores usos de las tecnologías reproductivas.

Conclusiones

Las explotaciones lecheras del Principado de Asturias muestran un mayor nivel de producción por vaca y lactación a medida que tienen mayor tamaño, si bien esto supone una disminución en el número de lactaciones de la vaca y, por tanto, un mayor porcentaje de renovación. La mayor producción lechera de las vacas implica un peor rendimiento reproductivo, reflejado en un mayor número de días abiertos que incrementa en cerca de un mes el intervalo entre partos.

Agradecimientos

Trabajo financiado por el proyecto INIA RTA 2012-00065-C05-01, cofinanciado con fondos europeos FEDER. J.D. Jiménez-Calderón ha disfrutado de una beca de formación de personal investigador del INIA. Los autores quieren expresar su agradecimiento a la Consejería de Desarrollo Rural y Recursos Naturales del Principado de Asturias y a Asturiana de Control Lechero por la información censal facilitada. Este trabajo fue posible gracias a la disponibilidad y colaboración de los ganaderos que cumplimentaron las encuestas. Los autores quieren agradecer a Consuelo González, María Antonia Cueto y Valentín García su colaboración en la realización de las encuestas.

Bibliografía

Álvarez A, del Corral J, Solís D, Pérez JA (2008). Does Intensification Help to Improve the Economic Efficiency of Dairy Farms? Journal of Dairy Science. 91: 3693-3698.

Ambrose D, Kastelic JP, Corbett R, Pitney PA, Petit HV, Small JA, Zalkovic P (2006). Lower pregnancy losses in lactating dairy cows fed a diet enriched in alpha-linolenic acid. Journal of Dairy Science. 89: 3066-3074.

ANEMBE (2014). Grupo de trabajo en índices reproductivos de Asociación Nacional de Especialistas en Medicina Bovina de España. Boletín de ANEMBE. 103: 38-43.

Anderson ML (2007). Infectious causes of bovine abortion during mid- to late-gestation. Theriogenology. 68: 474-486.

Archbold H, Shalloo L, Kennedy E, Pierce KM, Buckley F (2012). Influence of age, body weight and body condition score before mating start date on the pubertal rate of maiden Holstein-Friesian heifers and implications for subsequent cow performance and profitability. Animal. 6: 1143-1151.

Berry DP, Roche JR, Coffey MP (2008). Body condition score and fertility – more than just a feeling. En: Fertility in dairy cows: bridging the gaps (Ed. MD Royal, NC Friggens and RF Smith). British Society of Animal Science, Cambridge University Press, Cambridge, RU. pp. 107-118.

Buckley F, O'Sullivan K, Mee JF, Evans RD, Dillon P (2003). Relationships among milk yield, body condition, cow weight, and reproduction in spring-calved Holstein-Friesians. Journal of Dairy Science. 86: 2308-2319.

Burns PD, Engle TE, Harris MA, Enss RM, Whittier JC (2003). Effect of fish meal supplementation on plasma and endometrial fatty acid composition in nonlactating beef cows. Journal of Animal Science. 81: 2840-2846.

Butler WR (2000). Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. Animal Reproduction Science. 60-61: 449-457.

Chilliard Y, Ferlay A, Faulconnier Y, Bonnet M, Rouel J, Bocquier F (2000). Adipose tissue metabolism and its role in adaptations to undernutrition in rumiants. Proceedings of the Nutrition Society. 59: 127-134.

Dillon P, Berry DP, Evans RD, Buckley F, Horan B (2006). Consequences of genetic selection for increased milk production in European seasonal pasture based systems of milk production. Livestock Science. 99: 141-158.

Elgersma A, Ellen G, van der Horst H, Muuse BG, Boer H, Tamminga S (2003). Comparison of the fatty acid composition of fresh and ensiled perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), affected by cultivar and regrowth interval. Animal Feed Science and Technology. 108: 191-205.

Gong JG, Lee WJ, Garnsworthy PC, Webb R (2002). Effect of dietary-induced increases in circulating insulin concentrations during the early postpartum period on reproductive function in dairy cows. Reproduction. 123: 419-427.

Gutiérrez CG, Gong JG, Bramley TA, Webb R (2006). Selection on predicted breeding value for milk production delays ovulation independently of changes in follicular development, milk production and body weight. Animal Reproduction Science. 95: 193-205.

Hare E, Norman HD, Wright JR (2006). Trends in calving ages and calving intervals for dairy cattle breeds in the United States. Journal of Dairy Science. 89: 365-370.

Inchaisri C, Jorritsma R, Vos PLAM, van der Weijden GC, Hogeven H (2010). Economic consequences of reproductive performance in dairy cattle. Theriogenology. 74: 835-846.

Jiménez-Calderón JD, Santiago C, Martínez-Fernández A, Vicente F (2015). Current state of the feeding systems on dairy farms in the Principality of Asturias (Spain). Proceedings of the 18th Symposium of the EGF, 15-17 de junio, Wageningen, Países Bajos, pp. 105-106.

López-Gatius F (2012). Factors of a noninfectious nature affecting fertility after artificial insemination in lactating dairy cows. A review. Theriogenology. 77: 1029-1041.

Lucy MC (2001). Reproductive loss in high-producing dairy cattle: Where will it end? Journal of Dairy Science. 84: 1277-1293.

Petit HV, Twagiramungu H (2006). Conception rate and reproductive function of dairy cows fed different fat sources. Theriogenology. 66: 1316-1324.

Pike IH, Barlow SM (2000). The fats of life: the role of fish. Lipid Technology. 12: 58-60.

Pryce JE, Veerkamp RF (2001). The incorporation of fertility indices in genetic improvement programs. BSAS Occasional Publication. 26: 237-250.

R Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Viena, Austria. Disponible en https://www.R-project.org/ (23 septiembre 2016).

Rhodes FM, McDougall S, Burke CR, Verkerk GA, Macmillan KL (2003). Invited review: treatment of cows with an extended postpartum anestrous interval. Journal of Dairy Science. 86: 1876-1894.

Roche JR, Friggens NC, Kay JK, Fisher MW, Stafford KJ, Berry DP (2009). Invited review: body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. Journal of Dairy Science. 92: 5769-5801.

Roelofs J, López-Gatius F, Hunter RHF, van Eerdenburg FJCM, Hanzen CH (2010). When is a cow in estrus? Clinical and practical aspects. Theriogenology. 74: 327-344.

Royal MD, Darwash AO, Flint APF, Webb R, Woolliams JA, Lamming GE (2000). Declining fertility in dairy cattle: changes in traditional and endocrine parameters of fertility. Animal Science. 70: 487-501.

Santiago C, Vicente F, Martínez-Fernández A (2015a). Procedencia de los alimentos utilizados en las explotaciones de vacuno lechero del Principado de Asturias. Libro de actas de las XVI Jornadas sobre Producción Animal (AIDA), 19-20 de mayo, Zaragoza, España, pp. 102-104 (tomo I).

Santiago C, Jiménez-Calderón JD, González A, Vicente F, Martínez-Fernández A (2015b). The amount of maize in the feed ration influences milk composition in Northern Spain. Proceedings of the 18th Symposium of the EGF, 15-17 de junio, Wageningen, Países Bajos, pp. 122-124.

Schneider E (2015). How to meet future needs of cows and operating in automatic milking systems? Proceedings of the EDF Congress 2015, 24-26 de junio, Rostock, Alemania. Disponible en http://www.dairyfarmer.net/ (6 marzo 2017).

Windig JJ, Calus MPL, Beerda B, Veerkamp RF (2006). Genetic correlations between milk production and health and fertility depending on herd environment. Journal of Dairy Science. 89: 1765-1775.

(Aceptado para publicación el 26 de abril de 2017)

Efecto del tipo de forraje y la inclusión de quebracho en la dieta de ovejas lactantes sobre sus rendimientos productivos

S. Lobón, A. Sanz, M. Blanco y M. Joy*

Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA). Instituto Agroalimentario de Aragón – IA2 (CITA-Universidad de Zaragoza). Avda. Montañana, 930, 50059, Zaragoza, España

Resumen

Se estudió el efecto del tipo de forraje y el uso de quebracho en la dieta de ovejas sobre sus rendimientos y los de sus corderos lechales. Para ello, se utilizaron 39 ovejas con sus corderos distribuidos en 4 lotes según un diseño factorial de 2x2, con dos tipos de forraje (Pastoreo de pradera *vs*. Heno de pradera) y dos tipos de concentrado [concentrado comercial (Control) *vs*. concentrado con quebracho (QUE)]. El ensayo se prolongó desde el nacimiento hasta el sacrificio de los corderos a un peso vivo de 10-12 kg. La producción de leche y su contenido proteico fueron superiores en las ovejas Pastoreo que en las de Heno, con un contenido de grasa similar. Las ovejas de Pastoreo presentaron mayor concentración plasmática de urea y proteína total, y menor de ácidos grasos no esterificados. Los corderos de Pastoreo fueron más pesados al sacrificio y presentaron mayor rendimiento canal que los corderos de Heno a la misma edad. La inclusión de quebracho en el concentrado de ovejas no afectó al peso, producción lechera o concentración de metabolitos plasmáticos de las ovejas; únicamente redujo el contenido proteico de la leche en un 4% y aumentó el peso vivo del cordero en la tercera y cuarta semana de lactación, que tendió a alcanzar el peso de sacrificio 3,5 días antes que el resto de corderos. En nuestras condiciones de trabajo, las ovejas lactantes en pastoreo y sus corderos lechales obtuvieron mejores rendimientos que las ovejas estabuladas con heno. La inclusión de quebracho no presentó efectos consistentes.

Palabras clave: Pastoreo, taninos condensados, leche, calidad de canal, cordero lechal.

Abstract
Effect of forage type and the inclusion of quebracho in the diet of lactating ewes on their performances

The effects of the type of forage and the inclusion of quebracho in the diet of lactating ewes on the performance of the ewes and their suckling lambs were assessed. Ewe-lamb pairs (n=39) were assigned in 4 lots according to a factorial design 2x2, with two types of forage (Pasture *vs*. Hay) and two types of concentrates [commercial concentrate (Control) *vs*. concentrate with quebracho (QUE)]. The experimental period lasted from lambing until the lambs reached 10-12 kg body weight. Regarding the type of forage, milk yield and protein content were greater in Pasture than in Hay ewes, with similar fat content. Pasture ewes presented greater plasma urea and total protein and lower non esterified fatty acids concentrations than Hay ewes. Pasture suckling lambs were heavier at slaughter than Hay lambs at the same age. The inclusion of quebracho in the ewe s concentrate did not affect the ewe performances or plasma metabolite concentrations, only reduced milk protein content by 4%. Lamb's body weight increased at third and four week of lactation with the inclusion of quebracho, tending to reach slaughter weight at a slightly younger age. In our work conditions, Pasture lactating ewes and their suckling lambs obtained better performance than Hay indoors ewes. The inclusion of quebracho did not show consistent effects.

Keywords: Grazing, condensed tannins, milk, carcass quality, suckling lamb.

* Autor para correspondencia: mjoy@aragon.es
http://doi.org/10.12706/itea.2017.023

Introducción

En zonas del mediterráneo, especialmente en España, la producción de cordero mayoritaria está basada en corderos ligeros sacrificados con un peso vivo (PV) de 18-26 kg. Sin embargo, también se comercializan corderos lechales de diferentes razas. Dichos corderos lechales se alimentan exclusivamente de leche materna desde el nacimiento hasta el sacrificio, que se realiza a los 35-45 días de edad y 10-12 kg de PV (Sanz *et al.*, 2008). En estos sistemas, las ovejas suelen estabularse alrededor del parto, se alimentan con heno y se suplementan con concentrado para cubrir los mayores requerimientos nutricionales de la lactación (Ripoll-Bosch *et al.*, 2014). No obstante, cuando hay pasto disponible, las ovejas junto con sus corderos pueden pastar sin encontrarse efectos negativos en los rendimientos de ambos (Joy *et al.*, 2012). Este sistema de alimentación es una interesante alternativa a la estabulación ya que utiliza recursos naturales, cumpliendo con las demandas de los consumidores que consideran los sistemas de pastoreo más sostenibles y con mayor respeto al bienestar animal (Montossi *et al.*, 2013).

En los últimos años ha crecido el interés sobre la inclusión de compuestos secundarios en las dietas de rumiantes, debido principalmente al hecho de que reducen las emisiones de metano, y además pueden mejorar los rendimientos productivos de los animales, aunque con resultados variables dependiendo del tipo de compuesto y la dosis ingerida (Min *et al.*, 2003; Waghorn, 2008; Patra y Saxena, 2011). Concretamente, se ha estudiado el efecto de la inclusión de taninos condensados (TC) sobre los rendimientos de los animales, aunque no se conoce bien el impacto específico ni en que vías metabólicas participan. Además, los estudios en sistemas de producción de corderos lechales son escasos, por lo que sería interesante profundizar más en ellos. El quebracho (*Schinopsis balansae*) se ha utilizado como fuente de TC en diferentes ensayos con animales, incorporado en el concentrado. Para estudiar el efecto del quebracho en la producción de lechales, dado que el cordero lechal únicamente ingiere leche de la oveja, el quebracho debería ser incorporado en el concentrado de las madres. Se debería estudiar el efecto directo del quebracho sobre los rendimientos de las ovejas y el efecto indirecto sobre el cordero, por la posible transferencia de polifenoles a la carne del cordero. Moñino *et al.* (2008) confirmaron la transferencia de polifenoles a la carne del cordero procedentes de la dieta de su madre. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del tipo de forraje (Pastoreo *vs*. Heno) y la inclusión de quebracho en la dieta de ovejas lactantes (Control *vs*. QUE) sobre sus rendimientos y los de sus corderos lechales.

Material y métodos

El comité ético del CITA de Aragón aprobó los procedimientos experimentales y de sacrificio utilizados en este estudio, que están de acuerdo con la directiva europea 2010/63 de protección de animales para el uso experimental y para otros propósitos específicos.

Animales y diseño experimental

El experimento se llevó a cabo en La Estación Experimental de la Garcipollera, situada en el Pirineo (42º 37' N, 0º 30' O, 945 m sobre el nivel del mar), durante la primavera del año 2014. El ensayo comenzó el 18 de marzo y finalizó el 6 de mayo. La temperatura media durante este periodo fue de 8,28, 12,47 y 12,45ºC en marzo, abril y mayo, con una precipitación de 49,5, 107,4 y 0,16 mm respectivamente, concentrándose las lluvias los días 23, 24, 26 y 30 de marzo, 2, 3, 5, 10, 12, 13, 19, 20, 21, 23 y 24 de abril y 3 de mayo.

Después del parto, se seleccionaron 39 ovejas de raza Churra Tensina de parto simple y sus corderos, y se distribuyeron en uno de los cuatro tratamientos siguiendo un diseño experimental de 2x2. La distribución se realizó teniendo en cuenta la fecha de parto (18/03/2014 ± 2,4), el PV (46,6 ± 3,9), la condición corporal (CC) (2,43 ± 0,16) y la edad de la oveja (6,8 ± 2,2), así como el sexo del cordero.

Los factores estudiados fueron el tipo de forraje (Pastoreo de pradera *vs*. Heno de pradera en estabulación) y la inclusión de quebracho en el concentrado de las ovejas [concentrado comercial (Control) *vs*. concentrado con 10% de quebracho (QUE, SYLVAFEED ByPro Q, Adial Nutricion. Gerona, España, con 75% de TC)]. Todas las ovejas recibieron 300 g/d de concentrado a las 8:00 de la mañana. En cada tratamiento de forraje, las ovejas se dividieron en dos grupos, que recibieron diariamente concentrado QUE (n = 18) o concentrado Control (n = 21). Todos los animales tuvieron acceso al agua y bloques minerales durante el experimento.

El pastoreo se realizó en dos parcelas de pradera permanente de valle de montaña, de 0,5 ha cada una. En cada parcela se mantuvo un máximo de 10 ovejas con sus crías. El heno se ofreció *ad libitum* a las ovejas estabuladas, y se obtuvo de las mismas parcelas en la primavera del año anterior. Los ingredientes principales del concentrado comercial fueron: cebada (33,5%), salvado (20%), gluten feed de maíz (18%), harina de girasol (10%) y maíz (10%); y los del concentrado QUE fueron: cebada (48,7%), gluten feed de maíz (15%), harina de soja (12,1%), quebracho (10%), salvado (6,0%) y maíz (5%). Los corderos se criaron con sus madres hasta que alcanzaron el PV de la categoría lechal (10-12 kg PV). Una vez alcanzaron el PV objetivo, los lechales se trasladaron al matadero experimental del CITA en Zaragoza (180 km) para proceder a su sacrificio.

Muestreos y controles

Todos los muestreos y controles se realizaron semanalmente. La producción forrajera se estimó mediante siega manual a 3 cm del suelo de 10 cuadros de 0,25 m^2 por ha. También se determinó la altura de la hierba tomando 100 puntos aleatorios por hectárea. Se tomaron muestras de la dieta ofrecida (heno, pradera y concentrado), que se desecaron en estufa de ventilación forzada a 60ºC hasta peso constante. Posteriormente se molieron y se almacenaron hasta su análisis químico.

Los animales se pesaron, previamente a la oferta de concentrado, con una balanza electrónica (0,1 kg precisión). La ganancia media diaria (GMD) de los corderos se estimó a partir de la regresión lineal del PV con respecto al tiempo. Además, dos técnicos entrenados estimaron la CC de las ovejas siguiendo la metodología propuesta por Russel *et al*. (1969).

Se estimó la producción de leche siguiendo la metodología de Donney *et al*. (1979), con administración de 5 UI de oxitocina en la vena yugular previamente al ordeño a máquina y con acabado manual (intervalo entre ordeños, 4 horas). En cada ordeño, se tomó una muestra de leche por animal, con dicromato potásico para su conservación y mantenida a 4ºC hasta su posterior análisis químico. La producción de leche estándar se calculó como: Producción de leche estándar (l/d) = producción de leche (l/d) x [(0,0071 x grasa bruta (g/l) + (0,0043 x proteína bruta (g/l)) + 0,2224] (Bocquier *et al*., 1993).

Se tomaron muestras de sangre de la vena yugular en tubos de vacío con heparina (Vacuette, España) para el análisis de metabolitos en sangre (proteínas totales, ácidos grasos no esterificados (AGNE) y urea). Las muestras se centrifugaron a 3000×g durante 15 min y a 4ºC, y se congeló el plasma obtenido a -20ºC hasta su análisis posterior.

Los corderos se pesaron antes y después de su traslado al matadero experimental, para estimar las pérdidas por transporte $\left(\frac{PV_{pre\text{-}transporte} - PV_{post\text{-}transporte}}{PV_{pre\text{-}transporte}} \times 100\right)$. Tras el sacrificio, las canales se pesaron para obtener el peso canal caliente (PCC), se almacenaron a 4ºC durante 24 horas, y se volvieron a pesar para obtener el peso canal fría (PCF). A partir de estos datos se calcularon el rendimiento al matadero $\left(\frac{PCF}{PV_{sacrificio}} \times 100\right)$ y las pérdidas por refrigeración $\left(\frac{PCC - PCF}{PCC} \times 100\right)$.

Análisis químicos

Alimentos

Los contenidos de materia seca (MS) y en cenizas se determinaron según los métodos del AOAC (1999). Los contenidos de fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y lignina ácido detergente (LAD) se determinaron siguiendo el procedimiento secuencial de Van Soest *et al*. (1991), adaptado al analizador de fibra Ankom200/220 (Ankom, NY, EE. UU.). Todos los valores obtenidos para las fibras se corrigieron por el contenido en cenizas, mostrando los resultados libres de cenizas. El contenido en proteína bruta (PB) (Nitrógeno x 6,25) se determinó mediante el procedimiento de Dumas (AOAC, 1999), usando un analizador de nitrógeno (Modelo NA 2100, CE Instruments, Thermoquest SA, Barcelona, España). La energía metabolizable de los ingredientes de la dieta se estimó usando la ecuación propuesta por Mertens (1983). Los taninos condensados (TC) totales se determinaron con el método colorimétrico del HCL-butanol descrito por Grabber *et al*. (2013).

Leche

Las muestras de leche se analizaron en un Combifoss 5000 device (Foss, Hillerød, Dinamarca) que comprende un Fossomatic 5000, contador de células somáticas, y un MilkoScan 4000, para determinar proteína bruta y grasa bruta. Los análisis se realizaron en el Laboratorio Interprofesional Lechero de Aragón.

Plasma

Las concentraciones en plasma de urea y proteína total (métodos enzimáticos-colorimétricos) se determinaron con un analizador automático (Atom A-25, Byosistems, Barcelona, España). El contenido de AGNE en el plasma se determinó usando un analizador automático (GernonStar; RAL/TRANSASIA, Dabhel, India) utilizando reactivos de Randox (Randox Laboratories, Crumlin, Antrim, Reino Unido). Las referencias comerciales de las muestras de plasma (suero bovino precisión, Randox Laboratories) se usaron para evaluar la fiabilidad del análisis.

Análisis estadísticos

Los datos se analizaron usando el software estadístico SAS (SAS V.9.3). El PV, la CC y los metabolitos en plasma de la oveja y el PV del cordero se analizaron mediante el modelo mixto de medidas repetidas con el tipo de forraje, la inclusión de quebracho en el concentrado, la semana de la lactación y sus interacciones como efectos fijos y oveja/cordero como efecto aleatorio. Se ajustaron los grados de libertad con la corrección de Keward-Roger para tener en cuenta el número no equilibrado de muestras por tratamiento o la ausencia de algún dato. La producción de leche y su composición se analizaron con el mismo modelo pero además se incluyó el PV de la oveja como covariable. Se probaron di-

ferentes estructuras de la matriz de varianzas y covarianzas en cada modelo para especificar las relaciones entre los errores y se eligió la que menor criterio de información Aikake presentó. La ganancia de peso del cordero, las pérdidas de peso, la edad al sacrificio y los parámetros de la canal se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) con un modelo lineal general (GLM) con el tipo de forraje, la inclusión de quebracho y su interacción como efectos fijos. Se calcularon las medias mínimo cuadráticas y la comparación entre medias se hizo con el test de Tukey. Las interacciones o covariables no significativas se quitaron del modelo y se repitió el análisis. El nivel de significación se fijó en $P<0,05$ y se discutieron las tendencias cuando $0,05 \leq P<0,10$.

Resultados

Alimentos

El estudio comenzó el 18 de marzo de 2014, cuando el forraje iniciaba su crecimiento. La altura del forraje y la producción forrajera varió entre 3,5 y 8 cm, y 50 y 1.200 kg MS/ha, respectivamente, siendo la producción media de 437 ± 113 kg MS/ha. En la Tabla 1 se muestra la composición química de los alimentos ofrecidos a las ovejas. La pradera fresca presentó un alto contenido de PB, que fue casi 3,5 veces mayor que el observado en el heno de pradera, y un bajo contenido de FND, 30% inferior al del heno. Por lo tanto, el valor estimado de la energía metabolizable (EM) fue 29,3% mayor para la pradera que para el heno. Respecto a los concentrados, presentaron un contenido de proteína e energía similar, mientras que el contenido en fibras y TC difirió. El concentrado QUE presentó sobre todo menor FND y LAD y mayor cantidad de TC.

Tabla 1. Composición química de los alimentos utilizados en la dieta de las ovejas en lactación
Table 1. Chemical composition of the feedstuffs used during the ewe lactation period

	Forraje		Concentrado	
	Heno	Pastoreo	QUE[1]	Control
Humedad, g/kg	110,5	828,1	110,1	113,6
Cenizas, g/kg MS	78,0	118,6	62,2	62,6
Proteína bruta, g/kg MS	69,2	239,3	140,6	140,0
Fibra Neutro Detergente, g/kg MS	632,8	446,3	175,3	248,8
Fibra Ácido Detergente, g/kg MS	338,5	185,4	59,8	69,4
Lignina Ácido Detergente, g/kg MS	40,1	39,5	10,9	20,8
Energía metabolizable estimada, MJ/ kg MS	8,2	11,6	16,1	15,1
TC[2] totales, g cyanidina/kg MS	2,1	3,2	8,1	1,0

[1] QUE: 10% de quebracho; [2] Taninos Condensados.

Parámetros productivos de las ovejas

No se observaron interacciones significativas entre el tipo de forraje y la inclusión de quebracho en el concentrado ($P>0,05$). Por ello, los resultados se presentan por separado para estos dos efectos principales.

Las ovejas partieron de PV y CC similares al parto (Tabla 2). Sin embargo, el tipo de forraje tendió a afectar a la evolución de PV durante la lactación (P<0,10) y afectó a la evolución de la CC durante la lactación (P<0,001). Durante la lactación, las ovejas del lote Pastoreo mantuvieron el PV y la CC, mientras que las ovejas del lote Heno presentaron pérdidas en ambos parámetros. La inclusión de quebracho en el concentrado no tuvo efecto ni en el PV ni en la CC de las ovejas (P>0,05).

La producción y calidad de la leche se muestran en la Tabla 3. La producción de leche se vio afectada por la interacción entre el tipo de forraje y la semana de lactación (P<0,05; Figura 1). Las ovejas de Pastoreo y de Heno presentaron similar producción de leche durante las 2 primeras semanas de lactación, pero entre la 3ª y 5ª semana fue mayor en las ovejas en Pastoreo (P<0,05). Las ovejas de Pastoreo presentaron una producción de leche creciente con 1,1 *vs*. 1,5 l/d, primera *vs*. quinta semana de lactación (P<0,05). En cambio, las ovejas de Heno tuvieron una producción creciente hasta la segunda semana, manteniéndose constante durante las dos siguientes semanas y disminuyendo en la quinta semana.

Tabla 2. Efecto del tipo de forraje (F) y la inclusión de quebracho en el concentrado (C) de ovejas en lactación sobre sus parámetros productivos
Table 2. Effect of the type of forage (F) and the inclusion of quebracho in the concentrate (C) of lactating ewes on their productive performance

	Forraje		Concentrado			Efecto[3]	
	Heno	Pastoreo	QUE[1]	Control	EE[2]	F	C
n	19	20	18	21		–	–
Al parto							
Peso vivo, kg	47,9	45,3	46,6	46,6	3,9	NS	NS
Condición corporal	2,45	2,41	2,41	2,45	0,16	NS	NS
Variación durante la lactación							
Peso vivo, kg	-1,8	0,3	-1,2	-0,3	2,1	†	NS
Condición corporal	-0,29	0	-0,11	-0,18	0,13	***	NS

[1] QUE: 10% de quebracho; [2] Error estándar; [3] † = P<0,10.

El contenido en PB de la leche también se vio afectado por la interacción entre el tipo de forraje y la semana de lactación (Tabla 3). La evolución del contenido en PB siguió un patrón similar a la producción de leche, con mayor contenido en el tratamiento de Pastoreo que en el de Heno durante las 3 últimas semanas de lactación (P<0,05; Figura 1). La producción de leche estándar se vio afectada únicamente por el tipo de forraje (Tabla 3), siendo un 21% superior en el tratamiento de Pastoreo (P<0,001). La inclusión de quebracho tendió a incrementar la producción estándar de leche (P<0,10) y redujo el contenido de proteína (P<0,05) (Figura 1).

La semana de lactación afectó a todos los parámetros de leche estudiados (P<0,05) excepto a la producción de leche estándar (P>0,05; Tabla 3). Durante la primera semana

Tabla 3. Efecto del tipo de forraje (F), la inclusión de quebracho en el concentrado (C) y la semana de lactación (S) sobre la producción y calidad de la leche de las ovejas lactantes
Table 3. Effect of the type of forage (F), the inclusion of quebracho in the concentrate (C) and the week of lactation (W) on milk yield and quality of lactating ewes

	Forraje		Concentrado			Efecto[3]		
	Heno	Pastoreo	QUE[1]	Control	EE[2]	F	C	S
Producción de leche, l/d [4]	1,01	1,32	1,22	1,12	0,04	***	NS	*
Producción de leche estándar, l/d	0,88	1,12	1,08	0,92	0,04	***	†	NS
Grasa bruta, %	6,50	6,35	6,57	6,29	0,19	NS	NS	***
Proteína bruta, %	4,68	5,12	4,78	5,01	0,07	***	*	*
Lactosa, %	5,06	5,08	5,06	5,08	0,03	NS	NS	***
Log_SCC[5]	2,41	2,35	2,28	2,48	0,09	NS	NS	*

[1] QUE: 10% de quebracho; [2] Error estándar; [3] † = P<0,10; [4] Interacción significativa entre el tipo de forraje y la semana de lactación (Ver Figura 1); [5] Número de células somáticas.

de lactación, la leche presentó un mayor contenido de grasa, proteína y número de células somáticas y menor contenido de lactosa que las restantes semanas (P<0,05), que presentaron contenidos similares (P>0,05; datos no mostrados).

La evolución de los metabolitos plasmáticos de las ovejas se muestra en la Figura 2. El tipo de forraje (P<0,05) y la semana de lactación (P<0,01) afectaron a la concentración de proteína total del plasma sin presentar interacción entre ambos (P>0,05). En promedio, la concentración de proteína total fue mayor en las ovejas en Pastoreo que en las ovejas Heno (66,1 *vs.* 63,1 g/l; P<0,05). Respecto a la semana de lactación, la concentración de proteína total fue mayor en la primera semana de lactación (P<0,05), disminuyendo progresivamente hasta la quinta semana, momento en que la concentración de proteína total fue similar al resto de las semanas (P<0,05). La concentración de AGNE en plasma presentó una interacción entre el tipo de forraje y la semana de lactación (P<0,05). Las concentraciones fueron similares durante las dos primeras semanas de lactación (P>0,05), posteriormente las ovejas del tratamiento Heno presentaron mayor concentración que las del tratamiento Pastoreo (P<0,05). La concentración de urea en plasma también presentó una interacción entre el forraje y la semana de lactación (P<0,05). La concentración de urea plasmática siempre fue mayor en ovejas en Pastoreo que en ovejas con Heno (P<0,05), incrementándose la diferencia entre tratamientos a medida que la lactación avanzaba. Las ovejas del tratamiento Heno presentaron un concentración de urea constante, mientras que en las del Pastoreo aumentó hasta la tercera semana de lactación (13,18 mmol/l), manteniéndose constante posteriormente (P<0,05).

La inclusión de quebracho en el concentrado no afectó la concentración plasmática de ninguno de los metabolitos estudiados (P>0,05; Figura 2).

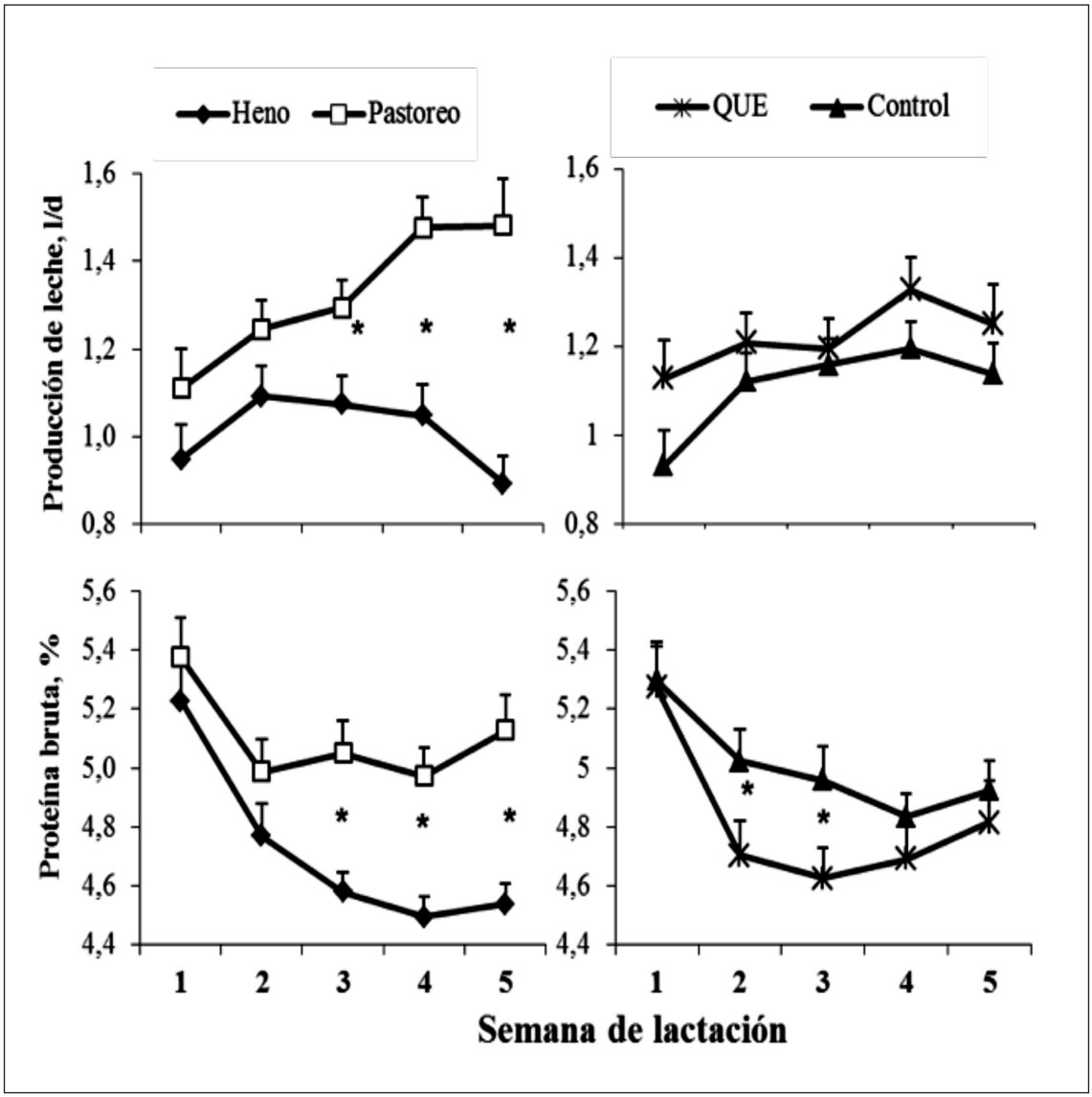


Figura 1. Efecto del tipo de forraje (Heno *vs*. Pastoreo) y la inclusión de quebracho en el concentrado (QUE *vs*. Control) de las dietas de ovejas sobre la producción de leche y el contenido en proteína bruta a lo largo de la lactación.

Figure 1. Effect of the forage type (Pasture vs*. Hay) and the inclusion of quebracho in the concentrate (QUE* vs*. Control) of lactating ewes on milk yield and crude protein content during lactation.*

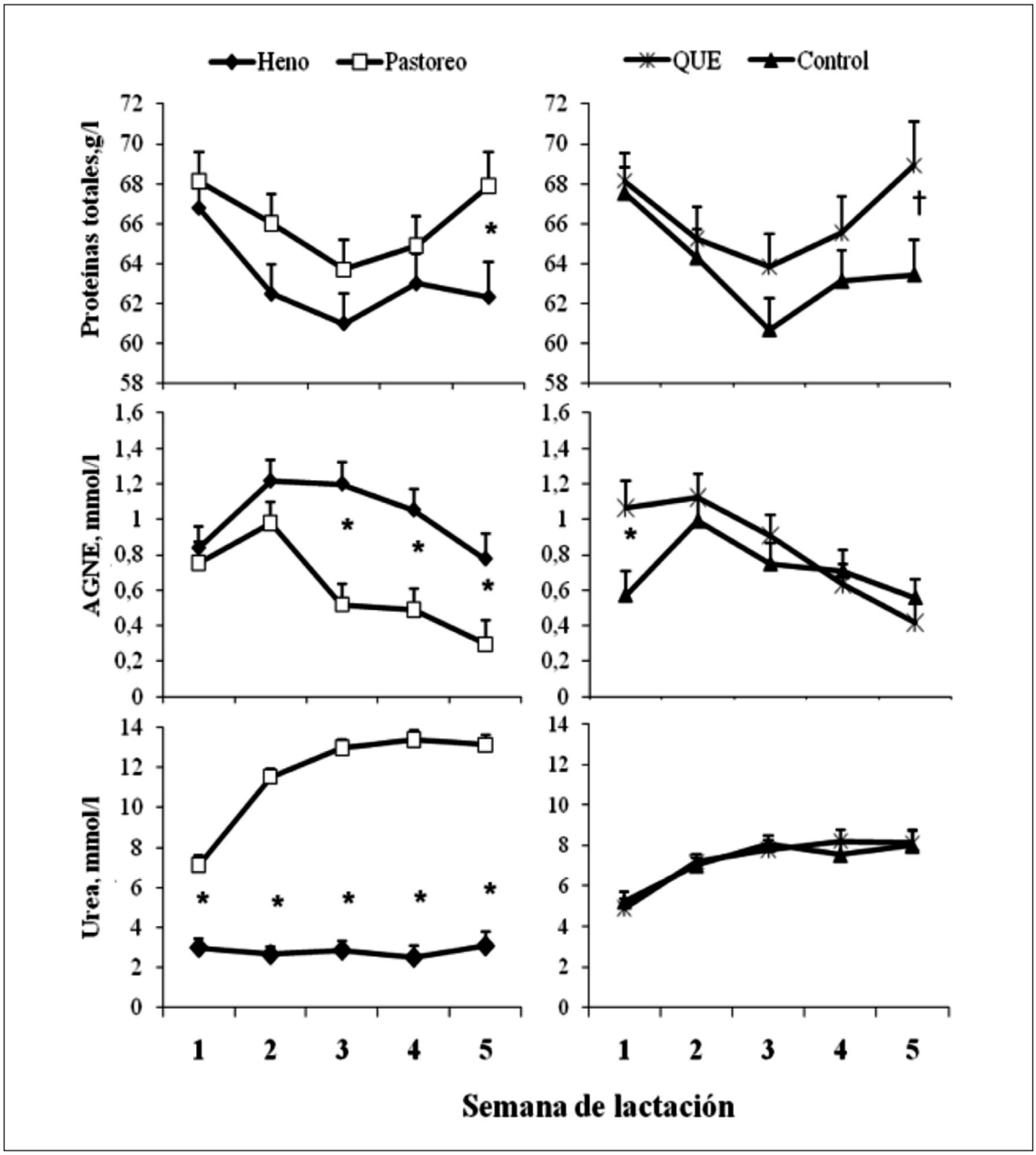


Figura 2. Efecto del tipo de forraje (Heno *vs*. Pastoreo) y la inclusión de quebracho en el concentrado (QUE *vs*. Control) de las dietas de ovejas en lactación sobre los contenidos plasmáticos de proteínas totales, ácidos grasos no esterificados (AGNE) y urea.

Figure 2. Effect of the forage feeding treatment (Hay vs*. Pasture) and the inclusion of quebracho in the concentrate (QUE* vs*. Control) on plasmatic concentrations of total proteins, non-esterified fatty acids and urea during lactation.*

Parámetros productivos de los corderos lechales

Al igual que en las ovejas, la interacción entre el tipo de forraje y la inclusión de quebracho en el concentrado de las madres no fue significativa en ninguno de los parámetros estudiados en los corderos, por lo que los resultados se presentan por separado para estos efectos.

El peso al nacimiento de los corderos fue similar en todos los lotes, pero los corderos del tratamiento Pastoreo fueron más pesados que los corderos de Heno a partir de la cuarta semana de lactación (P<0,05) (Figura 3). Por ello, los corderos de Pastoreo pesaron más al sacrificio que los de Heno (P<0,001; Tabla 4), y sin diferencia en la edad (P>0,05). Consecuentemente, el tipo de forraje afectó a las ganancias medias de peso durante la lactación (280 *vs.* 220 g/d, para el tratamiento Pastoreo y Heno respectivamente; P<0,05). Las pérdidas de peso debidas al transporte tendieron a ser mayores en los corderos del tratamiento Heno que en los corderos de Pastoreo (P<0,10). El tipo de forraje utilizado en la alimentación de las madres afectó de manera notable a las características de la canal de los corderos lechales (Tabla 4). Paralelamente a los resultados observados en el crecimiento, los corderos de Pastoreo tuvieron mayor PCC y PCF (P<0,001), y por lo tanto un mayor rendimiento en matadero que los corderos del tratamiento Heno (P<0,05).

La inclusión de quebracho en la dieta de las madres incrementó el peso vivo durante la tercera y cuarta semana (P<0,05) (Figura 3), sin embargo no se observaron diferencias significativas sobre la ganancia media diaria de sus corderos aunque fue un 6,5% superior en el tratamiento QUE frente al Control, (255 *vs*. 240; P>0,05). Por ello, los corderos del tra-

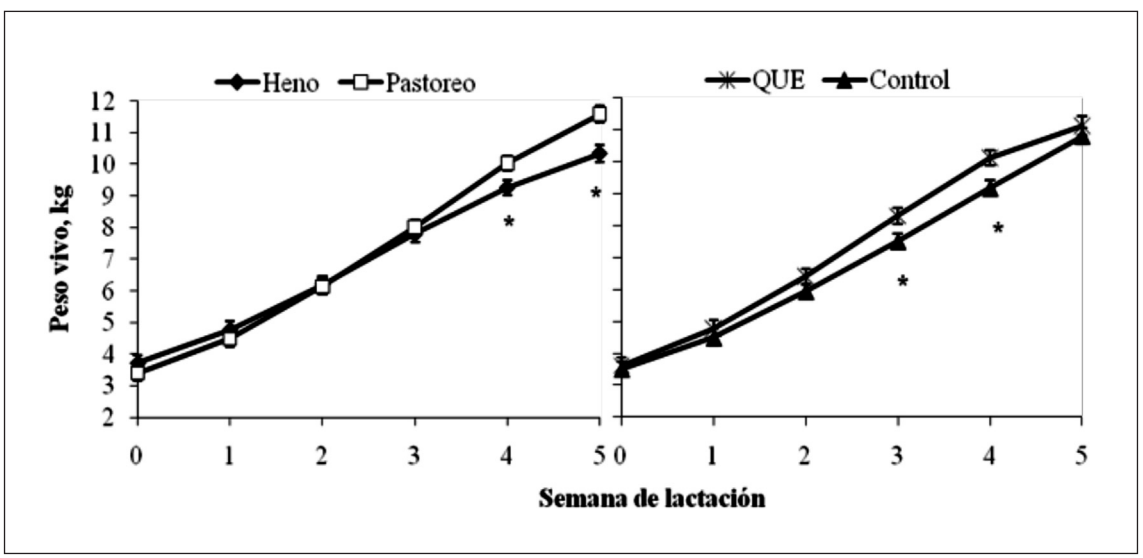


Figura 3. Efecto del tipo de forraje (Heno *vs*. Pastoreo) y la inclusión de quebracho en el concentrado (QUE *vs*. Control) de las dietas de ovejas en lactación sobre el peso vivo de los corderos lechales durante la lactación.
Figure 3. Effect of the type of forage (Hay vs*. Pasture) and the inclusion of quebracho in the dam s concentrate (QUE* vs*. Control) on suckling lamb live weight during lactation.*

Tabla 4. Efecto del tipo de forraje (F) y la inclusión de quebracho en el concentrado (C) de la dieta de ovejas sobre los parámetros productivos de sus corderos lechales
Table 4. Effect of the type of forage (F) and the inclusion of quebracho in the concentrate (C) of lactating ewes on their suckling lamb s performance

	Forraje		Concentrado			Efecto[3]	
	Heno	Pastoreo	QUE[1]	Control	EE[2]	F	C
PV Sacrificio, kg	10,6	11,6	11,1	11,1	0,3	***	NS
Edad al sacrificio, d	35,0	32,2	31,8	35,3	2,8	NS	†
Pérdidas de PV en transporte, %	3,4	1,6	2,0	2,9	0,7	†	NS
Peso canal caliente, kg	6,3	7,0	6,7	6,6	0,2	***	NS
Peso canal fría, kg	6,0	6,7	6,41	6,3	0,2	***	NS
Rendimiento matadero, %	56,3	58,4	58,0	56,8	0,9	*	NS
Pérdidas de refrigeración, %	4,3	3,3	3,9	3,7	0,7	NS	NS

[1] QUE: 10% de quebracho; [2] Error estándar; [3] † = P<0,10.

tamiento QUE necesitaron casi 4 días menos que los de Control (P<0,10) para alcanzar similar peso al sacrificio (P>0,05). La inclusión de quebracho en el concentrado (P>0,05) no afectó ni a las pérdidas de peso debido al transporte ni a las características de la canal de los corderos lechales (P>0,05).

Discusión

Alimentos

La pradera presentó un valor nutritivo elevado, considerando su alto contenido en PB y bajo contenido en FND, durante toda la lactación de las ovejas. Los partos coincidieron con el inicio del crecimiento del forraje, por lo que al inicio del ensayo la oferta fue escasa pero de alta calidad. Por otra parte, el heno presentó una calidad nutritiva media, con un contenido bajo en PB y alto contenido en FND. La causa de esta diferencia está relacionada con el diferente estado del forraje y el proceso de henificación, que reduce la calidad del forraje (Rotz y Muck, 1994; Dewhurst *et al.*, 2006). Además, la pradera para henificar se cortó cuando la hierba estaba en inicio del estado de maduración, por lo que la calidad fue menor y la cantidad del forraje cosechado mayor. Dado que la producción de forraje de la pradera al inicio del estudio fue muy baja, la carga ganadera aplicada también fue baja, con el fin de garantizar un consumo de forraje suficiente para cubrir las necesidades de los animales. Los resultados mostraron que el pastoreo de la pradera permitió cubrir las necesidades para mantener el PV, la CC y unos niveles normales de metabolitos en sangre de la oveja, así como la producción de leche, que fue comparable a la observada en otros estudios anteriores (Álvarez-Rodríguez *et al.*, 2007), confirmando que la carga ganadera utilizada en el ensayo fue adecuada.

Parámetros productivos de las ovejas

La evolución del PV, CC y la producción de leche de las ovejas de Heno están de acuerdo con los resultados observados por Joy *et al.*

(2012) en un estudio similar de producción de corderos lechales llevado a cabo durante el otoño. Sin embargo, las ovejas en Pastoreo del mencionado estudio presentaron peores rendimientos que las del presente ensayo debido a que no recibieron concentrado como suplemento durante la lactación y fueron similares a los observados por Álvarez-Rodríguez *et al.* (2007), en el que las ovejas recibieron suplementación de cebada. Los mejores rendimientos observados en las ovejas Pastoreo del presente estudio confirman que la pradera tenía una alta calidad nutritiva, aunque la producción forrajera fuera baja, y permitió cubrir las necesidades de las ovejas autóctonas de formato medio como es la raza Churra Tensina. Además, confirma la recomendación de suplementar a las ovejas durante la lactación realizada por Ripoll-Bosch *et al.* (2014), tanto en las ovejas en pastoreo, para equilibrar la proteína bruta y energía de la dieta, como en las ovejas estabuladas que reciben heno de calidad media para mantener la lactación.

Las diferencias en la producción y calidad de la leche entre las ovejas de Pastoreo y Heno podrían relacionarse con los diferentes contenidos de energía y PB de los forrajes, que fueron un 29 y 71% mejores en Pastoreo, respectivamente. Está ampliamente aceptado que el estado nutricional y la producción de leche están positivamente relacionados (Caja y Bocquier, 2000).

La mayoría de estudios realizados en razas locales muestran que el pico de producción de leche es al inicio de la lactación (entre las semanas 1 y 3) (Atti *et al.*, 2006; Joy *et al.*, 2008a; Ripoll-Bosch *et al.*, 2014), tal y como se ha registrado en el tratamiento de Heno. Sin embargo, las ovejas de Pastoreo presentaron una evolución diferente, que podría estar relacionada con la cantidad disponible de forraje, baja al inicio de la lactación pero incrementándose a medida que la primavera avanzaba, aumentando de esta manera la energía y proteína ingerida. También puede estar relacionada con el posible incremento de la humedad, ya que se trata de una pradera en crecimiento. La producción de leche media de las ovejas en Pastoreo en el presente estudio fue mayor que la observada por Joy *et al.* (2012) (1,32 *vs.* 1,11 kg/día). Tal y como se ha explicado anteriormente, esta diferencia podría deberse a un mayor consumo de energía, debido a la mejor calidad de la pradera, además de a la suplementación de 300 g de concentrado que se ofreció a las ovejas en el presente estudio.

El alto contenido de PB que presentó la pradera estuvo relacionado con el aumento de la concentración de proteína total y de urea en plasma de las ovejas en Pastoreo, de acuerdo con otros estudios (Jaime y Purroy, 1995; Joy *et al.*, 2008a). La concentración plasmática de urea en ambos tratamientos reflejó diferencias en la ingestión de PB. Las ovejas Pastoreo presentaron un aumento de la urea plasmática entre la primera y tercera semana de lactación, paralelo a la mayor producción forrajera de la pradera, y por tanto a un mayor consumo. Estos resultados están de acuerdo con Fernández *et al.* (2012), que observaron una mayor concentración de urea en moruecos castrados cuando la dieta presentaba un mayor valor proteico (22% PB). Por otro lado, la concentración de urea plasmática fue constante en ovejas Heno como consecuencia del contenido constante en PB del heno. Las diferencias en la concentración de AGNE en el plasma estarían relacionadas con las diferencias en el contenido en EM de las dietas (Pastoreo *vs.* Heno). En este sentido, Jaime y Purroy (1995) observaron que la concentración de AGNE fue mayor en ovejas alimentadas al 70% de las necesidades energéticas que en aquellas alimentadas al 80%. En el presente estudio, la concentración de AGNE en las ovejas Pastoreo durante la lactación fue inferior a 1,0 mM, umbral que indica un estado catabólico (Russel, 1984), pero en las ovejas Heno

fue superior a dicho umbral entre las semanas 2 y 4. Por lo tanto, las ovejas Heno no recibieron suficiente EM para la producción de leche, teniendo que movilizar reservas corporales, como confirmó la disminución de la CC observada en ese tratamiento. La evolución de la concentración de AGNE en plasma a lo largo de la lactación fue inversa a la observada para la CC, de acuerdo con Álvarez-Rodríguez *et al.* (2012) y Joy *et al.* (2014).

La inclusión de quebracho en el concentrado no tuvo apenas efectos sobre los rendimientos de las ovejas. En este mismo sentido, Hervás *et al.* (2003) observaron que cuando las ovejas recibían 0, 28 o 83 g de quebracho/kg mantenían el PV, mientras que cuando recibieron 166 g/kg presentaron una pérdida rápida de PV. Toral *et al.* (2011) observaron que la inclusión de un extracto compuesto por quebracho y castaño (taninos hidrolizables) en 10 g/kg de MS no tuvo efecto en la evolución del PV durante la lactación de la oveja. El efecto poco claro de la inclusión de quebracho en la producción y calidad de leche está en parte de acuerdo con los resultados observados cuando el quebracho se incluyó en un 2% (Toral *et al.*, 2013) o 5,3% (Buccioni *et al.*, 2015). En el presente estudio, se incluyó un 10% de quebracho en el concentrado y no afectó a la producción de leche ni al contenido en grasa pero redujo el contenido de proteína. Estudios previos destacan las interacciones entre la semana de lactación y la producción de leche y proteína. Wang *et al.* (1996), estudiando el efecto del loto (*Lotus Corniculatus*), un forraje con alto contenido en TC, en la dieta de ovejas, observaron que la producción de leche y proteína fue similar durante las primeras 5 semanas de lactación, pero aumentaron ambas producciones entre las semanas 6ª y 11ª. Por lo tanto, parece que dependiendo de la semana de lactación la producción y la calidad podrían estar afectadas de manera diferente por el tipo de TC incluido en la dieta.

De manera similar que en la producción de leche, los estudios reflejan un efecto poco claro del quebracho en los metabolitos en sangre. Hervás *et al.* (2003) no encontraron efectos utilizando las dosis de quebracho de 0, 28 o 83 g/kg en la dieta durante 21 días. Otros estudios han descrito una interacción entre la inclusión de quebracho en la dieta y la fase de lactación de la oveja en el contenido en proteína total (Buccioni *et al.*, 2015) y nitrógeno ureico (Fernández *et al.*, 2012). Respecto a otras fuentes de TC, el loto disminuyó la concentración de urea pero no afectó al contenido de AGNE (Wang *et al.*, 1996). En el presente estudio se puede concluir que la cantidad de quebracho añadido en la dieta fue bajo para afectar al PV, CC y la producción y calidad de la leche, siendo razonable la ausencia de efecto del quebracho en las concentraciones de metabolitos del plasma.

Parámetros productivos de los corderos lechales

El efecto del tipo de forraje sobre el crecimiento de los corderos lechales se debió a las diferencias observadas en la producción de leche de las madres, como se ha indicado previamente (Joy *et al.*, 2012). El mayor crecimiento de los corderos del tratamiento Pastoreo relacionado con su mayor producción de leche fue debido a que un incremento de la energía en la dieta de la madre implica una mayor ingestión de energía y proteína del cordero (Galvani *et al.*, 2014).

El transporte de los corderos al matadero siempre implica pérdidas. En el presente estudio, las pérdidas de los corderos Pastoreo fueron menores a las observadas por Joy *et al.* (2008b) en corderos ligeros tipo Ternasco (22-24 kg) criados en condiciones similares. La principal causa de esta diferencia pudo ser el menor desarrollo del tracto digestivo en los corderos lechales. Los corderos lechales se alimentan casi exclusivamente de leche, por

lo que el tracto digestivo debería estar igualmente desarrollado en los tratamientos del presente estudio.

El efecto del tipo de forraje sobre los pesos de la canal y su rendimiento estaría relacionado con el mayor peso al sacrificio en el lote Pastoreo, ya que el PV al sacrificio está correlacionado positivamente con el peso de la canal (Díaz *et al.* 2003) y el rendimiento canal (Velasco *et al.* 2000).

En una revisión, Patra y Saxena (2011) concluyeron que la inclusión de concentraciones moderadas de taninos condensados en la dieta puede mejorar el peso corporal, la producción de leche y los parámetros reproductivos de las ovejas, pero no de manera consistente. Sin embargo, en el presente estudio las ganancias medias de los corderos no fueron diferentes significativamente, aunque el ligero incremento debido a la inclusión de quebracho en el concentrado de sus madres podría ser resultado de la tendencia de las ovejas QUE a presentar una mejor producción de leche estándar. Las discrepancias entre los distintos estudios se podrían atribuir parcialmente a la forma en que interaccionan los taninos condensados y las proteínas.

En el presente estudio, la inclusión de quebracho en la dieta de ovejas no afectó a las características de la canal de corderos lechales. De manera similar, Francisco *et al.* (2015) observaron que los TC del *Cistus ladanifer* aportados durante 6 semanas en corderos Merino Branco sacrificados con 32-33 kg no tuvieron efecto en las características de la canal. Sin embargo, las canales de corderos alimentados durante 103-145 días con ensilados con forrajes ricos en TC (*Onobrychis viciifolia* y *Lotus corniculatus)* fueron más ligeras y presentaron menor rendimientos que las de los corderos alimentados con ensilados con forrajes sin TC (*Medicago sativa* y *Trifolium pratense*) (Girard *et al.*, 2016). El peso al sacrificio fue de 28-29 kg para los primeros y 34-35 kg para los segundos, por lo que las diferencias observadas podrían deberse en parte al diferente peso al sacrificio. Por lo tanto, se necesitan más estudios para comprobar si la inclusión de TC en la dieta tanto de madres como de corderos afecta a las características de la canal cuando los corderos son sacrificados con peso similar.

Conclusiones

En nuestras condiciones de trabajo, las ovejas en Pastoreo presentaron mayor producción lechera, corderos lechales más pesados al sacrificio y con mayor rendimiento canal que las madres que consumieron Heno. Por tanto, la práctica habitual de estabular a las ovejas al parto y alimentarlas con heno de pradera suplementado con pienso quizá no sea el manejo más adecuado. Una alternativa recomendable sería el pastoreo de ovejas lactantes con suplementación, siempre que se disponga de pasto de buena calidad. La inclusión de quebracho en la dieta de las ovejas lactantes redujo el contenido proteico de la leche, pero tendió a aumentar la producción de leche estándar y mejoró el ritmo de crecimiento de sus corderos, que tendieron a alcanzar el peso de sacrificio 3,5 días antes que el resto de corderos. Debido a la falta de un efecto consistente de la inclusión del quebracho, será interesante analizar en futuros trabajos cómo afecta la inclusión de distintas dosis de taninos condensados, tanto en la dieta de las madres como en la de las crías, a los rendimientos del conjunto oveja-cordero.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al personal de la Finca Experimental de la Garcipollera y al personal del CITA de Aragón por su ayuda en el desarrollo de la experiencia. En especial deseamos agradecer a J. Casáus y J. Ferrer su

ayuda en el manejo de los animales, a F. Molino, M.A. Legua y P. Eseverri su trabajo en el laboratorio. Este estudio ha sido financiado por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA RTA2012-080-00, INIA RZP2009-00005 y INIA RZP2013-00001-00) y por las ayudas de los fondos para los grupos consolidados del Gobierno de Aragón (A49, A11). M. Blanco posee un contrato financiado por INIA-FEDER y S. Lobón por una beca predoctoral del Gobierno de Aragón.

Bibliografía

Álvarez-Rodríguez J, Sanz A, Delfa R, Revilla R, Joy M (2007). Performance and grazing behaviour of Churra Tensina sheep stocked under different management systems during lactation on Spanish mountain pastures. Livestock Science 107: 152-161.

Álvarez-Rodríguez J, Estopañan G, Sanz A, Dervishi E, Govoni N, Tamanini C, Joy M (2012). Carry-over effects of body condition in the early pregnant ewe on peri-partum adipose tissue metabolism. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 96: 985-992.

AOAC (1999). Official methods of analysis, AOAC International, Maryland, U.S.A.

Atti N, Rouissi H, Othmane MH (2006). Milk production, milk fatty acid composition and conjugated linoleic acid (CLA) content in dairy ewes raised on feedlot or grazing pasture. Livestock Science 104: 121-127.

Bocquier F, Barillet F, Guillouet P, Jacquin M (1993). Prediction of energetic content of ewes milk from different Chemicals-analysis-proposal for a standard milk for Dairy ewes. Annales de Zootechnie 42: 57-66.

Buccioni A, Pauselli M, Viti C, Minieri S, Pallara G, Roscini V, Rapaccini S, Marinucci MT, Lupi P, Conte G, Mele M (2015). Milk fatty acid composition, rumen microbial population, and animal performances in response to diets rich in linoleic acid supplemented with chestnut or quebracho tannins in dairy ewes. Journal of Dairy Science 98: 1145-1156.

Caja G, Bocquier F. (2000). Effects of nutrition on the composition of sheep's milk. En: Cahiers Options Méditerranées (52): Sheep and goat nutrition: Intake, digestion, quality of products and rangelands (Eds. Ledin I. & Morand-Fehr P.). pp 59-74. Zaragoza:CIHEAM.

Dewhurst RJ, Shingfield KJ, Lee MRF, Scollan ND (2006). Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high-forage systems. Animal Feed Science and Technology 131: 168-206

Díaz MT, Velasco S, Pérez C, Lauzurica S, Huidobro F, Cañeque V (2003). Physico-chemical characteristics of carcass and meat Manchego-breed suckling lambs slaughtered at different weights. Meat Science 65: 1085-1093.

Donney JM, Peart JN, Smith WF, Louda F (1979). A consideration of the techniques for estimation of milk-yield by suckled sheep and comparison of stimates obtained by 2 methods in relation to the effect of breed, level of production and stage of lactation. The Journal of Agricultural Science 92: 123-132.

Fernández HT, Catanese F, Puthod G, Distel RA, Villalba JJ. (2012). Depression of rumen ammonia and blood urea by quebracho tannin-containing supplements fed after high-nitrogen diets with no evidence of self-regulation of tannin intake by sheep. Small Ruminant Research, 105: 126-134.

Francisco A, Dentinho MT, Alves SP, Portugal PV, Fernandes F, Sengo S, Jerónimo E, Oliveira MA, Costa P, Sequeira A, Bessa RJB, Santos-Silva J (2015). Growth performance, carcass and meat quality of lambs supplemented with increasing levels of a tanniferous bush (*Cistus ladanifer L.*) and vegetable oils. Meat Science 100: 275-282.

Galvani DB, Pires CC, Hübner CH, Carvalho S, Wommer TP (2014). Growth performance and carcass traits of early-weaned lambs as affected by the nutritional regimen of lactating ews. Small Ruminant Research 120: 1-5.

Girard M, Dohme-Meier F, Silacci P, Ampuero Kragten S, Kreuzer M, Bee G (2016). Forage legumes rich in condensed tannins may increase n-3

fatty acid levels and sensory quality of lamb meat. Journal of the Science of Food and agriculture 96: 1923-1933.

Grabber JH, Zeller WE, Mueller-Harvey I (2013). Acetone enhances the direct analysis of procyanidin- and prodelphinidin-based condensed tannins in lotus species by the butanol-HCl-iron assay. Journal of Agricultural and Food Chemistry 61: 2669-2678.

Hervás G, Pérez V, Giráldez FJ, Mantecón AR, Almar MM, Frutos P (2003). Intoxication of sheep with quebracho tannin extract. Journal of Comparative Pathology 129: 44-54.

Jaime C, Purroy A (1995). Level and quality of protein in rations for lactating ewes. Annales De Zootechnie 44: 135-142.

Joy M, Álvarez-Rodríguez J, Revilla R, Delfa R, Ripoll G (2008a). Ewe metabolic performance and lamb carcass traits in pasture and concentrate-based production systems in Churra Tensina breed. Small Ruminant Research 75: 24-35.

Joy M, Ripoll G, Delfa R (2008b). Effects of feeding system on carcass and non-carcass composition of Churra Tensina light lambs. Small Ruminant Research 78: 123-133.

Joy M, Sanz A, Ripoll G, Panea B, Ripoll-Bosch R, Blasco I, Álvarez-Rodríguez J (2012). Does forage type (grazing *vs*. hay) fed to ewes before and after lambing affect suckling lambs performance, meat quality and consumer purchase intention? Small Ruminant Research 104: 1-9.

Joy M, Ripoll-Bosch R, Sanz A, Molino F, Blasco I, Álvarez-Rodríguez J (2014). Effects of concentrate supplementation on forage intake, metabolic profile and milk fatty acid composition of unselected ewes raising lambs. Animal Feed Science and Technology 187: 19-29.

Mertens DR (1983). Using neutral detergent fiber to formulate dairy rations and estimate the energy content forages. Cornell Nut. Conf. Feed Manuf. Syracuse, NY, p. 60.

Min BR, Barry TN, Attwood GT, McNabb WC (2003). The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: A review. Animal Feed Science and Technology 106: 3-19.

Montossi F, Font-i-Furnols M, del Campo M, San Julián R, Brito G, Sañudo C (2013). Sustainable sheep production and consumer preference trends: Compatibilities, contradictions, and unresolved dilemmas. Meat Science 95: 772-789.

Moñino I, Martínez C, Sotomayor JA, Lafuente A, Jordán MJ (2008). Polyphenols transmission to Segureño lamb meat from ewes' diet supplemented with the distillate from rosemary (*Rosmarinus officinalis*) leaves. Journal of Agricultural and Food Chemistry 56: 3363-3367.

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.

Ripoll-Bosch R, Joy M, Sanz A, Blasco I, Ripoll G, Álvarez-Rodríguez J (2014). Effect of concentrate supplementation and prolificacy on the productive and economic performance of autochthonous sheep breeds fed forage-based diets. Spanish Journal of Agricultural Research 12: 1099-1104.

Rotz CA, Muck RE (1994). Changes in Forage Quality During Harvest and Storage. En: Forage Quality, Evaluation, and Utilization (Ed. Fahey, G.C.), pp. 828-868. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Madison, WI, EE. UU.

Russel AJF, Doney JM, Gunn RG (1969). Subjective assessment of body fat in live sheep. The Journal of Agricultural Science 72: 451-454.

Russel AJF (1984). Means of assessing the adequacy of nutrition of pregnant ewes. Livestock Production Science 11: 429-436.

Sanz A, Álvarez-Rodríguez J, Cascarosa 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. Revista ITEA-Información Técnica Económica Agraria 104: 42-57.

Toral PG, Hervás G, Bichi E, Belenguer Á, Frutos P (2011). Tannins as feed additives to modulate ruminal biohydrogenation: Effects on animal performance, milk fatty acid composition and ruminal fermentation in dairy ewes fed a diet containing sunflower oil. Animal Feed Science and Technology 164: 199-206.

Toral PG, Hervás G, Belenguer A, Bichi E, Frutos P (2013). Effect of the inclusion of quebracho tannins in a diet rich in linoleic acid on milk fatty acid composition in dairy ewes. Journal of Dairy Science 96: 431-439.

Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science 74: 3583-3597.

Velasco S, Lauzurica S, Caneque 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.

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.

Wang Y, Douglas GB, Waghorn GC, Barry TN, Foote AG (1996). Effect of condensed tannins in *Lotus corniculatus* upon lactation performance in ewes. The Journal of Agricultural Science 126: 353-362.

(Aceptado para publicación el 9 de agosto de 2017)

¿Habilidades emocionales o cognitivas? El rol de la inteligencia emocional en las decisiones de compra de alimentos con declaraciones nutricionales

B. López-Galán y T. de-Magistris*

Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón. Instituto Agroalimentario de Aragón (IA2) (CITA-Universidad de Zaragoza) Avda. Montañana 930, 50059

Resumen

Los esfuerzos por reducir la alta tasa de enfermedades crónicas relacionadas con la alimentación parecen no dar los resultados esperados debido que las políticas de salud pública se basan en modelos de toma de decisión con un sesgo hacia aspectos cognitivos, asumiendo que los consumidores elijen sus alimentos de manera racional. Sin embargo, un nuevo enfoque propone que las habilidades emocionales juegan un papel fundamental en la elección de alimentos más saludables. Este estudio analiza el papel que juega la inteligencia emocional en las decisiones de compra de alimentos con declaraciones nutricionales. Para conocer esta influencia, se partió del análisis de las preferencias de los consumidores por patatas fritas con declaraciones nutricionales mediante la estimación de un modelo Latent Class que permitió encontrar grupos de consumidores que compartían preferencias. Luego se comprobó si las habilidades emocionales y cognitivas de los individuos proporcionaban un perfil de preferencias para cada grupo. El principal resultado del presente estudio señala que una pobre habilidad emocional tiene una influencia negativa sobre la elección de patatas fritas con declaraciones nutricionales. Sin embargo, la interacción entre las habilidades emocionales y cognitivas es la que determina la calidad de la toma de decisiones de alimentos con declaraciones nutricionales. El presente estudio extiende el estudio de la inteligencia emocional al ámbito de las decisiones de compra. Los resultados de este estudio presentan algunas implicaciones para el diseño de estrategias de marketing de productos saludables y de políticas de sanidad pública más acertadas.

Palabras clave: Inteligencia emocional, alimentos hedónicos, latent class, preferencias de los consumidores, conocimiento nutricional.

Abstract

Emotional abilities or Cognitive abilities? The role of emotional intelligence in food purchase decisions with nutritional claims

Public health policy efforts to reduce the high rate of chronic food-related diseases seems not to give the expected results due to the fact that these policies are based on decision-making models with a bias towards cognitive aspects assuming consumers choose their food products rationally. However, a new approach based on consumers emotional abilities plays a fundamental role in the purchase decision of healthier food. This study analyses the impact of emotional intelligence in the purchasing decisions of food products with nutritional claims. To measure consumer preferences for potato chips with nutritional claims we estimated a Latent class model that allowed the identification of groups with similar pref-

* Autor para correspondencia: tmagistris@aragon.es

http://doi.org/10.12706/itea.2017.024

erences, which were also verified through individuals' emotional and cognitive abilities. The main result of our study indicates that poor emotional ability has a negative influence on the purchase decision of potato chips with nutritional claims. However, it is the interaction between emotional and cognitive abilities that determines the purchase decision quality of food products. This study provides evidence on the use of emotional intelligence to define in a more precise way food purchase decisions.

Keywords: Emotional intelligence, hedonic food, latent class, consumer preferences, nutritional knowledge.

Introducción

Algunos autores señalan que el incremento de la prevalencia de enfermedades no trasmisibles (ENT) como la diabetes, las enfermedades cardiovasculares o la obesidad, está relacionado con dietas poco variadas y desequilibradas (Popkin, 2006). Este desmejoramiento de la salud ha impactado de forma negativa en aspectos tales como el gasto en salud pública o la productividad laboral (Gupta *et al.,* 2015). En consecuencia, las autoridades en materia de salud pública han diseñado instrumentos como las declaraciones nutricionales (DNs) para facilitar que los consumidores mejoren sus decisiones alimentarias. En efecto, la evidencia empírica sobre las preferencias de consumo ha demostrado que los consumidores consideran que las declaraciones nutricionales resultan útiles para elegir alimentos más saludables (Cavaliere *et al.,* 2015; Miklavec *et al.,* 2015). Por ejemplo, el estudio de Cavaliere *et al.* (2015) señala que los consumidores muestran más interés por las DNs más conocidas como las relacionadas con el azúcar o la grasa que por las DNs menos conocidas como las relacionadas con la sal. Por otro lado, Miklavec *et al.* (2015) señalaron que las DNs que hacen referencia a nutrientes cuya ingesta debe moderarse, como las referidas a las grasas, mostraban un mayor potencial para influir en las decisiones de compra de los consumidores.

Sin embargo, a pesar del interés de los consumidores hacia las DNs y el esfuerzo realizado por las autoridades de salud pública por promover cambios en los hábitos alimenticios, aún no se ha conseguido reducir la prevalencia de las ENT (Prieto-Castillo *et al.,* 2015). Algunos autores sostienen que las autoridades en salud pública no han obtenido los resultados esperados porque han supuesto que los consumidores son conscientes de las ventajas y desventajas de sus elecciones alimentarias y han esperado que tomen decisiones racionales (Grunert *et al.,* 2012).

Sin embargo, numerosos estudios han demostrado que con frecuencia los consumidores toman decisiones alimentarias de manera inconsciente y muchas veces estas decisiones están dirigidas por un componente emocional (Tice *et al.,* 2001; Gardner *et al.,* 2014b; Köster y Mojet, 2015). En este sentido, aunque algunos estudios revelan un vínculo entre estados emocionales positivos y la elección de alimentos saludables (Gardner *et al.,* 2014b), otros estudios relacionan estados emocionales negativos (por ejemplo; tristeza, estrés o miedo) con la preferencia de alimentos más palatables (Gardner *et al.,* 2014b; Köster y Mojet, 2015). Este último enfoque denota que algunos consumidores presentan un sesgo en el procesamiento de la información nutricional producido por su estado emocional negativo, lo que les lleva a elegir alimentos más sabrosos pero menos saludables.

Este pensamiento heurístico sugiere que los consumidores utilizan a los alimentos como mecanismos de afrontamiento emocional (Gardner *et al.,* 2014b; Köster y Mojet, 2015). Sin embargo, estudios como el de Tice *et al.*

(2001) señalan que esta estrategia de afrontamiento solo proporciona resultados efímeros, por lo que el individuo termina por recurrir a este proceso de toma de decisiones de manera repetitiva (atajos mentales) tratando de mantener el estado emocional placentero durante más tiempo. No obstante, este proceso de toma de decisión favorece la creación de malos hábitos alimenticios que son difíciles de modificar con acciones de enfoque cognitivo.

Este círculo vicioso creado por el pensamiento heurístico revela que estos consumidores tienen dificultad para gestionar sus emociones (Tice *et al.,* 2001; Köster, 2009). Por tanto, estos hallazgos sugieren que para que un consumidor tome decisiones de calidad debe poseer habilidades cognitivas y emocionales desarrolladas (Mayer *et al.,* 2016). Sin embargo, esta perspectiva del procesamiento de la información nutricional únicamente tiene cabida en un enfoque más integrativo del proceso de toma de decisiones, como por ejemplo el enfoque que proporciona las teorías de la inteligencia emocional.

Así pues, teniendo en cuenta que la prevalencia de ENT relacionadas con la alimentación dista de reducirse y que las declaraciones nutricionales siguen teniendo un gran potencial como instrumento de modificación de hábitos alimentarios, es fundamental analizar si las habilidades emocionales influyen en las decisiones de compra de los consumidores.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio es analizar si la inteligencia emocional (IE) influye en las decisiones de compra de alimentos con declaraciones nutricionales y si ésta influencia es mayor a la que pueda ejercer el conocimiento nutricional.

La inteligencia emocional en el proceso de toma de decisiones

La inteligencia emocional (IE) es entendida como la capacidad de un individuo para razonar de manera precisa sobre las emociones, tanto las propias como la de otros, así como saber utilizar esa información para incorporarla en el pensamiento y por tanto en la toma de decisiones (Mayer *et al.,* 2016). Aunque esta conceptualización del pensamiento humano, en la que se incluyen las emociones, es relativamente nueva; en la literatura se pueden distinguir tres enfoques teóricos. El primero, el enfoque de habilidades específicas, centra su interés en diferentes habilidades individuales que son fundamentales para la formación de la IE, como por ejemplo, la capacidad para distinguir y reconocer el significado de las expresiones faciales de otras personas, entre otras. Desde esta perspectiva, uno de los test usados con mayor frecuencia es el Diagnostic Analysis of Nonverbal Accuracy Scales o DANVA 2_AF (Nowicki y Duke, 1994). El segundo enfoque plantea un modelo mixto. Este considera que la IE está formada no solo por habilidades individuales sino también por rasgos estables de personalidad, competencias socio-emocionales, motivaciones y habilidades cognitivas. La medida más representativa de este enfoque es el Bar-On Emotional Quotient Inventory (Bar-On, 2006). Por último, el enfoque integrativo plantea que la IE es un solo constructo compuesto por diferentes habilidades específicas o rama de habilidades que condicionan el procesamiento de la información emocional, por lo que integra emociones y razonamiento en un solo modelo. En este sentido, el test usado con mayor frecuencia es el Test de Inteligencia Emocional de Mayer-Salovey-Caruso (MSCEIT) (Mayer *et al.,* 2016).

Con independencia del enfoque empleado para estudiar el efecto de la IE en el proceso de toma de decisiones; los principales resultados coinciden en que los individuos que han desarrollado esta habilidad son capaces de resolver de manera adecuada los diferentes problemas a los que se enfrentan en el día a día (Brackett *et al.,* 2004). En este sentido, algunos ámbitos en los que se ha estudiado el efecto de la IE en la toma de decisiones

han sido la educación, el deporte y los hábitos saludables (Di Fabio y Kenny, 2012; Galdona *et al.,* 2011; Brackett *et al.,* 2004). Recientemente, el interés por analizar el papel de la IE en la toma de decisiones se ha extendido a las decisiones alimentarias, pudiéndose encontrar en la actualidad una extensa literatura. Sin embargo, la mayor parte de la literatura analiza la predicción de diversos trastornos de la conducta alimentaria como la bulimia, la anorexia u otros desórdenes alimenticios no especificados (Pettit *et al.,* 2010; Zysberg y Rubanov, 2010; Hambrook *et al.,* 2012; Gardner *et al.,* 2014a). Muy pocos estudios analizan la relación entre la IE y su relación más positiva con la alimentación. Así, por ejemplo, Saklofske *et al.* (2007) hallaron una correlación positiva entre la IE y la tendencia a seguir una dieta saludable. Por su parte, Peter y Brinberg (2012) demostraron que las personas con exceso de peso que recibieron entrenamiento para mejorar sus habilidades emocionales redujeron su ingesta calórica de 1684 calorías por día a 1242 calorías por día.

A pesar de estas aportaciones, las decisiones alimentarias no solo incluyen la ingesta de alimentos sino también la compra de estos. Por lo tanto, resulta evidente que el análisis de la influencia de las habilidades emocionales en las decisiones alimentarias debe extenderse a las decisiones de compra.

La inteligencia emocional desde la perspectiva del comportamiento del consumidor

En el campo del marketing y del comportamiento del consumidor se pueden encontrar numerosos trabajos que incluyen las emociones en su marco de estudio[1]. Desde esta perspectiva, uno de los enfoques empleados con mayor frecuencia es el análisis de la respuesta emocional que provocan los atributos extrínsecos (Silva *et al.,* 2017) e intrínsecos (Gutjar *et al.,* 2015) de ciertos productos alimenticios. Sin embargo, hasta ahora los estudios que analizan la influencia de las habilidades emocionales en las decisiones alimentarias en el contexto del consumo son escasos (Barrena y Sánchez, 2009; Kidwell *et al.,* 2008a).

Por ejemplo, Barrena y Sánchez (2009) analizan la relación entre las emociones relacionadas con el consumo de vino empleando un modelo "means-end chain" para determinar el nivel de abstracción de los consumidores en su estructura de decisión de compra. En este estudio, las autoras señalan que si bien un mismo producto puede evocar muchas y diferentes emociones, estas pueden clasificarse en dos grandes ramas siguiendo una estructura jerárquica. La primera rama engloba las emociones relacionadas con el placer sentimental y que influencian la elección de vinos de alta calidad para ocasiones especiales, mientras que la segunda rama engloba las emociones relacionadas con el placer social y que influencian la elección de vinos más modestos cuyo consumo se efectúa con mayor frecuencia en las comidas diarias (Barrena y Sánchez, 2009).

Por otro lado, Kidwell *et al.* (2008b), apoyándose en los aportes de las teorías de inteligencia emocional, proponen que los consumidores emplean ciertas habilidades (que siguen una estructura jerárquica y que se pueden agrupar en ramas) para procesar la información emocional relacionada con un dilema de consumo y tomar una decisión de compra. En su estudio, los autores miden la IE de los consumidores y evalúan como esta capacidad individual influye en la elección de

1. Una revisión detallada sobre la relación de las emociones y el consumo de alimentos se puede consultar en Jiang *et al.* (2014) y Köster y Mojet (2015).

menús menos calóricos. En concreto, el estudio revela que los consumidores que tienen un nivel alto de IE resisten mejor a la tentación de ciertos alimentos más calóricos y por el contrario suelen elegir alimentos más saludables (Kidwell *et al.,* 2008b).

Material y métodos

Captación de la muestra y protocolo del experimento de elección

El experimento se desarrolló entre los meses de marzo y abril de 2015, con una muestra de 309 individuos residentes en la ciudad de Zaragoza, que resultó de un muestreo con un nivel de confianza del 95,5%, un error muestral del ± 7% y proporciones estimadas de p = q = 0,5. Se escogió Zaragoza como zona de estudio porque es una ciudad de tamaño medio y sus características sociodemográficas y nivel de renta son similares a los valores medios en España. Como consecuencia, estas características permiten extrapolar los resultados al territorio español (Baba *et al.,* 2017). La captación de los participantes fue realizada por una empresa especializada que empleó un procedimiento de muestreo estratificado por sexo, edad, nivel de educación e índice de masa muscular.

La implementación del experimento siguió las indicaciones de la Declaración de Helsinki (WMA, 2013) y el protocolo del comité de ética del CITA (FP7-MC-CIG-332769). Partiendo de esta base, los facilitadores convocaron a los participantes en grupos de 10-12 personas como máximo por cada sesión experimental. Cada sesión comenzaba con un cuestionario que los participantes debían responder. A continuación, los facilitadores explicaban a los participantes que al final de la sesión recibirían 10 € como gratificación por su participación. El cuestionario medía la habilidad emocional, el conocimiento nutricional y las principales características sociodemográficas de los participantes. Las habilidades emocionales fueron medidas a través de la versión española de la Escala de Inteligencia Emocional del Consumidor (CEIS) de Kidwell *et al.* (2008a). Con esta escala, los autores extendieron el modelo de IE de Mayer *et al.* (2016) al contexto del comportamiento del consumidor. Esta escala define la IE como la habilidad que poseen los consumidores para emplear la información emocional en el análisis y solución de un dilema de consumo. La escala CEIS fue seleccionada porque demostró tener un mejor desempeño en la predicción de la habilidad emocional en el contexto del comportamiento de consumo en comparación a la escala general MSCEIT (Kidwell *et al.,* 2008a). La escala CEIS contiene 18 ítems estructurados en cuatro dimensiones: percibir, facilitar, entender y gestionar las emociones[2]. La primera dimensión 'Percibir' está compuesta por 5 actividades en las que el participante debe identificar diferentes emociones en rostros y objetos. La segunda dimensión 'Facilitar' está compuesta por 4 preguntas en las que el participante debe relacionar emociones con ciertos tipos de pensamientos y acciones. La tercera dimensión 'entender' está compuesta por 5 actividades en las que se indicó al participante que se sintiera protagonista de ciertas situaciones sociales que generarían emociones e indicara una combinación de estas de acuerdo a ese contexto determinado. Finalmente, la cuarta dimensión, 'gestionar' está compuesta por 3 historias en las que el participante debe evaluar qué estado emocional contribuye al bienestar emocional del protagonista y por tanto a mejorar el desenlace de la historia.

2. La versión traducida de la escala CEIS se encuentra disponible mediante solicitud a los autores.

El conocimiento nutricional se midió siguiendo la primera parte del cuestionario de Carrillo *et al.* (2012). Los participantes respondieron como falso o verdadero a diferentes afirmaciones relacionadas con las recomendaciones dietéticas proporcionadas por expertos.

Por último, los participantes contestaron a una serie de preguntas que recogían sus principales características sociodemográficas, como el sexo, el nivel de educación, la edad, el nivel de ingresos, el índice de masa corporal (IMC) y otras preguntas sobre el estilo de vida relacionado con la alimentación y la actividad física.

Una vez que los participantes cumplimentaron el cuestionario, los facilitadores les informaron sobre los productos que se analizarían, la metodología que se utilizaría y el objetivo del experimento (ver detalles en la siguiente sección). Después, los participantes inspeccionaron las diferentes bolsas de patatas fritas que se encontraban en las estanterías de la sala del experimento y que correspondían a las patatas fritas que estaban disponibles en ese momento en el mercado español. En su inspección, los participantes encontraron información relativa al tipo de patatas fritas, declaraciones nutricionales y precio por unidad, pero se ocultó información relativa a la marca, ingredientes y método de elaboración.

El facilitador de la sesión explicó a los participantes que encontrarían en cada estantería 12 diferentes conjuntos de elección que incluían tres opciones: dos bolsas de patatas fritas diferentes y una opción de no compra (Figura 1). Además, el facilitador les indicó que a medida que inspeccionaban cada conjunto de elección debían anotar sus respuestas en un folio que se les entregó al inicio de la sesión. Finalmente, el facilitador pidió a los participantes que anotaran en un trozo de papel un número del 1 al 12. Posteriormente mediante un sorteo, el facilitador seleccionó un número y comprobó las opciones del conjunto de elección correspondiente. En base a las respuestas de los participantes en ese conjunto de elección, el facilitador comprobó si el participante seleccionó alguna de las opciones de patatas fritas y procedió a cobrar el precio indicado en el conjunto de elección. Por lo que, el participante se llevó el producto seleccionado y el cambio correspondiente de los 10 €, que se les indicó tendrían como gratificación, a menos que hubieran elegido no comprar en cuyo caso el participante se llevó los 10 € íntegros.

Producto y diseño del experimento de elección

Para alcanzar el objetivo planteado se empleó un experimento de elección real que incorpora productos reales y un mecanismo de incentivo compatible. El producto seleccionado para analizar fue un paquete de 150 gramos de patatas fritas[3]. Los atributos seleccionados en el experimento de elección fueron tres: precio y dos declaraciones nutricionales (Tabla 1). El atributo precio (PRECIO) tenía cuatro niveles (0,50 euros; 0,95 euros; 1,40 euros y 1,85 euros) que reflejaban los precios de una bolsa de patatas fritas en el mercado español. El segundo atributo fue la declaración nutricional 'contenido reducido de grasas' (GRASA) y el tercer atributo fue la declaración nutricional 'muy bajo con-

3. Los snacks (patatas fritas) son un tipo de alimento que está más relacionado con las funciones de placer y confort que con las funciones de nutrición y salud. Por esta razón, la utilización de estos alimentos hedónicos como referencia de estudio permiten observar y analizar con mayor claridad de qué manera los consumidores emplean sus habilidades emocionales y cognitivas para elegir la versión de patatas fritas con declaraciones nutricionales.



Figura 1. Ejemplo de un conjunto de elección empleado en el experimento.
Figure 1. Example of choice set.

Tabla 1. Atributos y niveles empleados en el diseño del experimento de elección
Table 1. Attributes and levels used in the design of the choice experiment

Atributos	Niveles
Precio	0,50 €
	0,95 €
	1,40 €
	1,85 €
Contenido reducido de grasas (GRASA)	0 = Sin etiquetar
	1 = La reducción de las grasas en las patatas fritas es de, como mínimo, el 30% en comparación a las patatas fritas convencionales
Muy bajo contenido de sal (SAL)	0 = Sin etiquetar
	1 = El contenido de sal en las patatas fritas no supera los 0,10 gramos por cada 100 gramos de patatas fritas

tenido de sal' (SAL). Estas declaraciones nutricionales se seleccionaron porque la evidencia empírica sugiere que el consumo excesivo de estos nutrientes (la grasa y la sal) tienen efectos nocivos en la salud humana (WHO, 2003). Por ejemplo, algunos autores señalan que una alta ingesta de alimentos densos energéticamente está asociado al incremento de la masa corporal y por tanto es uno de los factores causantes de la alta prevalencia de obesidad en nuestra sociedad (Gargallo Fernández *et al.,* 2011). Por otro lado, estudios como el de He y MacGregor (2009) muestran una relación entre un consumo excesivo de sal y el incremento del riesgo de padecer osteoporosis, problemas en los riñones, incremento de la presión sanguínea, entre otras enfermedades no trasmisibles. Instituciones como la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomiendan no consumir más de 5 gramos al día de sal para mantener una dieta saludable.

El segundo y tercer atributo estaban compuestos por dos niveles respectivamente, el primer nivel representaba el producto sin declaración nutricional, es decir una bolsa de patatas fritas convencional y el segundo nivel cuando la bolsa de patata frita contenía la declaración nutricional. Además, la interacción entre ambas declaraciones nutricionales GRASA*SAL (GRASAL) fue considerada en el estudio.

El diseño del conjunto de elección siguió un enfoque secuencial Bayesiano para minimizar el D-error (de-Magistris y López-Galán, 2016) dando como resultado 12 conjuntos de elección. Cada conjunto de elección contenía dos opciones de compra que correspondían a dos bolsas de patatas fritas diferentes y una opción de no compra. El diseño del conjunto de elección se obtuvo empleando el software Ngene versión 1.1.2.

Especificación econométrica del modelo

Los modelos de elección discreta tienen su base en la teoría de la maximización de la utilidad de Lancaster (1966) y suelen especificarse bajo el marco de la teoría aleatoria (McFadden, 1973). Entonces, para conocer las preferencias de los consumidores se parte del supuesto de que la utilidad de un producto está compuesta por un subconjunto de utilidades medidas a través de los atributos de éste. Pero como esa utilidad es conocida por el individuo y no por el investigador, se consideran que esos atributos no observables son estocásticos. En consecuencia la utilidad se puede definir por una variable aleatoria que se expresa en la ecuación 1:

$$U_{njt} = \beta X_{njt} + \varepsilon_{njt} \quad [1]$$

En esta ecuación β es un vector de parámetros que se encuentra asociado al vector de las variables explicativas X_{nj} y ε_{nj} es valor extremo, independiente e idénticamente distribuido (IID) entre individuos, alternativas de productos y situaciones de compra. Sin embargo, la literatura relativa a los experimentos de elección indica que las preferencias de los consumidores son heterogéneas. En este sentido, uno de los modelos econométricos que más se utilizan para conocer la utilidad que obtiene un consumidor de los atributos de un producto es el Latent Class Logit Model (LC) porque permite asumir que los individuos se pueden agrupar en un número finito de grupos (Q) y que estos grupos se pueden caracterizar a través de diferentes parámetros β_q y otras características particulares. Por tanto, las preferencias de los consumidores son capturadas a través de la pertenencia de los individuos a diferentes grupos. Como consecuencia, la utilidad de cada individuo (*n)* al elegir una alternativa de patatas fritas (*j)* en una situación de compra *(t)* puede ser calculada a través de la siguiente ecuación:

$$U_{njt|S} = \beta_s X_{njt} + \varepsilon_{njt|S} \quad [2]$$

Así pues, la probabilidad de un individuo *(n)* para pertenecer a un grupo determinado *S* está dada por la siguiente ecuación:

$$P_{nj} = \sum_{S=1}^{S} P_{ns} \prod_{t=1}^{T} P_{njt|S} \quad [3]$$

donde $P_{njt|S}$ es la probabilidad de elección de un individuo *n* condicionado a pertenecer a un segmento *S* en el que la alternativa de elección *j* de una situación de compra *t* forma parte de un conjunto más amplio de alternativas *J*.

Por lo tanto, teniendo en cuenta los atributos y niveles antes mencionados para describir una bolsa de patatas fritas, la utilidad que obtiene un individuo *n* derivada de una alternativa de producto *j* en una situación de compra *t*, la función de la utilidad puede ser expresada en la siguiente ecuación:

$$U_{njt|S} = \beta_0 ASC + \beta_1 PRECIO_{njt|S} + \beta_2 GRASA_{njt|S} + \\ + \beta_3 SAL_{njt|S} + \beta_4 GRASAL_{njt|S} + \varepsilon_{njt|S} \quad [4]$$

donde ASC es la constante específica alternativa que se codifica como una variable ficticia igual a 1 para la opción de no compra y 0 para las demás opciones. La variable precio (PRECIO) es una variable continua. Las variables GRASA, SAL y GRASAL fueron codificadas como variables ficticias en la que 1 indica la presencia de la declaración nutricional y 0 la ausencia de esta. $\varepsilon_{njt|S}$ es un valor extremo, independiente e idénticamente distribuido (IID) entre participantes, alternativas de patatas fritas y las 12 situaciones de compra o conjuntos de elección (de-Magistris y Gracia, 2016).

Siguiendo a Swait (1994), los estadísticos Criterio de Información Akaike (CIA), el Criterio de Información Akaike Modificado (CIA3), el Criterio de Información Bayesiano (CIB), el Ratio Akaike de Verosimilitud (ρ^2) y el ratio de verosimilitud (LR) fueron estimados para determinar el número idóneo de grupos (*C)*. Los valores más bajos de CIA, CIA3 y CIB, los valores más altos de (ρ^2) y LR, además de la información económica proporcionada, sugirieron el modelo con el número idóneo de grupos o segmentos (*C*).

Resultados

La tabla 2 muestra las características sociodemográficas de la muestra. La mayor parte de los participantes eran mujeres con predominio de estudios secundarios y una edad media de 45 años. Además, aproximadamente un tercio de los participantes indicaron que los ingresos del hogar se encontraban entre 1,501 € y 2,500 €, lo que se acerca a la renta media de los españoles. Por otro lado, la mitad de la muestra ha indicado tener un índice de masa corporal (IMC) superior a 25 kg/m^2. En otras palabras, más de la mitad de la muestra tenía sobrepeso o era obesa, una proporción es muy similar al 53% reportado en la *Encuesta Nacional de Salud 2011-2012* (Ministerio de Sanidad y Consumo, 2013).

Preferencias por patatas fritas con declaraciones nutricionales

La influencia de la IE en las decisiones de compra de patatas fritas con declaraciones nutricionales fue evaluada a través de la estimación de un modelo LC. Para seleccionar el número idóneo de segmentos se estimaron y compararon los criterios de información CIA, CIA3, CIB, ρ^2 y LR de 3 modelos estimados: un modelo con dos, tres y cuatro segmentos.

Como se observa en la tabla 3, los criterios de información CIA, CIA3, CIB decrecieron mientras que los criterios ρ^2 y LR en cada uno de los modelos crecieron. Sin embargo, las desviaciones estándar de los coeficientes del modelo con 4 segmentos presentaron un in-

Tabla 2. Características sociodemográficas de la muestra total (%)
Table 2. Sociodemographic characteristics of the sample (%)

Definición de la variable	Muestra total[+] (%)
Hombre	40,1
Mujer	59,9
Edad[a,x] ***	
Entre 18-35 años[b]***	28,5
Entre 35-54 años[b]***	37,5
Más de 54 años[b]***	34,0
Nivel de estudios	
Primarios[b]***	19,7
Secundarios	42,7
Universitarios	37,5
Renta	
Inferior a 1500 €	31,4
Entre 1501 € y 2500 €	38,8
Entre 2501 € y 3500 €	20,1
Más de 3501 €	9,7
Índice de Masa Corporal (IMC)	
Peso Normal (<25 kg/m^2)[b]*	48,5
Sobrepeso y obesidad (>25 kg/m^2)	51,5

[+] El tamaño de la muestra es de 309 individuos.

[x] La Edad media de la muestra es de 45,2 años.

(***) (**) (*) Indica diferencias estadísticamente significativas al 1%, 5% 10%.

[a y b] Indican que las medias de los segmentos son estadísticamente diferentes usando el test Bonferroni para las variables continuas y el test de Chi-cuadrado para las variables discretas respectivamente.

Tabla 3. Criterios de información que determinan el número idóneo de segmentos
Table 3. Information critera to identify the number of segments

Número de segmentos	Números de parámetros	Log Likelihood al converger	AIC	AIC3	BIC	ρ^{-2}	LR
2	11	-2752,72	5527,44	5538,44	2797,92	0,32	12,59***
3	**17**	**-2513,90**	**5061,81**	**5078,81**	**2583,76**	**0,38**	**21,03*** **
4	23	-2448,53	4943,05	4966,05	2543,04	0,40	28,87***

(***) Indica diferencias estadísticamente significativas al 1% al realizar la prueba de Chi^2.

cremento[4]. Por tanto, el modelo elegido por presentar el mejor ajuste y aportar mejor información económica fue el modelo con 3 segmentos. Por otro lado, las características que perfilan a cada uno de los segmentos encontrados fueron identificadas a través de varias pruebas de chi-cuadrado o análisis de la varianza (ANOVA). En concreto, se analizó el nivel de significatividad entre la probabilidad de pertenencia a cada segmento y el nivel de inteligencia emocional, conocimiento nutricional y otras características actitudinales relacionadas a la salud y el estilo de vida de cada individuo.

La tabla 4 muestra dos modelos, uno con el modelo multinomial logit (MNL) de un segmento y el modelo LC con tres segmentos. En el modelo con un segmento, tal como se esperaba, la opción de no compra resultó negativa y estadísticamente significativa al 1% lo que sugiere que los consumidores obtienen mayor utilidad de las diferentes alternativas de patatas fritas que de la opción de no compra. La variable PRECIO resultó negativa y significativa al 1% lo que confirma la teoría económica. Las variables GRASA y SAL resultaron positivas y significativas al 1% lo que indica que los participantes reportaron una mayor utilidad de las patatas fritas con estas declaraciones nutricionales que de las patatas fritas convencionales. Sin embargo, el que la variable GRASAL resultara negativa pero no significativa indica que los participantes fueron indiferentes ante las patatas fritas que contenían las dos declaraciones nutricionales juntas.

Por otro lado, las probabilidades de clases del modelo LC con 3 segmentos muestran diferencias estadísticamente significativas en las preferencias de los grupos, lo que confirma el planteamiento econométrico de partida. Además, tal como se esperaba, la variable PRECIO resultó negativa y estadísticamente significativa en los tres segmentos, lo que sugiere que los participantes obtienen menos utilidad de las patatas fritas a medida que el precio se incrementa.

Segmento 1

El primer segmento es el más grande y está formado por el 50% de la muestra (Tabla 4). Los coeficientes de las variables GRASA y SAL resultaron positivos y significativos al 1% lo que sugiere que estos individuos obtienen más utilidad de las patatas fritas con contenido reducido de grasas o con muy bajo contenido de sal que de las patatas fritas convencionales. Sin embargo, el coeficiente de la variable GRASAL resultó no significativo lo que indica que los consumidores son indiferentes a las patatas fritas que contienen las dos declaraciones nutricionales juntas.

El segmento 1 está formado principalmente por individuos mayores de 54 años, representa el segmento con mayor porcentaje de personas con estudios primarios y la menor proporción de personas con peso normal (Tabla 5). Aunque en términos generales hay una mayor proporción de individuos con un nivel bajo de IE que en el segmento 2, el segmento 1 tiene la mayor proporción de individuos con un alto nivel de desarrollo en la utilización de la información emocional para la generación de pensamientos (rama 2). Por otro lado, este segmento tiene la mayor proporción de personas con un nivel bajo de co-

4. Desviaciones estándar de los coeficientes de las variables del modelo econométrico. Segmento 1. Grasa: 0,20215; Sal: 0,17932; Grasal: 0,21617; Precio: 0,20685; No compra: 0,42308/ Segmento 2. Grasa: 0,54292; Sal: 0,51892; Grasal: 0,51954; Precio: 0,22929; No compra: 0,62265/ Segmento 3. Grasa: 0,77287; Sal: 0,77233; Grasal: 0,82172; Precio: 0,20685; No compra: 0,42308/ Segmento 4. Grasa: 0,20343; Sal: 0,25238; Grasal: 0,23874; Precio: 0,18504; No compra: 0,347.

Tabla 4. Preferencias de los consumidores por segmentos
Table 4. Consumers' preferences across segments

Variables	Modelo con 1 Segmento		Modelo con 3 segmentos					
			Segmento 1		Segmento 2		Segmento 3	
	Coef.	DE	Coef.	DE	Coef.	DE	Coef.	DE
GRASA	0,63***	0,09	1,50***	0,20	1,72***	0,41	-0,57***	0,19
SAL	0,36***	0,08	1,52***	0,18	1,23***	0,39	-1,35***	0,22
GRASAL	-0,07	0,10	-0,21	0,22	-0,88**	0,41	0,09	0,23
PRECIO	-1,43***	0,07	-1,60***	0,21	-2,68***	0,20	-0,48***	0,18
No compra	-1,81***	0,14	-3,29***	0,43	-0,65	0,46	-1,90***	0,33
Probabilidades de clases			49,9***	0,03	30,5***	0,03	19,6***	0,03

(***) (**) (*) Indica diferencias estadísticamente significativas al 1%, 5% 10%.

nocimiento nutricional. Sin embargo, este segmento presenta el mayor porcentaje de personas que consideran que el etiquetado nutricional influye en sus decisiones de compra, en concreto este segmento es el que más presta atención al etiquetado nutricional para elegir un alimento bajo en grasa, sin colesterol o bajo en sal. Finalmente, este segmento es el que dice tener un estilo de vida más saludable, puesto que contiene la mayor proporción de personas que controlan la sal y la grasa en sus alimentos y los que más actividad física realizan. Por tanto, teniendo en cuenta las preferencias hacia las declaraciones nutricionales y las características de este segmento, los consumidores de este segmento podrían llamarse *compradores conscientes.*

Segmento 2

El segundo segmento representa el 30% de la muestra. En este segmento, los coeficientes de las variables GRASA y SAL son positivos y significativos, lo que indica que los consumidores obtienen una mayor utilidad de las patatas fritas que contienen cualquiera de las dos declaraciones nutricionales que de las patatas fritas convencionales. Por último, los consumidores de este segmento prefieren que las patatas fritas no contengan las dos declaraciones nutricionales juntas, tal como se puede comprobar en el coeficiente negativo y significativo de la variable GRASAL.

A diferencia del segmento 1, el segmento 2 está formado por individuos jóvenes, con una menor proporción de personas con estudios primarios y una proporción intermedia de personas con peso normal. Además, este segmento presenta la mayor proporción de personas con nivel de IE bajo y la menor proporción de personas que tienen un nivel alto en la utilización de la información emocional para la generación de pensamientos. Así mismo, este segmento tiene el mayor porcentaje de personas con un nivel medio de conocimiento nutricional. En relación con el

Tabla 5. Características principales por segmentos de consumidores (%)
Table 5. Profile of consumers' segments (%)

Características de los segmentos	Segmento 1	Segmento 2	Segmento 3
Sexo			
Hombre	43,5	35,1	39,3
Mujer	56,5	64,9	60,7
Edad[c,]***			
Entre 18-35 años***	18,8[b]	41,5[b]	32,8
Entre 35-54 años	37,0	30,9	49,2
Más de 54 años***	44,2[b]	27,7	18,0[b]
Nivel de estudios			
Primarios***	25,3[b]	13,8[b]	14,8
Secundarios	40,9	44,7	44,3
Universitarios	33,8	41,5	41,0
Renta			
Inferior a 1500 €	33,8	31,9	24,6
Entre 1501 € y 2500 €	37,7	41,5	37,7
Entre 2501 € y 3500 €	20,1	17,0	24,6
Más de 3501 €	8,4	9,6	13,1
Índice de Masa Corporal (IMC) Kg/m^2			
Peso Normal (<25 kg/m^2)*	44,2	48,9	59,0[b]
Sobrepeso y obesidad (>25 kg/m^2)	55,8	51,1	41,0
Inteligencia Emocional del Consumidor (CEIS)			
CEIS total[d,]**			
IE_baja**	26,0	17,0[b]	34,4[b]
IE_media	46,8	56,4	49,2
IE_alta	27,3	26,6	16,4[b]
Percepción de las emociones			
Baja	32,5	21,3[b]	32,8
Media	41,6	50,0	45,9
Alta	26,0	28,7	21,3
Utilización de la información emocional para facilitar el pensamiento			
Baja	18,8	21,3	27,9
Media	51,3	61,7	54,1
Alta***	29,9[b]	17,0[b]	18,0

(***) (**) (*) Indica diferencias estadísticamente significativas al 1%, 5% 10%.

[a y b] indican que las medias de los segmentos son estadísticamente diferentes usando el test Bonferroni para las variables continuas y el test de Chi-cuadrado para las variables discretas respectivamente.

[c] La edad media del segmento 1 es 49,6[a] años, del segmento 2 es 40,2[a] años y del segmento 3 es 41,3[a] años.

[d] La puntuación media de la escala CEIS en el segmento 1 es de 6,7, en el segmento 2 es de 6,9 y en el segmento 3 es de 6,4[a].

Tabla 5. Características principales por segmentos de consumidores (%) (continuación)
Table 5. Profile of consumers' segments (%) (continuation)

Características de los segmentos	Segmento 1	Segmento 2	Segmento 3
Entender las emociones			
Baja	24,0	17,0	26,2
Media	50,0	58,5	50,8
Alta	26,0	24,5	23,0
Gestión de las emociones			
Baja	27,9	22,3	21,3
Media	50,6	48,9	52,5
Alta	21,4	28,7	26,2
Conocimiento Nutricional Objetivo			
Respuestas correctas	54,5	55,9	57,1
Bajo*	19,5[b]	12,8	8,2
Medio	37,7[b]	44,7[b]	42,6
Alto	42,9[b]	42,6[b]	49,2
Utilización de las declaraciones nutricionales en la elección de alimentos			
Personas que consideran que el etiquetado nutricional en los productos alimenticios procesados influye en sus decisiones de compra **	70,8[b]	66,0	50,8[b]
¿A menudo presta atención al etiquetado nutricional para seleccionar alimentos bajos en grasas o sin colesterol? (Casi siempre-Siempre)*	50,0[b]	38,3	34,4
¿A menudo presta atención al etiquetado nutricional para seleccionar alimentos bajo en sal? (Casi siempre-Siempre)*	28,6[b]	22,3	14,8[b]
Estilos de vida relacionados a la alimentación y la salud			
Cocino mis propios alimentos, incluso si tengo que comer en el trabajo	66,2	63,8	68,9
Controlo la cantidad de sal de los alimentos que consumo/compro	64,3	59,6	50,8
Controlo la cantidad de grasas de los alimentos que consumo/compro*	61,0	56,4	57,4[b]
Personas que realizan actividad física cada día**	63,6[b]	59,6[b]	50,8

(***) (**) (*) Indica diferencias estadísticamente significativas al 1%, 5% 10%.

[a y b] indican que las medias de los segmentos son estadísticamente diferentes usando el test Bonferroni para las variables continuas y el test de Chi-cuadrado para las variables discretas respectivamente.

[c] La edad media del segmento 1 es 49,6[a] años, del segmento 2 es 40,2[a] años y del segmento 3 es 41,3[a] años.

[d] La puntuación media de la escala CEIS en el segmento 1 es de 6,7, en el segmento 2 es de 6,9 y en el segmento 3 es de 6,4[a].

empleo de la información nutricional en las decisiones de compra, el segmento 2 presenta una menor proporción de individuos que consideran que la información nutricional influye en sus decisiones de compra respecto al segmento 1. En particular, en este segmento hay una menor proporción de individuos que presten atención al etiquetado nutricional para elegir alimentos bajos en grasa, sin colesterol o bajos en sal. Así mismo, comparado al segmento 1, este segmento presenta una menor proporción de individuos que controlan la ingesta de grasas y sal en los alimentos que consumen o compran y que realizan actividad física diaria. Así pues, los consumidores de este segmento poseen mayores habilidades emocionales que el resto de segmentos pero menores conocimientos nutricionales lo que puede resultar en un estilo de vida relacionado a la alimentación y la actividad física menos saludable y que no perciban la utilidad de la información nutricional para tomar decisiones. Por tanto estos consumidores podrían llamarse *compradores menos conscientes.*

Segmento 3

Por último, el tercer segmento es el más pequeño y está formado por el 20% de la muestra. Las variables GRASA y SAL resultaron negativas y significativas al 1% lo que sugiere que los consumidores prefieren las patatas fritas convencionales a las patatas fritas con cualquiera de las declaraciones nutricionales descritas. Respecto a la variable GRASAL resultó no significativa lo que muestra indiferencia a las patatas fritas que contienen las dos declaraciones nutricionales juntas.

El segmento 3 presenta la mayor proporción de mujeres y la menor proporción de personas mayores a 54 años y una proporción de individuos con estudios primarios similar a la del segmento 1. A diferencia de los otros dos segmentos, este segmento presenta el mayor porcentaje de personas con un peso normal. Respecto a las habilidades emocionales y el conocimiento nutricional, el segmento 3 muestra la mayor proporción de individuos con un nivel bajo de IE y la menor proporción de individuos con un nivel bajo de conocimiento nutricional. Este segmento presenta una menor proporción de individuos que consideran que la información nutricional influye en sus decisiones de compra, que prestan atención al etiquetado nutricional para elegir alimentos bajos en grasa, sin colesterol o bajos en sal. También, se encuentra la menor proporción de individuos que dicen controlar la cantidad de sal y grasas en los alimentos que consumen o compran, y los que menos dicen realizar actividad física diaria. Por tanto, los individuos de este segmento podrían llamarse *compradores inconscientes*.

Discusión

En términos generales, los hallazgos del presente estudio coinciden con los encontrados en el campo del comportamiento alimenticio (Saklofske *et al.,* 2007; Pettit *et al.,* 2010; Zysberg y Rubanov, 2010; Peter y Brinberg, 2012), así como en el estudio de Kidwell *et al.* (2008b), en el campo del comportamiento del consumidor. Particularmente, en este estudio, los consumidores con un nivel de IE más bajo tienen una mayor probabilidad de elegir patatas fritas convencionales y no las versiones más saludables de patatas fritas. Estos resultados coinciden con los de la literatura; es decir, la IE es una habilidad individual que influye en las decisiones de compra (Saklofske *et al.,* 2007; Kidwell *et al.,* 2008b; Peter y Brinberg, 2012) y el nivel de desarrollo de esta habilidad contribuye a determinar la calidad de la toma de decisiones de compra de los individuos (Kidwell *et al.,* 2008b; Pettit *et al.,* 2010; Peter y Brinberg, 2012). En efecto, el estudio de Saklofske *et al.* (2007) reportó que la IE es un factor que está relacionado posi-

tivamente con hábitos alimenticios saludables. Mientras que Kidwell *et al.* (2008b) y Peter y Brinberg (2012) encontraron que los individuos con niveles bajos de IE elegían alimentos más calóricos. Por su parte, el estudio de Pettit *et al.* (2010) indicó que niveles más bajos de inteligencia emocional incrementaban el riesgo de sufrir desórdenes alimenticios como la bulimia entre jóvenes mujeres universitarias.

Por otro lado, al igual que los resultados de Gardner *et al.* (2014a) no todas las ramas de la IE contribuyen de la misma manera a la calidad de las decisiones de compra. Tal es el caso de los compradores conscientes (segmento 1) en los que únicamente la habilidad para incorporar información emocional a sus pensamientos resultó significativa. En este sentido, Gardner *et al.* (2014a) encontraron que solo las dimensiones de entender y gestionar las emociones parecían relevantes en la sintomatología de la bulimia.

Con respecto al rol que juegan las habilidades cognitivas en las decisiones de compra, los hallazgos del presente estudio sugieren que el conocimiento nutricional también influye en la elección de patatas fritas con declaraciones nutricionales. Y al igual que sucedía con las habilidades emocionales, diferentes niveles de conocimiento nutricional resultaron en diferentes elecciones de compra de patatas fritas. Estos resultados se encuentran en la misma línea de los de Kidwell *et al.* (2008b) cuyo estudio reportó que el conocimiento nutricional influía de manera positiva en la elección de alimentos menos calóricos.

Sin embargo, la interacción de las habilidades emocionales y cognitivas proporciona más información sobre la calidad de la toma de decisiones que la capturada por las mismas capacidades de manera individual (Kidwell *et al.,* 2008b; Peter y Brinberg, 2012; Grunert *et al.,* 2012). Para ser más específicos, en este estudio, el segmento 1 mostró un nivel de conocimiento nutricional bajo pero un nivel medio-alto en sus habilidades emocionales (particularmente en la rama 2). Por el contrario, el segmento 3 mostró un nivel alto de conocimiento nutricional pero un nivel bajo de habilidades emocionales lo que resultó en una preferencia por las patatas fritas convencionales y un rechazo por las patatas fritas con declaraciones nutricionales. Estos resultados son en parte similares a los de Peter y Brinberg (2012) que reportaron que los individuos con un nivel bajo de IE pero un nivel alto de conocimiento nutricional tenían un alto IMC[5] y que los individuos con un nivel alto de IE pero bajo conocimiento nutricional tenían un IMC más bajo. No obstante, en el presente estudio los individuos del segmento 3 se caracterizaban por tener un IMC más bajo en comparación a los individuos del segmento 1.

Si bien los segmentos 1 y 2 preferían las patatas fritas que contenían una declaración nutricional, se mostraban indiferentes a las patatas fritas con dos declaraciones nutricionales. Estos resultados sugieren que, tal como afirman Wansink y Chandon (2006), Grunert *et al.* (2012) y Cavaliere *et al.* (2015), otros factores como el tipo de alimento (hedónicos), el tipo de declaración nutricional (las que advierten de los perjuicios de un consumo excesivo) y la familiaridad (mayor prevalencia o disponibilidad en el mercado) con esta declaración nutricional también pueden influir en las decisiones de compra de alimentos más saludables.

Finalmente, los resultados del presente estudio pueden diferir en algunos aspectos a los de la literatura debido que el diseño experimental es distinto. En concreto, a diferencia

5. Los autores suponen que un IMC alto indica un mayor consumo calórico y viceversa.

del estudio de Kidwell *et al.* (2008b) y de Peter y Brinberg (2012) este estudio evalúa las preferencias de patatas fritas con declaraciones nutricionales en situaciones reales de compra con consumidores y productos reales.

A pesar de esta contribución, la principal limitación de este estudio radica en el empleo de la visión del constructo de la IE como una habilidad y no como un rasgo personal lo que podría restringir los resultados (Gardner *et al.,* 2014a). Por consiguiente, futuras investigaciones podrían analizar si la IE vista como un rasgo personal proporciona más información sobre la influencia de la IE en las decisiones de compra de alimentos más saludables. Así, para que los resultados puedan ser extrapolados, futuros estudios deberían evaluar otros productos y otras declaraciones nutricionales así como ser replicado en otros países europeos.

Conclusiones

En este estudio se utiliza el experimento de elección para evaluar las decisiones de compra de los consumidores. Este procedimiento no hipotético ha ganado mayor popularidad porque proporciona resultados muy similares a las preferencias habituales de los consumidores en el mercado real. Por consiguiente, los resultados de este estudio son relevantes tanto para el sector empresarial como para el sector público.

En concreto, para las empresas se evidencia la necesidad de utilizar un nuevo enfoque de marketing a la hora de comercializar sus productos. Partiendo de que las habilidades emocionales pueden mejorarse, este enfoque no solo debe tener en cuenta el añadir valor al producto sino también el influir en las habilidades emocionales del consumidor a través de actividades específicas de comunicación que les ayudaría elegir productos más saludables.

Así mismo, los decisores políticos en materia de salud pública deberían promover el desarrollo de las habilidades emocionales de los consumidores, en especial a aquellos que obtuvieron las puntuaciones más bajas de IE, con el fin de diseñar políticas de sanidad pública que motiven cambios duraderos en los hábitos alimenticios de los consumidores y permitan reducir la alta prevalencia de ENTs relacionadas a la alimentación

Agradecimientos

Este estudio ha sido financiado por el proyecto FP7-MC-CIG- 332769, Fighting against obesity in Europe: the role of health relateclaim in food products (OBESCLAIM).

Bibliografía

Baba Y, Realini CE, Kallas Z, Pérez-Juan M, Sañudo C, Albertí P y 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.

Bar-On RM (2006). The Bar-On model of emotional-social intelligence (ESI)-Psicothema 18 (1): 13-25.

Barrena R y Sánchez M (2009). Using emotional benefits as a differentiation strategy in saturated markets. Psychology & Marketing 26 (11): 1002-1030.

Brackett MA, Mayer JD y Warner RM (2004). Emotional intelligence and its relation to everyday behaviour. Personality and Individual Differences 36 (6): 1387-1402.

Carrillo E, Varela P y Fiszman S (2012). Influence of nutritional knowledge on the use and interpretation of Spanish nutritional food labels. Journal of Food Science. 77 (1): H1-H8.

Cavaliere A, Ricci EC y Banterle A (2015). Nutrition and health claims: Who is interested? An empirical analysis of consumer preferences in Italy. Food Quality and Preference 41: 44-51.

de-Magistris T y Gracia A (2016). Consumers' willingness-to-pay for sustainable food products: the case of organically and locally grown almonds in Spain. Journal of Cleaner Production 118: 97-104.

de-Magistris T y López-Galán B (2016). Consumers' willingness to pay for nutritional claims fighting the obesity epidemic: the case of reduced-fat and low salt cheese in Spain. Public Health 135: 83-90.

Di Fabio A y Kenny ME (2012). The Contribution of Emotional Intelligence to Decisional Styles Among Italian High School Students. Journal of Career Assessment 20(4): 404-414.

Galdona N, Urdaneta E, Aldaz E, Laskibar I, Yanguas JJ, Martinez-Taboada C y Reoyo AM (2011). Relación entre Inteligencia Emocional, salud percibida y estilos de vida en una muestra de personas jóvenes. En: Inteligencia Emocional: 20 Años de Investigación y Desarrollo II (Ed. Fundación Botín), pp. 115-120.

Gardner KJ, Quinton S y Qualter P (2014a). The role of trait and ability emotional intelligence in bulimic symptoms. Eating Behaviors 15 (2): 237-240.

Gardner MP, Wansink B, Kim J y Park SB (2014b). Better moods for better eating?: How mood influences food choice. Journal of Consumer Psychology 24 (3): 320-335.

Gargallo Fernández M (SEEDO), Basulto Marset J (AEDN), Bretón Lesmes I (SEEN) y Quiles Izquierdo J (SENC) (2011). Recomendaciones nutricionales basadas en la evidencia para la prevención y el tratamiento del sobrepeso y la obesidad en adultos. Revista Española de Obesidad 9 (Suplemento): 6-78.Grunert KG, Shepherd R, Traill WB y Wold B (2012). Food choice, energy balance and its determinants: Views of Human Behaviour in Economics and psychology. Trends in Food Science & Technology 28 (2): 132-142.

Gupta S, Richard L y Forsythe A (2015). The humanistic and economic burden associated with increasing body mass index in the EU5. Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy 8: 327-338.

Gutjar S, de Graaf C, Kooijman V, de Wijk RA, Nys A, ter Horst GJ y Jager G (2015). The role of emotions in food choice and liking. Food Research International 76: 216-223.

Hambrook D, Brown G y Tchanturia K (2012). Emotional intelligence in anorexia nervosa: Is anxiety a missing piece of the puzzle? Psychiatry Research 200 (1): 12-19.

He FJ y MacGregor GA (2009). A comprehensive review on salt and health and current experience of worldwide salt reduction programmes. Journal of Human Hypertension 23 (6): 363-384.

Jiang Y, King JM y Prinyawiwatkul W (2014). A review of measurement and relationships between food, eating behavior and emotion. Trends in Food Science and Technology 36 (1): 15-28.

Kidwell B, Hardesty DM y Childers TL (2008a). Consumer Emotional Intelligence: Conceptualization, Measurement, and the Prediction of Consumer Decision Making. Journal of Consumer Research 35 (1): 154-166.

Kidwell B, Hardesty DM y Childers TL (2008b). Emotional Calibration Effects on Consumer Choice. Journal of Consumer Research 35 (4): 611-621.

Köster EP (2009). Diversity in the determinants of food choice: A psychological perspective. Food Quality and Preference 20 (2): 70-82.

Köster EP y Mojet J (2015). From mood to food and from food to mood: A psychological perspective on the measurement of food-related emotions in consumer research. Food Research International 76 (P2): 180-191.

Lancaster KJ (1966). A New Approach to Consumer Theory. Journal of Political Economy 74 (2): 132-157.

Mayer JD, Caruso DR y Salovey P (2016). The Ability Model of Emotional Intelligence: Principles and Updates. Emotion Review 8 (4): 290–300.

McFadden D (1973). Conditional logit analysis of qualitative choice behavior. En: Frontiers in Econometrics (Ed. Zarembka P), pp. 105-142. Academic Press.

Miklavec K, Pravst I, Grunert KG, Klop i M y Pohar J (2015). The influence of health claims and nutritional composition on consumers' yoghurt preferences. Food Quality and Preference 43: 26-33.

Ministerio de Sanidad y Consumo (2013). Encuesta Nacional de Salud 2011-2012. Instituto Nacional de Estadística, INE, Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad.

Nowicki Jr S y Duke MP (1994). Individual differences in the nonverbal communication of affect: the diagnostic analysis of nonverbal accuracy scale. Journal of Nonverbal Behavior 18 (1): 9-35.

Peter PC y Brinberg D (2012). Learning Emotional Intelligence: An Exploratory Study in the Domain of Health. Journal of Applied Social Psychology 42 (6): 1394-1414.

Pettit ML, Jacob SC, Page KS y Porras CV (2010). An assessment of perceived emotional intelligence and eating attitudes among college students. American Journal of Health Education 41 (1): 46-52.

Popkin BM (2006). Global nutrition dynamics: the world is shifting rapidly toward a diet linked with noncommunicable diseases. The American Journal of Clinical Nutrition 84 (2): 289-298.

Prieto-Castillo L, Royo-Bordonada MA y Moya-Geromini A (2015). Information search behaviour, understanding and use of nutrition labeling by residents of Madrid, Spain. Public Health 129 (3): 226-236.

Saklofske DH, Austin EJ, Rohr BA y Andrews JW. (2007). Personality, emotional intelligence and exercise. Journal of Health Psychology 12 (6): 937-948.

Silva AP, Jager G, Voss HP, van Zyl H, Hogg T, Pintado M y de Graaf C (2017). What's in a name? The effect of congruent and incongruent product names on liking and emotions when consuming beer or non-alcoholic beer in a bar. Food Quality and Preference 55: 58-66.

Swait J (1994). A structural equation model of latent segmentation and product choice for cross-sectional revealed preference choice data. Journal of Retailing and Consumer Services 1 (2): 77-89.

Tice DM, Bratslavsky E y Baumeister RF (2001). Emotional distress regulation takes precedence over impulse control: If you feel bad, do it! Journal of Personality and Social Psychology 80 (1): 53-67.

Wansink, B. y Chandon, P. (2006). Can 'Low-Fat' Nutrition Labels Lead to Obesity? Journal of Marketing Research 43 (4): 605-617.

WHO (2003). Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases. WHO Technical Report Series 916. Geneve: World Health Organization.

WMA (2013). World medical association declaration of helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects. Journal of American Medical Association, JAMA. 310 (20): 2191-2194.

Zysberg L y Rubanov A (2010). Emotional intelligence and emotional eating patterns: A new insight into the antecedents of eating disorders? Journal of Nutrition Education and Behavior 42 (5): 345-348.

(Aceptado para publicación el 11 de agosto de 2017)

PREMIOS DE PRENSA AGRARIA 2017 DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO

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

Los premios se regirán de acuerdo a las siguientes

BASES

1. Podran concursar todos los artículos que versen sobre cualquier tema técnico-económico-agrario.
2. Los artículos que podrán acceder al premio serán todos aquellos que se publiquen en ITEA en el año 2017. Consecuentemente, los originales deberán ser enviados de acuerdo con las normas de ITEA y aprobados por su Comité de Redacción.
3. El jurado estará constituido por las siguientes personas:
   a) Presidente de AIDA, que presidirá el jurado.
   b) Director de la revista ITEA, que actuará de Secretario.
   c) Director Gerente del CITA (Gobierno de Aragón).
   d) Director del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza.
   e) Director de la Estación Experimental de Aula Dei.
   f) Director 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.

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 (CAI, Ag. 2, Zaragoza, nº ES66-2086-0002-12-3300254819) por el importe de la cuota anual. En ese caso, adjunte un comprobante de la transferencia.

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

En _____ , a ___ de _____ de 20__

Firma:

FORMA DE PAGO (CUOTA ANUAL: 42 EUROS)

	Cargo a cuenta corriente (rellenar la domiciliación bancaria)
	Transferencia a la cuenta de AIDA ES66-2086-0002-12-3300254819 (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:

NORMAS PARA LOS AUTORES (actualizado enero 2017)

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

1. Envío de manuscritos y evaluación

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

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

Los autores deberán modificar el manuscrito teniendo en cuenta las modificaciones sugeridas por los editores y revisores. La decisión final se comunicará a los autores, que, en caso de solicitarse, deberán modificar el artículo en el plazo de 3 meses 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 6 meses el artículo será rechazado.

2. Tipos de manuscritos

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

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

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

– **Las revisiones bibliográficas** serán una evaluación crítica de una temática que exponga los resultados de otros trabajos, el estado actual de los conocimientos en esa temática y tratará de identificar nuevas conclusiones y áreas de investigación futuras. La extensión máxima será de 30 páginas. Los apartados de una revisión serán: Introducción, los apartados que consideren oportunos los autores y finalizarán con Conclusiones y Referencias bibliográficas (máx. 80), tablas y figuras si los autores lo consideran oportuno.

3. Preparación del manuscrito

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

Todos los manuscritos incluirán, en la primera página:

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

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

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

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

Ejemplo:

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

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

*autor para correspondencia: gpardos@aragon.es

El manuscrito incluirá a continuación:

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

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

En inglés: Título del artículo, Resumen, Palabras clave

4. Apartados del manuscrito

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

- **Introducción**: deberá explicar la finalidad del artículo. El tema se expondrá de la manera más concisa posible, indicando al final los objetivos del trabajo.
- **Material y métodos**: deberá aportar la información necesaria que permita la réplica del trabajo, incluyendo el nombre del fabricante de productos o infraestructuras utilizadas. Los manuscritos deberán incluir una descripción clara y concisa del diseño experimental y de los análisis estadísticos realizados. Se indicará el número de individuos/muestras, valores medios y medidas de variabilidad iniciales.
- **Resultados**: los resultados se presentarán en Tablas y Figuras siempre que sea posible. No se repetirá en el texto la información recogida en las Figuras y Tablas. Se recomienda presentar el valor de significación para que el lector pueda disponer de información más detallada. Puede redactarse de forma conjunta con el apartado de discusión.
- **Discusión**: deberá interpretar los resultados obtenidos, teniendo en cuenta además otros trabajos publicados. Se recomienda utilizar un máximo de 4 referencias para apoyar una afirmación en la discusión, exceptuando en las revisiones.
- **Conclusiones**: a las que se han llegado, así como las posibles implicaciones prácticas que de ellas puedan derivarse (aproximadamente 200 palabras).
- **Agradecimientos**: deberá mencionarse el apoyo prestado por personas, asociaciones, instituciones y/o fuentes de financiación del trabajo realizado.
- **Referencias bibliográficas**: sólo se citarán aquellas referencias relacionadas con el trabajo o que contribuyan a la comprensión del texto. Como máximo se podrán utilizar 40 citas en los artículos de investigación, y 80 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. Se podrán citar trabajos "en prensa", siempre que hayan sido aceptados para su publicación. En casos excepcionales, se aceptarán menciones como "Comunicación personal" o "Resultados no publicados", aunque no constarán entre las referencias bibliográficas. Se indican a continuación ejemplos de **referencias bibliográficas**:

Artículo

Blanc F, Bocquier F, Agabriel J, D'Hour P, Chilliard Y (2006). Adaptative abilities of the females and sustainability of ruminant livestock systems. A review. Animal Research 55: 489-510.

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.

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

En aquellas referencias que se hallan consultado electrónicamente o dispongan de DOI, añadir al final "Disponible en:" y la URL donde se haya consultado.

En http://www.aida-itea.org/ está disponible el fichero de estilo de endnote ITEA.ens URL: http://www.aida-itea.org/images/files/ITEA.ens.zip para su descarga.

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

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

Ejemplo de tabla:

Tabla 3. Tarjetas de productos hipotéticos expuestos a los encuestados

Table 3. Hypothetical products cards shown to those surveyed

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

Fuente: Diaz *et al.* (2013)

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

5. Normas de estilo

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

Volumen 113
Número 4
Diciembre 2017

itea

información técnica económica agraria

www.aida-itea.org

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO

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