itea

información técnica económica agraria

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO



Volumen 114

Número 3

Septiembre 2018

aida-itea.org

itea

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

2018- AÑO XLIX Vol. 114 N.º 3 http://dx.doi.org/10.12706/itea	**DIRECCIÓN Y REDACCIÓN** Avda. Montañana, 930 50059 ZARAGOZA (ESPAÑA) Tel.: 34-976 716305 Fax.: 34-976 716335 E-mail: 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

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

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

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

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

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

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



Autor de foto y texto: Jorge Montserrat (revisado por Antonio Purroy)

La Casta Navarra, una casta fundacional de ganado bravo.

En pleno Valle del Ebro, justamente en el término municipal de Arguedas (Navarra), en el entorno natural de las Bardenas Reales, se crían las reses de la familia Ustarroz, que están inscritas en la Asociación Española de Ganaderos de Reses Bravas (AEGRB). El hierro se fundó en el año 1999 con reses de Casta Navarra, para dedicarlas a los festejos populares. Años después se creó un nuevo hierro con reses procedentes de Pagola de Caparroso y Reta de Grocín, ambas también de Casta Navarra. Las reses de esta casta se caracterizan por tener impresionantes y bonitas hechuras, con cabeza estrecha y grandes arboladuras con pitones cornialtos y cornivueltos. Abundan los pelajes colorados y castaños, y negros en menor proporción y, en algunos casos, chorreados y salineros. Son animales muy fieros, incansables y que "aprenden" muy rápido, que les hace ser idóneos para los festejos populares.

Sumario

Producción Vegetal

Características de los suelos y su fertilidad en relación con la incidencia de *bitter pit* en plantaciones de manzanas Golden.
Soil properties and bitter pit *incidence in 'Golden' apple orchards.*
J. Sió, A.D. Bosch-Serra, J. Rosera, J. Chiné y J. Boixadera 206

Efecto de la fecha de siembra sobre el potencial forrajero de cultivares primaverales de canola en la Comarca Lagunera, México.
Effect of sowing date on forage potential of spring canola cultivars in the Comarca Lagunera, Mexico.
H. Sánchez-Martínez, D.G. Reta-Sánchez, J.S. Serrato-Corona, U. Figueroa-Viramontes, J.A. Cueto-Wong y E. Castellanos-Pérez 223

Producción Animal

Tolerancia a diferentes factores antinutritivos en lechones alimentados con guisantes de invierno (*Pisum sativum*) y alberjón (*Vicia narbonensis*) en la fase estárter.
Tolerance to various anti-nutritional factors in young pigs fed on winter peas (Pisum sativum) *and narbon vetch* (Vicia narbonensis) *in the starter phase.*
E. Gómez-Izquierdo, E. de Mercado, J. Gómez-Fernández, C. Tomás, E. Guillamón, A. Varela, M. Muzquiz, M.M. Pedrosa, P. López-Nuez y M.A. Latorre 243

Hipocalcemia subclínica en ganado vacuno lechero: tratamiento y manejo preventivo. Revisión bibliográfica.
Subclinical hypocalcemia in dairy cattle: treatment and preventive management.
R. Muiño, B. Bueno y J.L. Benedito 259

Economía Agraria

Tomate canario de exportación: una evaluación de costes.
Canary tomato exports: a cost assessment.
J.J. Cáceres-Hernández, D. Godenau, J.I. González-Gómez, G. Martín-Rodríguez y J.M. Ramos-Henríquez 280

Imagen y posicionamiento del sector vitivinícola en las redes sociales: Un estudio exploratorio en las bodegas de Castilla y León en España.
Wine image and positioning on social media: An exploratory examination of "Castilla y León" wineries in Spain.
B. Urbano-López de Meneses 303

Características de los suelos y su fertilidad en relación con la incidencia de *bitter pit* en plantaciones de manzanas Golden

J. Sió[1], A.D. Bosch-Serra[2,*], J. Rosera[2], J. Chiné[2] y J. Boixadera[1,2]

[1] Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación, Generalitat de Cataluña, Avda. Alcalde Rovira Roure 191, E-25198, Lleida, España

[2] Universitat de Lleida. Departamento de Medio Ambiente y Ciencia del Suelo, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria, Avda. Alcalde Rovira Roure 191, E-25198 Lleida, España; Teléfono: (+34) 973702899; Fax: (+34) 973702613

Resumen

En las áreas regadas del valle del Ebro y especialmente en una de sus principales zonas productoras en Lleida (NE de España), la manzana 'Golden Delicious' se comercializa tras un periodo de frigoconservación y el control de pérdidas durante este periodo es importante para el sector. Entre las fisiopatías causantes de estas mermas destaca el *bitter pit.* Si bien se han desarrollado métodos de predicción de dicha fisiopatía en cosecha mediante técnicas de laboratorio, la prevención en campo, antes de la plantación, resulta muy interesante dado el coste de esta incidencia. Los objetivos de este trabajo son identificar características edáficas simples que ayuden al agricultor en la decisión de establecer o no la plantación, y desarrollar modelos sencillos de predicción de *bitter pit* que permitan decidir en cosecha la conveniencia o no de la frigoconservación. Para alcanzar estos objetivos y desarrollar los modelos se estudiaron durante cuatro años, incluyendo la monitorización y análisis foliares y de fruto, 59 parcelas comerciales representativas de la zona productora que se agruparon según el tipo de suelo. Se determinó qué variables eran más significativas con respecto a la incidencia medida de *bitter pit* (con o sin almacenamiento en atmósfera controlada). En los dos últimos años de experimentación se usaron 112 nuevas plantaciones, en las que se empleó la misma metodología y que sirvieron para validar los modelos obtenidos. Las plantaciones establecidas en las distintas agrupaciones de suelos mostraron un comportamiento diferente, estadísticamente significativo, en relación a la aparición de *bitter pit*. La elección de los suelos más aptos, en base a la potencial reducción (~75%) de la incidencia de *bitter pit*, se vislumbra como una medida imprescindible a adoptar a la hora de establecer las plantaciones. Éstos serían aquellos suelos poco o moderadamente profundos, de texturas medias, con frecuentes elementos gruesos, con baja capacidad de retención de agua disponible, bien drenados o con drenaje rápido y no salinos. La eficiencia productiva (kg fruto/cm^2 tronco), la relación K/Ca y el porcentaje de N en el fruto son los parámetros que más se relacionaron con la aparición del *bitter pit* y en base a los cuales se establecieron los modelos predictivos sobre el interés o no de proceder a la frigoconservación de las manzanas.

Palabras clave: Calcio, fisiopatía, macronutrientes, *Malus* x *domestica* Borkh., poscosecha, valoración de suelos.

* Autor para correspondencia: angela.bosch@macs.udl.cat

https://doi.org/10.12706/itea.2018.013

Abstract
Soil properties and *bitter pit* incidence in 'Golden' apple orchards

In the irrigated area of the Ebro valley and in particular in Lleida (NE of Spain), the apple 'Golden Delicious' is marketed after a period of cold storage and the control of losses, during this period, is important. One of the most important physiological losses is due to the occurrence of *bitter pit.* At harvest, different prediction models using laboratory procedures have already been developed, but because of the high potential costs associated with this physiological disorder, its prevention at field level before orchard establishment is of main interest. The objectives of this work are: i) to identify soil characteristics linked to the incidence of *bitter pit* that can help farmers in their final decisions on orchard establishment and ii) to develop *bitter pit* prediction models during storage. For four years, 59 orchards were agronomically monitored including leaf and fruit analyses. They were arranged in different soil groups. The influence of the different parameters recorded on *bitter pit* incidence (stored under controlled or conventional atmosphere) was evaluated. The model obtained was validated during two years on 112 orchards. The behaviour of orchards according to the different soil groups and related to the incidence of *bitter pit* was statistically significant. The evaluation of soil characteristics prior to orchard establishment is a reliable preventive measure that would allow a major reduction (~75%) in the incidence of *bitter pit*. Productive efficiency, fruit K/Ca relationship and percentage of fruit N concentration were the most important factors in *bitter pit* prediction during storage for all groups of soils, although the importance of each selected variable was different depending on the soil group.

Keywords: Calcium, physiopathy, macronutrients, *Malus* x *domestica* Borkh., postharvest, soil aptitude.

Introducción

La producción mundial de manzanas (*Malus* x *domestica* Borkh.) ha aumentado en los últimos años debido principalmente a la creciente producción de China y de otros países del hemisferio Sur (FAO, 2016). En Europa se ha mantenido estable porque la mejora de los rendimientos se ha compensado con la disminución de la superficie dedicada a este cultivo. En España, las zonas productoras ocupan 30.726 ha (FAO, 2016) con una producción que se sitúa en 620.823 Mg. La provincia de Lleida es una de las principales productoras, aunque la superficie de manzano ha descendido desde las 11.326 ha de 2001 a las 6.797 ha en 2011 (DARP, 2016). Estas últimas suponen una producción de 203.104 Mg de las cuales, aproximadamente la mitad (129.460 Mg), se corresponden con manzanas del grupo Golden (MAPAMA, 2015). La calidad de los frutos es el atributo de mayor interés y es un tema recurrente en la mayoría de los programas de mejora genética. En el caso de la manzana Golden, la tendencia ha sido hacia la plantación de variedades menos sensibles al *russeting*, como la 'Golden Smoothee' o la 'Golden Reinders' (Iglesias *et al*., 2009). En la zona de Lleida, la manzana 'Golden Delicious' se comercializa tras un periodo de frigoconservación y la minimización de pérdidas de manzana comercializable durante esta etapa es importante para el sector. Las causas se asocian a la deshidratación, a fisiopatías y a podredumbres. Entre las fisiopatías causantes de estas mermas destaca el *bitter pit.* El *bitter pit* es un desorden fisiológico que se presenta en manzano y que se caracteriza por la aparición en el fruto de pequeñas manchas de color marrón que afectan la zona superficial de la piel, con tejido necrosado-corchoso por debajo que ha sido caracterizado por algunos autores (Val *et al*., 2006). Se considera que como media esta alteración fisiológica ocasiona en España pérdidas anuales por valor de 5 M€, coste que se puede incrementar considerablemente en años de alta incidencia, cuando algunas partidas pueden

sufrir del orden del 30-40% de mermas (Ruralcat, 2017). La fisiopatía se produce en el campo y, aunque la alteración puede ya presentarse en recolección, se desarrolla por lo general tras el periodo de conservación en frio, cuando el fruto ha alcanzado un estado más avanzado de madurez. Mengel y Kirkby (1982) indicaron que el suministro subóptimo de Ca al fruto era la causa de la aparición del *bitter pit* y desde hace muchos años se conoce la estrecha correlación negativa entre aparición de *bitter pit* y el contenido de calcio (Sharples, 1968). Una elevada concentración de Ca evita que se desarrollen numerosos desórdenes en frutos, entre ellos el *bitter pit*, pero unos contenidos bajos del mismo no es causa suficiente, necesitándose de la presencia de otras circunstancias causales entre las que cabría citar elevados ratios N/Ca en fruto (Faust, 1989). Trocme y Gras (1979) recogen trabajos de distintos autores que relacionan diversos índices en fruto (por ejemplo, la relación K+Mg/Ca) con la severidad de la incidencia del *bitter pit.* Se ha demostrado también que las altas concentraciones en fruto de N, K o Mg frente a las de Ca, reducen su firmeza tras la conservación en frio (Casero *et al.*, 2010). Los tratamientos con calcio incrementan sus contenidos en el fruto, aunque no de manera proporcional, e incluso pueden provocar desórdenes fisiológicos (Casero *et al.*, 2010). El manejo de la carga frutal del árbol junto con el del tamaño del fruto se considera que es el segundo factor más influyente en la aparición del *bitter pit*, correlacionando poca carga del árbol y calibres grandes con una alta incidencia del desorden (Ben, 1995; Retamales y Lepe, 2000). La influencia del manejo del agua de riego tiene una doble vertiente. En la primera, algunos trabajos proponen que el riego en exceso incrementa el riesgo de *bitter pit* (Failla *et al*., 1990). Ello se explica porque la reducción en la disponibilidad de oxígeno en el suelo (por debajo de un 10%) limita el crecimiento radicular en manzano (Ruhland, 1961) y también porque el calcio se absorbe mayoritariamente en los ápices de las raíces y en las raíces de crecimiento secundario; en consecuencia, cuando el contenido de oxígeno en la atmósfera del suelo desciende, se limita la absorción de calcio. Desde la segunda vertiente, otros autores (Ho y White, 2005) han demostrado que el estrés hídrico, la baja humedad ambiental y la salinidad inducen la deficiencia de calcio. La influencia de estas variables o situaciones se explica porque el estrés hídrico limita la translocación de Ca a través del xilema hacia el fruto (Hocking *et al*., 2016), reduciendo además el número de vasos del xilema (Davies *et al*., 2000). Otras condiciones ambientales pueden contribuir a la manifestación del *bitter pit*. El efecto de las altas temperaturas y alta incidencia lumínica favorecen la rápida expansión del fruto, lo que diluye la concentración de calcio en el mismo y lo hace más sensible a las alteraciones fisiológicas (De Freitas y Mitcham, 2012).

Una mala polinización, que conduce a una disminución del número de semillas. puede aumentar la incidencia de *bitter pit* debido a una reducción de la concentración de calcio en fruto (Volz *et al*., 1996). Cabe señalar que el transporte de calcio hacia el fruto disminuye de manera muy importante cuando se reduce la síntesis del ácido indolacético (IAA) en el mismo (Faust, 1989).

Ante la diversidad de factores (edáficos, agronómicos, meteorológicos y de manejo) que influyen en la aparición de *bitter pit* (Jemrić *et al*., 2016), se ha trabajado en métodos de predicción en laboratorio. Entre ellos cabe destacar las infiltraciones de magnesio que desplazan el calcio en la pulpa, generando procesos de degradación al transcurrir 10-15 días y obteniendo un efecto similar al del *bitter pit* (Retamales y Valdes, 2001); la aceleración de la madurez con la aplicación de etileno (Lötze *et al*., 2010) o el empaquetado del fruto en bolsas de plástico cerradas a temperatura ambiente antes del pico climatérico (Torres *et al*., 2015).

En este trabajo se plantea un doble objetivo. En primer lugar determinar las características edáficas que inciden en la aparición del *bitter pit* y que pueden estudiarse antes de la plantación, con la finalidad de que puedan ser útiles al agricultor para la toma de la decisión de establecer o no una plantación de manzano Golden. El segundo objetivo es el desarrollo en recolección de un modelo simple de predicción de la aparición de *bitter pit* en los frutos conservados en AC, con la finalidad de que puedan ser utilizados en la decisión de conservar dichos frutos o no.

Material y métodos

Localización, climatología y parcelas estudiadas

El área de estudio se centró en la denominada *Plana de Lleida* (Latitud 41°52'42" – 41°20'52", Longitud 19'33" – 1°11'41") que comprende una superficie de 250.000 hectáreas, con altitudes de 100 a 400 m. El clima es mediterráneo semiárido continental (Papadakis, 1966). La zona es relativamente uniforme meteorológicamente (Figura 1). Las medias anuales de precipitación del periodo 1989-2016 en estaciones meteorológicas de la zona son 383 mm (Poal), 377 mm (Vallfogona de Balaguer) y 359 mm (Raimat). La evapotranspiración para el mismo periodo, calculada según la fórmula de Penman-Monteith (Allen *et al.,* 1998), alcanza los 961 mm en Poal y 953 mm en Raimat. La temperatura media de la zona es de 14,6ºC para la serie 1916-1991 (Lleida). En la serie 1989-2016, para las estaciones de Poal, Vallfogona de Balaguer y Raimat fue de 13,6ºC, 14,3ºC y 13,9ºC, respectivamente. La zona se distingue por su aridez para el cultivo de frutales, con un déficit hídrico de 600 mm anuales.

Se seleccionó un grupo de plantaciones en las que se estudiaron diversos parámetros que sirvieran para elaborar los modelos de predicción del *bitter pit.* Para la selección previa de los tipos de suelos de las plantaciones se utilizaron los trabajos de cartografía detallada de suelos desarrollados por el DARP (Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Generalitat de Cataluña) en la zona de estudio y que, posteriormente (una parte de ellos), se han publicado dentro del Mapa de Suelos de Cataluña (IGC-DAR-ICC 2009, 2010a,b,c, 2011; ICGC, 2017). La selección de parcelas se llevó a cabo de forma coordinada con los técnicos de las Agrupaciones de Defensa Vegetal y son una buena representación de los tipos de manejo de las plantaciones en la zona de estudio. El sistema de riego o el tipo de suelo no se prefijó, pero se intentó que estuvieran representados los principales sistemas de riego (por inundación y localizado) además de los principales tipos de suelos de la zona. Se excluyeron los suelos muy yesíferos o salinos por presentar comportamientos extremos. Las plantaciones se estudiaron durante cuatro años para la determinación de los parámetros que inciden sobre el *bitter pit*. En el primer año se estudiaron cincuenta plantaciones. Se ampliaron en el segundo año a sesenta y siete, en el tercer año se redujeron a sesenta y cinco y finalmente, en el cuarto año, se mantuvieron cincuenta y nueve parcelas. En dos campañas adicionales se validaron los modelos desarrollados; para ello, en el quinto año se utilizaron 32 nuevas plantaciones y 80 más el sexto. Estas últimas pertenecían a dos centrales hortofrutícolas (40 parcelas de cada central). Las plantaciones de manzano eran todas del grupo 'Golden', que incluye 'Golden Delicious' y algunos de sus mutantes. Estaban en plena producción e injertadas mayoritariamente sobre 'EM9'. El manejo de la cubierta vegetal del suelo seguía la práctica común de la zona con la calle enyerbada y segada periódicamente, a la vez que se mantenía una banda en la línea de los árboles, aproximadamente de un metro de anchura, desyerbada químicamente.

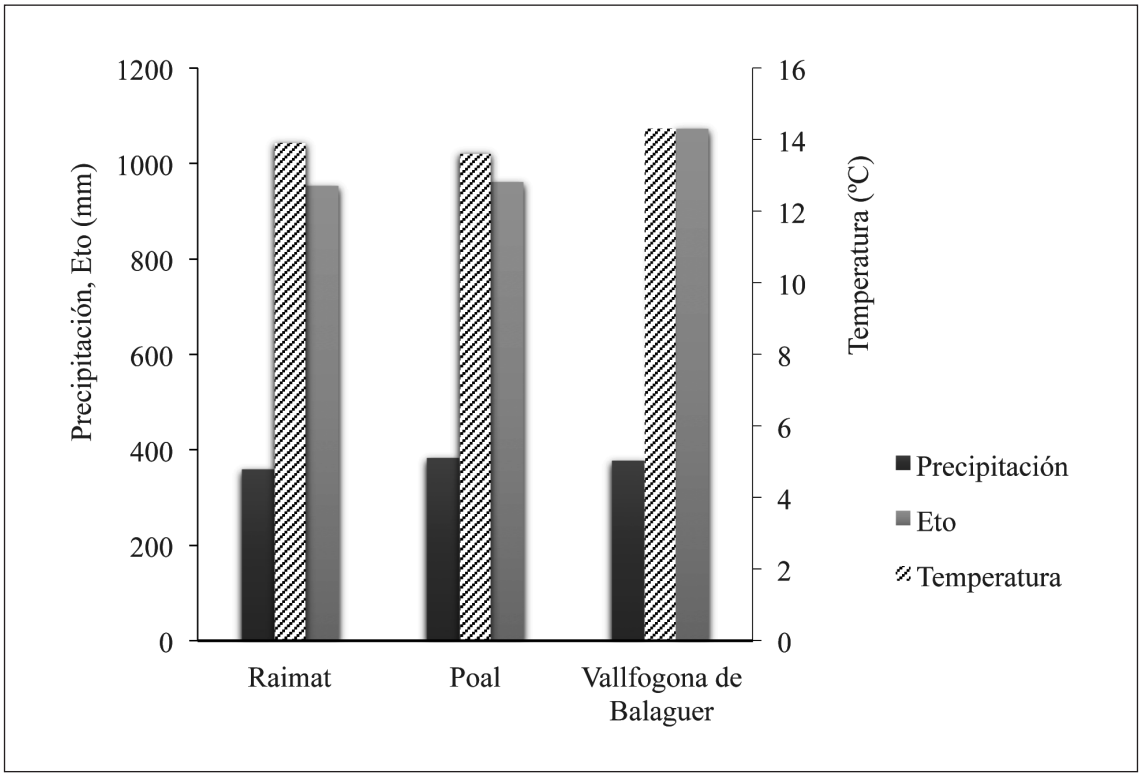


Figura 1. Valores medios anuales de precipitación, de evapotranspiración del cultivo de referencia (Eto) calculado según la ecuación de Penman-Monteith (Allen *et al*., 1998) y de temperatura, en el periodo de 1989 a 2016, para las estaciones de Raimat, Poal y Vallfogona de Balaguer.
Figure 1. Mean annual rainfall, reference crop evapotranspiration (Eto) according to Penman-Monteith equation (Allen et al*., 1998) and temperature values for the period 1989-2016, for the Raimat, Poal and Vallfogona de Balaguer meteorological stations.*

Muestreos

En cada una de las plantaciones estudiadas se delimitó una zona representativa de 0,5 ha para la prospección directa mediante calicatas descritas según la norma SINEDARES (Porta, 1983). En cada perfil se describió como mínimo, la profundidad enraizable, la clase de drenaje, la disposición de los horizontes y el material subyacente. Para diferenciar y posteriormente agrupar las parcelas se utilizaron los tipos de suelo (fases de series) empleados en el Mapa de Suelos 1/25.000 de Cataluña (Danés *et al*., 1991; Herrero *et al*., 1993) y en algunos casos criterios adicionales recogidos durante la prospección (dificultad de enraizamiento o nivel freático). Se descartaron aquellas plantaciones en las que se observó que en la totalidad o en gran parte de la plantación existía un nivel freático muy elevado. Se descartaron 10 parcelas, 4 en la elaboración del modelo y 6 en su validación con datos del sexto año.

En la zona elegida de cada plantación, al inicio de los experimentos y en el área asociada a la proyección vertical de la cubierta arbórea

se obtuvieron, mediante barrena, muestras compuestas de los primeros 30 cm de profundidad y de 30 a 60 cm, o cuando no era posible, hasta la profundidad enraizable. Las muestras se analizaron según los métodos descritos en MAPA (1994).

De cada parcela se caracterizó también el material vegetal, el sistema de riego, el sistema de formación, la edad y el vigor. El vigor de la plantación se determinó mediante la medida del diámetro del tronco a 20 centímetros sobre el punto de injerto y se empleó posteriormente para definir la eficiencia productiva. Se procedió a anotar la producción, los abonados, los riegos, los tratamientos fitosanitarios y otras prácticas culturales realizadas por el agricultor (datos no mostrados).

Cada año se realizó un análisis mineral de hojas y de frutos. Se muestrearon 100 hojas, situadas en el tercio central del brote del año, a los 90 días de la floración, según la metodología descrita por Gagnard (1984). En el momento de la cosecha, y de un total de 20 frutos por plantación, se realizaron los análisis del fruto, de la piel y de la pulpa sin semillas. En todos los casos se determinaron: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, boro, zinc y manganeso (AENOR, 2008). La lectura de los elementos se realizó mediante espectrometría de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente (IPC-AES). El nitrógeno total se determinó por el método Kjeldalh (APHA, 2012).

En el momento de la madurez comercial se muestrearon 4 frutos por árbol, situados a 1,4-1,8 m de altura, con un calibre comprendido entre 75-85 mm, hasta recolectar un total de 200 frutos por plantación, de los cuales, cien frutos, sin síntomas visibles de *bitter pit*, se mantuvieron a 20ºC durante 20 días. Los otros 100 frutos restantes se guardaron en una cámara frigorífica (0,5ºC), durante seis meses, en atmósfera controlada (AC) con el 2-3% de oxígeno y un 3% de dióxido de carbono. Tanto en los frutos que se mantuvieron a 20ºC como en los conservados en cámara frigorífica se valoró la incidencia del *bitter pit*. En la fase de validación y durante la recolección se respetó el procedimiento del agricultor que deposita en cajas de madera unos 300 a 350 kg de fruta según la central hortofrutícola. En cada una de las plantaciones se controlaron todos los frutos de 4 cajas de madera en vez de 200 frutos.

Estudio estadístico

Se realizó un análisis de varianza de las características edáficas en función de los grupos de suelos establecidos y asociados a las distintas plantaciones estudiadas. La metodología inicial empleada para el desarrollo del modelo consistió en seleccionar las variables más influyentes mediante correlaciones lineales. Con esta selección de variables independientes se realizó un test de paralelismo y coincidencia con el objetivo de evaluar si las variables obtenidas en los diferentes ciclos de cultivo eran coincidentes y, por tanto, se podían tratar las variables independientes de los años de estudio conjuntamente, sin considerar el factor año. Las variables que superaron el test se utilizaron en el establecimiento de regresiones mediante el método de regresión múltiple escalonada (Stepwise) que permite eliminar aquellas que aportan poco valor al modelo. Una vez realizada la selección definitiva de las variables independientes, se empleó el procedimiento de regresión múltiple para el desarrollo del modelo. El modelo se elaboró para todas las parcelas (todos los grupos de suelos) y también para una selección de parcelas pertenecientes a los cuatro grupos de suelos con características edáficas más contrastadas (Tabla 1). En el tratamiento de datos se utilizó el programa estadístico SAS v9.4 (SAS Institute Inc., 2002-2012).

Tabla 1. Agrupación de los suelos de las fincas estudiadas durante un periodo de 6 años y descripción de sus principales características[1]
Table 1. Soil groups of the apple orchards which were studied for a period of 6 years. Description of their main characteristics[1]

Grupo	Fincas (número)	Características
1	41	Suelos desarrollados sobre materiales detríticos terrígenos finos (DTF) en fondos de valles y abanicos aluviales, profundos (>80 cm), con alta capacidad de retención de agua disponible (CRAD[2], superior a 1500 m^3 ha^{-1}), bien drenados[3] y con buena estructura. No salinos
2	16	Suelos desarrollados sobre materiales DTF, profundos, con una CRAD superior a 1500 m^3 ha^{-1} y con algún problema de drenaje. Presentan dificultades para el enraizamiento debido a las texturas finas y a la alta densidad aparente. Incluyen suelos no salinos a ligeramente salinos
3	34	Suelos desarrollados sobre lutitas o areniscas, de poco a moderadamente profundos (0,3-1m), generalmente afectados por procesos de nivelación. Presentan un cierto grado de salinidad
4	39	Suelos desarrollados sobre materiales DTF con frecuentes elementos gruesos o capas de caliza fragmentada. Se encuentran en abanicos aluviales, terrazas fluviales y plataformas estructurales. Son poco profundos (<0,4 m), con un drenaje de bueno a rápido y baja CRAD (<500 m^3 ha^{-1}). No salinos
5	18	Suelos desarrollados sobre lutitas y materiales DTF, profundos y bien drenados. Han sido muy afectados por nivelaciones. No salinos o muy ligeramente salinos
6	26	Suelos desarrollados sobre materiales detríticos terrígenos con frecuentes elementos gruesos, situados en abanicos aluviales y terrazas fluviales, moderadamente profundos, con elevada CRAD, y bien drenados. No salinos
7	10	Este grupo se corresponde con los suelos del grupo 6 donde existe, en la totalidad de la parcela o en parte, niveles freáticos elevados y peor drenaje

[1] Descripción en base a Herrero *et al.* (1993) e IGC-DAR-ICC (2009, 2010a,b,c, 2011).

[2] Agua disponible en la profundidad enraizable.

[3] Facilidad con la que se elimina el agua del perfil. Clases de drenaje según SINEDARES (Porta, 1983).

Resultados

Los suelos de las parcelas se agruparon en siete grupos (Tabla 1). Todos los suelos son básicos, con valores de pH que oscilan entre 8,1 ± 0,2 y 8,3 ± 0,2 de 0 a 0,3 m o de 0,3 a 0,6 m, respectivamente. Para estas mismas profundidades el contenido de carbonato cálcico equivalente varía entre el 27 ± 6% y el 28 ± 6%. Los grupos de suelos analizados presentan diferencias significativas en la profundidad enraizable, y en los primeros 0,3 m de profundidad en los contenidos de arena y arcilla, la salinidad, los contenidos de materia orgá-

nica y en magnesio intercambiable (Tabla 2). La arena predomina en suelos de origen aluvial (grupo 4). El contenido de arcilla y limo es más elevado en los suelos del grupo 2 que además presentan dificultades de drenaje, contrastando con los de los grupos 4 y 6, que son suelos muy bien drenados debido a que el material subyacente son materiales detríticos con gravas. Los suelos dentro del grupo 2 presentan los valores más altos de salinidad (0,48 dS m^{-1} en la prueba previa) y de contenidos en magnesio de cambio por tener asociada una capa freática que suele ser rica en este elemento.

Tabla 2. Profundidad enraizable y valores medios de los parámetros estudiados (0-30 cm) en las parcelas monitorizadas en el periodo de 6 años y asociadas a cada uno de los seis grupos establecidos en la Tabla 1
Table 2. Root depth and soil average values (0-30cm) for the field trials studied during the six year period and associated with the 6 main soil groups (Table 1)

		Parámetro estudiado					
Grupo de suelo	Profundidad enraizable (m)	Arcilla (%)	Arena (%)	CE 1:5 (dS m^{-1})	Materia orgánica (%)	Caliza activa (%)	Mg de cambio ($cmol^{(+)}kg^{-1}$)
1	1,19a	25,4bc	30,5c	0,26bc	2,21b	9,4a	2,4b
2	1,09b	27,8a	25,8d	0,48a	2,1bc	9,8a	3,1a
3	0,74c	24,0c	34,8bc	0,35b	1,87c	7,4b	2,0bc
4	0,45d	24,9bc	42,8a	0,23c	2,56a	9,5a	2,0bc
5	1,13b	23,4c	32,3bc	0,31bc	1,95c	7,9b	1,8c
6	0,70c	26,9ab	35,9b	0,22c	2,53a	9,5a	2,2bc

Medias seguidas por la misma letra no son estadísticamente distintas según el test de rango múltiple de Duncan (α = 0,05).

Los datos de magnesio intercambiable se corresponden con el periodo inicial de cuatro años.

Los suelos cuyos materiales subyacentes son lutitas y arenitas (grupos 3 y 5) son los que presentan menores contenidos de materia orgánica (aunque no difieren significativamente del grupo 2). Este menor contenido de materia orgánica se explica porque se encuentran en superficies con mayor pendiente y porque, en general, han sido objeto de movimientos de tierra (nivelaciones y sistematizaciones).

Respecto a la fertilidad fósforo-potásica en la mayor parte de las plantaciones estudiadas durante la elaboración del modelo, los niveles son altos o muy altos (Tabla 3). Las plantaciones con niveles bajos o muy bajos sólo representan un 6,3% y un 13,4%, respectivamente. El predominio de parcelas con contenidos elevados de fósforo y potasio en el suelo se mantiene en las plantaciones empleadas para la validación (Tabla 3).

Las producciones medias oscilaron entre 9,4 y 25,1 kg $árbol^{-1}$ y las eficiencias productivas entre 0,46 a 0,71 kg fruta cm^{-2} tronco. Las exportaciones por parte del fruto para una

Tabla 3. Distribución en porcentaje de las plantaciones monitorizadas durante los cuatro años iniciales de la experimentación y en los dos años posteriores en relación a la disponibilidad de fósforo y potasio asimilables en el suelo (0-0,3 m)
Table 3. Orchard distribution (%) according to the availability of phosphorus and available potassium (0-0.3 m) during the four initial years of the experimentation and in the following two

		Periodo de establecimiento del modelo (4 años)		Periodo de validación del modelo (2 años)	
Variable	Intervalo (mg kg^{-1})	Nº parcelas	Plantaciones (%)	Nº Parcelas	Plantaciones (%)
Fósforo asimilable	<6	8	3,4	2	1,9
(Olsen)	6-12	11	4,6	10	9,3
	12-18	35	14,7	6	5,6
	18-24	39	16,4	15	13,9
	24-36	79	33,2	23	21,3
	>36	66	27,7	52	48,1
Potasio extraíble	<80	0	0,0	3	2,8
($AcONH_4$, pH = 7)	80-125	32	13,4	11	10,2
	125-175	30	12,6	7	6,5
	175-250	68	28,6	19	17,6
	>250	108	45,4	68	63,0

producción de 50 t ha^{-1} variaron entre 25-35 kg N, 7-10 kg P_2O_5 y 70-80 kg K_2O.

Los grupos de suelos 4 y 6 presentan contenidos de Ca en hoja significativamente más elevados pero similares al valor propuesto por Faust (1989) de 1,8% como la concentración que muy probablemente aseguraría un suministro adecuado de Ca al fruto. Además, los valores de los cocientes N/Ca y K/Ca son inferiores a los del resto de grupos de suelos (Tabla 4). No hay diferencias significativas entre los grupos de suelos en lo que se refiere al contenido de K, Ca y Mg en los frutos, pero se observa que los grupos 4 y 6 presentan valores de los cocientes N/Ca y K/Ca significativamente inferiores a los del resto de grupos (Tabla 4).

La incidencia de *bitter pit* presenta una gran variabilidad, desde plantaciones sin presencia de esta fisiopatía a otras con niveles que alcanzan el 54% de los frutos a la salida de cámara, en el cuarto año de estudio. El cuarto año junto con el primero fueron los de mayor afectación (Tabla 5) y contrastan con el segundo y tercer años en los que los daños, tras el almacenamiento a 20ºC durante 20 días, casi se reducen a la mitad. En atmósfera controlada los daños se minimizan, de manera que representan entre un 10% (los años de menor incidencia) a un 40% respecto a la afectación cuantificada a temperatura ambiente (Tabla 5).

El tipo de suelo influye sobre el *bitter pit* (Figura 2). Cuando se separó los cuatro primeros grupos de suelos (Tabla 1) que son los más contrastados, en el periodo de cuatro años evaluado y tras 6 meses de conservación en AC, las plantaciones asociadas a los grupos de suelos 1 y 2 presentaron un mayor porcentaje de frutos afectados por *bitter pit* que los

Tabla 4. Valores medios del contenido de distintos nutrientes (sobre materia seca) y sus relaciones, en hoja y en fruto, durante el periodo inicial de evaluación de cuatro años

Table 4. Average nutrient content (over dry matter) in leaves and fruits and their relationships, during the initial period (4 years) of experimentation, for each of the six main soil groups

Grupo de suelo	Hoja							Fruto						
	N	P	K	Ca	Mg	N/Ca	K/Ca	N	P	K	Ca	Mg	N/Ca	K/Ca
	(%)							(%)		(mg kg^{-1})				
1	2,46	0,18ab	1,79a	1,64b	0,31	1,53b	1,11bc	0,34a	642a	8.056	205	315	16,6a	39,3ab
2	2,47	0,17bc	1,77a	1,48c	0,33	1,75a	1,27a	0,30b	648a	7.722	197	306	15,2ab	39,2ab
3	2,62	0,18a	1,80a	1,58b	0,32	1,60b	1,19ab	0,32ab	651a	7.416	180	312	17,7a	41,2a
4	2,42	0,16c	1,74ab	1,80a	0,35	1,37d	0,98cd	0,29b	574b	7.868	221	301	13,1b	35,6b
5	2,49	0,16c	1,78a	1,62b	0,31	1,58b	1,11bc	0,33a	632a	8.2	213	314	15,5a	38,5ab
6	2,43	0,17abc	1,61b	1,77a	0,36	1,41cd	0,93d	0,32ab	607b	7.796	213	320	15,0ab	36,6b

Los grupos de suelos se hallan descritos en la Tabla 1.

Medias seguidas por la misma letra no son estadísticamente significativas según el test de rango múltiple de Duncan (α = 0,05).

suelos del grupo 4 (Figura 2). Asimismo, cuando la fruta recién recolectada se mantuvo durante 20 días a 20ºC, los suelos profundos, con problemas de drenaje (grupo 2) indujeron una mayor afectación que los suelos poco profundos y con drenaje bueno o rápido (grupo 4). Estas diferencias concuerdan con los niveles de calcio en hojas que como ya se había indicado son superiores en el grupo 4 de suelos (Tabla 4), mientras que la relación N/Ca y K/Ca es menor, excepto el valor de K/Ca para el grupo 1.

La incidencia de *bitter pit* tras 6 meses de conservación en AC se ha correlacionado negativamente (Tabla 6) con el contenido de calcio en hoja, y positivamente con las concentraciones de K y B foliar, aunque en alguno de los años estas correlaciones no han sido significativas (Tabla 6). La incidencia también se ha correlacionado positivamente con los valores de los cocientes K/Ca y (K+Mg) /Ca en hoja y en fruto para todos los años individualmente, y para el conjunto de ellos (Tabla 6). Además, en fruto, la incidencia de *bitter pit* también se correlaciona positivamente con la relación P/Ca (Tabla 6). En general, los valores del coeficiente de correlación son más elevados para las variables analizadas en fruto. En los resultados obtenidos en este periodo de cuatro años también se observa una correlación lineal negativa con la eficiencia productiva (Tabla 6).

Las variables que más influyen sobre la incidencia del *bitter pit* a salida de cámara y que no se ven afectadas por otras variables estudiadas, son la eficiencia productiva, el N en el fruto y la relación K/Ca en fruto. Se descartó introducir el boro foliar o en fruto porque se relacionaban con algunas de las variables seleccionadas (datos no mostrados).

La elaboración del modelo de predicción (Tabla 7) parte pues de la selección de las variables: eficiencia productiva (kg fruta cm^{-2} tronco), contenido de N (en porcentaje sobre

Tabla 5. Valores medios y desviación típica (±) del porcentaje de frutos afectados por bitter pit tras la recolección y tras un almacenamiento a 20ºC durante 20 días (cosecha) o después de 6 meses de frigoconservación en atmósfera controlada (AC)
Table 5. Mean values and standard deviation (±) average of fruits affected by bitter pit after picking and after 20 days at 20ºC (harvest) or after 6 months in cold storage with controlled atmosphere (AC)

Época[1] de evaluación	Promedio de cuatro años	Primer año	Segundo año	Tercer año	Cuarto año
Cosecha	12,0 ± 11,1	13,4 ± 11,6	8,8 ± 7,9	8,6 ± 8,7	16,1 ± 14,2
AC	2,7 ± 6,0	1,7 ± 3,3	0,7 ± 1,5	1 ± 3,5	6,5 ± 10,1

[1] En el momento de la recolección, previo al almacenaje de 20 días a 20ºC, no se recolectó ningún fruto con síntomas de *bitter pit*.

Tabla 6. Coeficientes de correlación (r) entre la incidencia de bitter pit después de 6 meses de conservación en atmósfera controlada y los contenidos de nutrientes en hojas y frutos (expresados sobre materia seca) y la eficiencia productiva, para cada uno de los cuatro años evaluados y para el periodo experimental
Table 6. Correlation coefficient (r) between bitter pit incidence after 6 months in controlled atmosphere storage and leaf and fruit nutrient content (in dry matter) and productive efficiency for each of the four years evaluated and for the whole experimental period

Órgano	Variable	Periodo de 4 años	Primer año	Segundo año	Tercer año	Cuarto año
Hoja	K (%)	0,261***	0,402 ***	0,159	0,022	0,402 ***
	Ca (%)	-0,292***	-0,396***	-0,345 ***	-0,430	-0,304 **
	B (%)	0,168 **	0,214	0,234 *	0,348 ***	0,351 ***
	K/Ca	0,391***	0,589 ***	0,315 **	0,349 ***	0,425 ***
	Ca/Mg	-0,233***	-0,365**	-0,224*	-0,194	-0,246*
	N/Ca	0,264***	0,446 ***	0,286 **	0,393 ***	0,309 **
	(K+Mg)/Ca	0,415 ***	0,625***	0,343 ***	0,384 ***	0,440 ***
Fruto	N (%)	0,170 ***	0,316 **	0,290 **	-0,205	0,299 **
	K (mg kg^{-1})	0,273 ***	0,287 **	0,231 *	0,100	0,511 ***
	Ca (mg kg^{-1})	-0,344***	-0,381***	-0,367***	-0,436***	-0,127
	B (mg kg^{-1})	0,312 ***	0,311 **	0,171	0,438 ***	0,397 ***
	K/Ca	0,510 ***	0,540***	0,549 ***	0,435***	0,447 ***
	Ca/Mg	-0,447***	-0,560***	-0,444***	-0,393***	-0,481***
	N/Ca	0,362***	0,466 ***	0,446 ***	0,147	0,386 ***
	(K+Mg)/Ca	0,513 ***	0,544 ***	0,548 ***	0,436 ***	0,452 ***
	P/Ca	0,476***	0,400 ***	0,412***	0,431 ***	0,384 ***
Eficiencia productiva (kg fruta cm^{-2} tronco)		-0,354***	-0,381**	-0,24*	-0,304**	-0,363***

Tabla 7. Modelos de predicción del porcentaje de frutos afectados por bitter pit para los diferentes grupos de suelos con características más contrastadas y para el conjunto de suelos
Table 7. Prediction models for fruits affected by bitter pit according to the different types of soil and for the whole set of soils

Grupo	Ecuación	R^2	p valor
Todos	Y = -17.99-11.08* Ef + 0.58*fruto K/Ca + 39.98*fruto N	0,31	<0,001
1	Y = -9.09-32.70* Ef + 0.47*fruto K/Ca + 34.02*fruto N	0,40	<0,001
2	Y = -40.61-5.22* Ef + 0.93*fruto K/Ca + 83.74*fruto N	0,47	<0,001
3	Y = 5.41-22.77* Ef + 0.06*fruto K/Ca + 43.68*fruto N	0,31	<0,001
4	Y = -8.77-3.18* Ef + 0.42*fruto K/Ca + 3.54*fruto N	0,21	<0,001

Los distintos grupos de suelos se hallan descritos en la Tabla 1.

Y: Porcentaje de frutos con incidencia de *bitter pit*. El potasio, calcio y nitrógeno en fruto se expresan en porcentaje sobre materia seca. Ef: Eficiencia productiva (kg fruto cm^{-2} tronco).

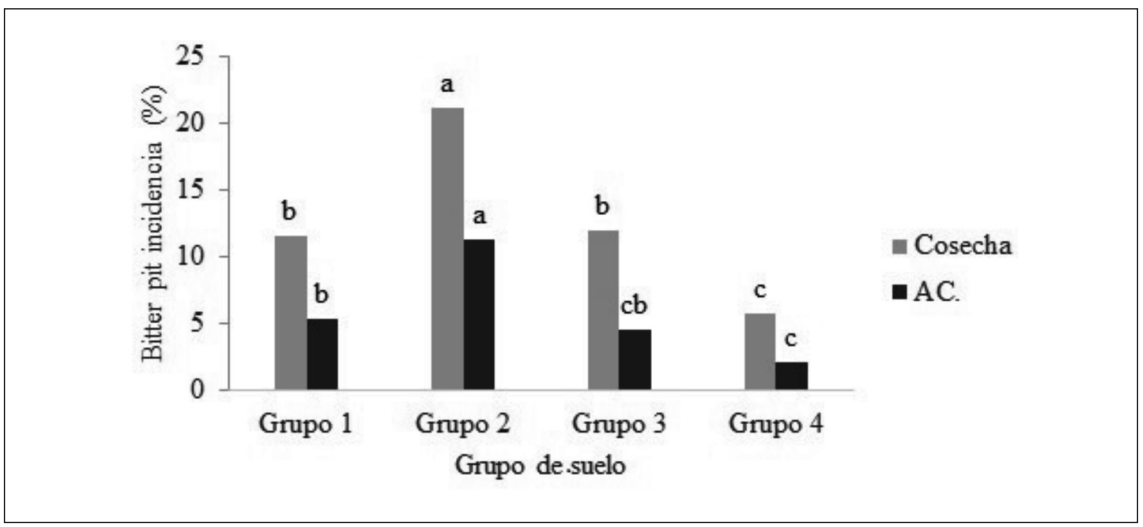


Figura 2. Valores medios de porcentaje de frutos afectados por *bitter pit* (%) en las plantaciones de los cuatro primeros grupos de suelos más contrastados, durante un periodo de cuatro años, y en base a dos momentos de observación: manteniendo los frutos durante 20 días a temperatura ambiente (20ºC) inmediatamente después de la recolección (cosecha) y después de 6 meses en atmósfera controlada (AC). Para cada grupo de observaciones, las medias con la misma letra no son significativamente diferentes según el test de rango múltiple de Duncan para un valor de α = 0,05. La descripción del grupo de suelo se presenta en la Tabla 1.
Figure 2. Mean values average of fruits affected by bitter pit in main four soil groups, during a 4 years period and according to two moments of observation: keeping the fruits during 20 days at room temperature (20ºC) immediately after harvest, or after 6 months in controlled atmosphere (AC). Means with a different letter are significantly different according to Duncan's Multiple Range test for α = 0.05. Soil groups are described in Table 1.

materia seca) y la relación K/Ca en el fruto. Se ha elaborado para el conjunto de todas las parcelas y también de manera separada para cada uno de los cuatro grupos de suelos con características más contrastadas (Tabla 1). El mayor coeficiente de determinación (0,47) se obtuvo para las plantaciones del grupo de suelos 2 que son las de mayor incidencia de *bitter pit* (Figura 2) y el menor para el grupo de menor incidencia (grupo 4).

En la validación con todas las plantaciones del quinto año, después de conservarse las manzanas durante seis meses en AC, en la predicción de incidencia del *bitter pit* respecto a su incidencia real se obtuvo un ajuste lineal significativo, pero con un $R^2 = 0,48$ (Tabla 8). Cuando se aplicó el mismo modelo al conjunto de las plantaciones estudiadas en el sexto año el coeficiente de determinación disminuyó (Tabla 8). No obstante, cuando el modelo se aplicó a un año y tipo de suelo concreto no siempre resultó ser significativo. Los modelos obtenidos minoraron la incidencia real de *bitter pit*.

Tabla 8. Valores del coeficiente de determinación (R^2) y significación (p valor) de la ecuación que relaciona los porcentajes de incidencia predichos de *bitter pit* respecto a los valores reales medidos en los dos últimos años (periodo de validación) a la salida del periodo de frigoconservación en atmósfera controlada y para cada grupo de suelos

Table 8. Values of the coefficient of determination (R^2) and significance (p value) for the equation which relates the predicted incidence of bitter pit to the measured incidence after storage in cold controlled atmosphere, for the different soil types, and for the validation period (the fifth and the sixth years of experimentation)

Grupo	Año	N	R^2	p valor
1	Quinto	8	0,43	0,055
	Sexto	14	0,20	0,078
2	Quinto	4	0,24	0,398
	Sexto	4	0,43	0,159
3	Quinto	7	–	–
	Sexto	10	0,21	0,134
4	Quinto	7	0,84	0,001
	Sexto	15	0,31	0,021
Total	Quinto	32	0,48	<0,001
	Sexto	80	0,27	<0,001

N: número de parcelas que se incluyen en el estudio.

Discusión

Los estudios en situaciones reales de manejo en campo, con frutos de fincas comerciales, y tal como han propuesto diversos autores (Terblanche *et al*., 1980; Tomala *et al*., 1993; Aichner y Drahorad, 2003) resultan interesantes. Sin embargo, dada la diversidad de condiciones de manejo y la variabilidad agroclimática es difícil obtener relaciones estadísti-

cas significativas, tanto en la elaboración del modelo como en su validación (Tablas 7 y 8).

Un mayor número de frutos por árbol tiende a reducir la incidencia de *bitter pit,* lo que coincide con otros autores que indican que el equilibrio producción-crecimiento vegetativo tiene gran influencia en la presencia de fisiopatías (Ferguson y Watkins, 1989; Prange *et al.,* 2011).

Las relaciones encontradas entre los contenidos minerales en fruto y el desarrollo de *bitter pit* también coinciden con otros autores (Holland, 1980; Johnson, 1989; Marcelle, 1990; Fallahi *et al*., 2010) y especialmente con Sharples (1980) y Tomala *et al*. (1993) respecto a la concentración de calcio en fruto.

La estratificación de las parcelas según tipos de suelos (grupos de suelo, Tabla 1), y el estudio de la incidencia del *bitter pit* en cada uno de ellos, pone de manifiesto un comportamiento diferencial muy claro entre ellos (Figura 2), especialmente entre los grupos 2 y 4. Los suelos del grupo 2 que presentan la mayor incidencia de *bitter pit* son profundos, de texturas moderadamente finas (franco-arcillosas y franco-arcillo-limosas), sin elementos gruesos, con elevada capacidad de retención de agua, con algunos problemas de drenaje y ligera salinidad. En cambio, en el grupo 4 donde existe la menor incidencia, los suelos son poco profundos, de texturas medias, con frecuentes elementos gruesos, con baja capacidad de retención de agua, bien drenados o con drenaje rápido y no salinos. Las diferencias son evidentes, tanto en la incidencia de *bitter pit* como en los parámetros considerados como más influyentes (relaciones N/Ca y K/Ca). Serían estos factores (drenaje, capacidad de retención de agua y salinidad) los determinantes en la aparición del *bitter pit,* factores que deberían ser considerados a la hora de establecer una plantación de manzanos y, especialmente, cuando por razones de manejo se establecen variedades sensibles, como Golden Delicious injertado sobre "EM9", que favorecen la aparición de esta fisiopatía (Trocme y Gras, 1979).

El grupo de suelos 4, y en menor medida el 6, inducen un menor vigor de las plantaciones, lo que facilitaría un equilibrio más rápido de la plantación y una mayor eficiencia productiva. Este conocimiento tiene interés tanto a la hora de elegir los suelos en los que establecer las plantaciones como en las decisiones sobre el tipo de manejo, por ejemplo, mejorar el drenaje en los suelos de tipo 2.

El hecho de no considerar previamente la influencia de las características edáficas explicaría que, a pesar de las innovaciones en el sector, no se hayan podido controlar de manera efectiva las pérdidas en la frigoconservación.

En el contexto anterior en que los distintos tipos de suelos deben ser tratados de manera diferente, el modelo que se ha desarrollado, si la plantación está ya establecida, permite también desestimar lotes de fruta para largas conservaciones y puede plantear mejoras en el programa de nutrición (K y P) y manejo del riego en futuras campañas.

El modelo propuesto presenta la dificultad de que no permite predecir la totalidad de las situaciones y además, es necesaria la validación local con un número elevado de parcelas monitorizadas lo que, a su vez, incrementa la variabilidad. No obstante, aporta mejoras en la gestión de las centrales frutícolas, tanto en el asesoramiento previo a la plantación como en la aproximación al riesgo de desarrollo de *bitter pit* durante el almacenamiento.

Conclusiones

Un primer criterio de decisión a la hora de establecer las plantaciones de manzanas Golden, como en su manejo, sería discriminar según los tipos de suelo definidos mediante crite-

rios similares a los empleados en este trabajo. La investigación desarrollada pone de relieve que aquellos suelos con capacidad de retención de agua moderada, texturas medias, bien o rápidamente drenados, y no salinos, presentan la menor incidencia de *bitter pit.*

En el modelo de predicción de incidencia de *bitter pit* propuesto, la eficiencia productiva, la relación K/Ca y el porcentaje de nitrógeno en el fruto son los factores más significativos. Cuando las parcelas se agrupan por características edáficas, el coeficiente de determinación más elevado se obtiene en los suelos con mayor incidencia (grupo 2) y el menor en los de menor incidencia (grupo 4). No obstante, el modelo es difícil de validar para cada uno de los grupos de suelos. A pesar de ello, la incidencia de *bitter pit* observada ratifica que en las plantaciones de manzanas Golden la valoración de la aptitud del suelo, previa a la plantación, es de gran importancia agronómica para mantener la rentabilidad económica de las explotaciones. Lo anterior implica que *a priori* puede suponer el pasar de una incidencia media a salida de AC próxima al 12% (grupo 2, suelos con texturas finas y dificultades de drenaje) a ser inferior al 3% (grupo 4, suelos con frecuentes elementos gruesos).

Agradecimientos

Los autores agradecen a las Asociaciones de Protección Vegetal de Lleida el apoyo logístico en la elección de las parcelas, a Josep M. Llop el apoyo prestado durante los muestreos y a Manel Aragay y a Alba Puigdomènec el apoyo en los procesos analíticos. También dan las gracias a los revisores de este artículo por sus observaciones constructivas que han permitido mejorar la versión inicial del mismo.

Bibliografía

AENOR (2008). Determinación del contenido de calcio, sodio, fósforo, magnesio, potasio, hierro, zinc, cobre, manganeso, cobalto, molibdeno, arsénico, plomo y cadmio por ICP-AES. Norma UNE-EN 15510. AENOR. 33 pp.

Aichner M, Drahorad W (2003). Sviluppo di un modello previsionale della butteratura amara del melo. Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura 65: 38-41.

Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M (1998). Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. Ed. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, Italia. 301 pp.

APHA (2012). Nitrogen (ammonia): 4500-NH_3 B, preliminary distillation step and 4500-NH_3 C, titrimetric method. En: Standard methods for the examination of water and wastewater, 22nd Ed. (Eds. Rice E, Bridgewater L), pp. 4-110-111. Ed. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, Washington DC, EEUU.

Ben J (1995). Mineral composition of "Jonagold" apples differing in size and in the presence of bitter pit. Acta Horticulturae 383: 457-462.

Casero T, Benavides AL, Recasens I (2010). Interrelation between fruit mineral content and pre-harvest calcium treatments on 'Golden Smoothee' apple quality. Journal of Plant Nutrition 33: 27-37.

Danés R, Herrero C, Boixadera J (1991). Cartografia detallada de sòls en àrees de regadiu de Catalunya. Quaderns Agraris 14: 17-32.

DARP (2016). Aforaments de collita de poma de Lleida per a la campanya 2012. Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Generalitat de Cataluña. Disponible en: http://agricultura.gencat.cat/web/.content/de_departament/de02_estadistiques_observatoris/02_estructura_i_produccio/02_estadistiques_agricoles/03_fulls_de_previsio_collita/arxius_estatics/fpc_2012/2012_12_lleida_poma_final.pdf.

Davies WJ, Bacon MA, Thompson DS, Sobeith W, Rodríguez LG (2000). Regulation of leaf and fruit growth in plants growing in drying soil: exploration of the plants' chemical signaling system and hydraulic architecture to increase the efficiency of water use in agriculture. Journal of Experimental Botany 51: 1617-1626.

De Freitas ST, Mitcham EJ (2012). Factors involved in fruit calcium deficiency disorders. Horticultural Reviews 40: 107-146.

Failla O, Treccani CP, Mignani I (1990). Water status, growth and calcium nutrition of apple trees in relation to bitter pit. Scientia Horticulturae 42: 55-64.

Fallahi E, Fallahi B, Neilsen GH, Neilsen D, Peryea FJ. (2010). Effects of mineral nutrition on fruit quality and nutritional disorders in apples. Acta Horticulturae 868: 49-60.

FAO. (2016). FAOSTAT. Compare data. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponible en: http://www.fao.org/faostat/en/#compare

Faust M (1989). Physiology of temperate zone fruit trees. Ed. John Wiley & Sons, New York, EEUU. 338 pp.

Ferguson IB, Watkins CB (1989). Bitter pit in apple fruit. Horticultural Reviews 11: 289-353.

Gagnard J (1984). Pommier. En: L'analyse vegetale dans le controle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales. (Eds. Martin-Prével P, Gagnard J, Gautier P, Drouineau G), pp. 234-257. Ed. Technique et Documentation, Paris, Francia.

Herrero C, Boixadera J, Danés R, Villar JM (1993). Mapa de sòls de Catalunya. 1:25.000. Bellvís 360-1-2. DGPIA-ICC. Generalitat de Catalunya, Barcelona, España. 198 pp.

Ho L, White P (2005). A cellular hypothesis for the induction of blossom-end rot in tomato fruit. Annals of Botany 95: 571-581.

Hocking B, Tyerman SD, Burton RA, Gilliham M (2016). Fruit calcium: transport and physiology. Frontiers in Plant Science 7: 1-17.

Holland D (1980). The prediction of bitter pit. Acta Horticulturae 92: 380-382.

IGC-DAR-ICC (2009). Mapa geològic de Catalunya. Geotreball IV. Mapa de sòls. Mollerussa, full 389-1-1 (65-29), 1:25.000. Institut Geològic de Catalunya, Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació, Institut Cartogràfic de Catalunya.

IGC-DAR-ICC (2010a). Mapa geològic de Catalunya. Geotreball IV. Mapa de sòls. Tèrmens, full 359-2-2 (64-18), 1:25.000. Institut Geològic de Catalunya, Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació, Institut Cartogràfic de Catalunya.

IGC-DAR-ICC (2010b). Mapa geològic de Catalunya. Geotreball IV. Mapa de sòls. Bell-lloc d'Urgell, full 388-2-1 (64-29), 1:25.000. Institut Geològic de Catalunya, Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació, Institut Cartogràfic de Catalunya.

IGC-DAR-ICC (2010c). Mapa geològic de Catalunya. Geotreball IV. Mapa de sòls. Artesa de Lleida, full 388-2-2 (64-30), 1:25.000. Institut Geològic de Catalunya, Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació, Institut Cartogràfic de Catalunya.

IGC-DAR-ICC (2011). Mapa geològic de Catalunya. Geotreball IV. Mapa de sòls. Les Borges Blanques, full 389-1-2 (65-30), 1:25.000. Institut Geològic de Catalunya, Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació, Institut Cartogràfic de Catalunya.

ICGC (2017) GT IV. Mapa de suelos 1:25.000. Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya. Disponible en: http://www.icgc.cat/es/Administracion-y-empresa/Descargas/Cartografia-geologica-y-geotematica/Cartografia-de-suelos/GT-IV.-Mapa-de-suelos-1-25.000.

Iglesias I, Carbó J, Bonany J, Montserrat R (2009). Innovación varietal en manzano. Revista de Fruticultura 1: 13-25.

Jemrić T, Fruk I, Fruk M, Radman S, Sinkovič L, Fruk G (2016). Bitter pit in apples: pre- and postharvest factors: A review. Spanish Journal of Agricultural Research 14. DOI:10.5424/sjar/2016144-8491

Johnson DS (1989). Mineral composition in relation to storage quality apples. I. Setting the standard. Proceedings of the 5th International

Controlled Atmosphere Research Conference, 14-16 de junio, Washington, EEUU, pp. 31-44.

Lötze E, Theron KI, Joubert J (2010). Assessment of pre-harvest physiological infiltration methods for predicting commercial bitter pit in 'Braeburn' and 'Golden Delicious'. Acta Horticulturae 868: 347-352.

MAPAMA (2015). Superficies y producciones anuales de cultivo de acuerdo con el Reglamento (CE) 543 / 2009. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Disponible en: http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/superficies-producciones-anuales-cultivos/

MAPA (1994): Métodos oficiales de análisis. Tomo III. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA), Madrid, España. 662 pp.

Marcelle R (1990). Predicting storage quality from preharvest fruit mineral analyses. A review. Acta Horticulturae 274: 305-314.

Mengel K, Kirkby EA (1982). Principles of plant nutrition. Ed. International Potash Institute, Worblaufen-Bern, Suiza, 655 pp.

Papadakis J (1966). Climates on the world and their agricultural potentialities. Ed. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Buenos Aires, Argentina. 180 pp.

Porta J (1983). SINEDARES: sistema de información edafológica y agronómica de España: manual para la descripción codificada de suelos en el campo. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España. 137 pp.

Prange R, Delong J, Nichols D, Harrison P (2011). Effect of fruit maturity on the incidence of bitter pit, senescent breakdown, and other post-harvest disorders in 'Honeycrisp'TM apple. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 86: 245-248.

Retamales J, Lepe V (2000).Control strategies for different Bitter pit incidences in Braeburn apples. Acta Horticulturae 517: 227-234.

Retamales J, Valdes C (2001). Chileans find better way to predict bitter pit. Good Fruit Grower 52: 35-38.

Ruhland W (1961). External factors affecting growth and development. Ed. Springer-Verlag. Berlín, Alemania. 690 pp.

Ruralcat (2017). L'IRTA desenvolupa dos nous mètodes per predir el *bitter pit* en poma. Disponible en: http://www.ruralcat.net/web/guest/noticia/-/journal_content/2002/10136/15987136/l%E2%80%99irta-desenvolupa-dos-nous-metodes-per-predir-el-bitter-pit-en-poma

SAS Institute Inc. (2002-2012). SAS/TAT. Software v 9.4. Ed. SAS, Cary, NC, EEUU.

Sharples RO (1968). The structure and composition of apples in relation to storage quality. Report of East Malling Research Station for 1967, Reino Unido, pp. 185-189.

Sharples RO (1980). The influence of orchard nutrition on the storage quality of apples and pears grown in the United Kingdom. Acta Horticulturae 92: 17-28.

Terblanche J, Gürgen K, Hesebeck I (1980). An integrated approach to orchard nutrition and bitter pit control. Acta Horticulturae 92: 71-82.

Tomala K, Myga W, Kobylinska J (1993). Attempts at predicting storage ability of apples. Acta Horticulturae 326: 149-156.

Torres E, Recasens I, Peris JM, Alegre S (2015). Induction of symptoms pre-harvest using the 'passive method': An easy way to predict bitter pit. Postharvest Biology and Technology 101: 66-72.

Trocme S, Gras R (1979). Suelo y fertilización en fruticultura. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España, 388 pp.

Val J, Gracia MA, Blanco A, Monge E, Pérez M (2006). Polypeptide pattern of apple tissues affected by calcium-related physiopathologies. Food Science and Technology International 12: 417-421.

Volz RK, Tustin DS, Ferguson IB (1996). Mineral accumulation in apple fruit as affected by spur leaves. Scientia Horticulturae 65: 151-161.

(Aceptado para publicación el 14 de febrero de 2018)

Efecto de la fecha de siembra sobre el potencial forrajero de cultivares primaverales de canola en la Comarca Lagunera, México

H. Sánchez-Martínez[1], D.G. Reta-Sánchez[2,*], J.S. Serrato-Corona[3], U. Figueroa-Viramontes[2], J.A. Cueto-Wong[2] y E. Castellanos-Pérez[3]

[1] Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 101, Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria, Ejido 6 de octubre, Gómez Palacio, Durango, México. CP 35101
[2] Campo Experimental La Laguna, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Blvd. José Santos Valdez 1200 Pte. Col. Centro, Matamoros, Coahuila, México, CP 27440
[3] Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Domicilio Conocido, Ejido Venecia Dgo. Apdo. Postal 1-142. CP 35111, Gómez Palacio, Durango, México

Resumen

Las temperaturas altas y los fotoperiodos largos en siembras tempranas pueden reducir el potencial forrajero de la canola. Se realizó un experimento de campo en Matamoros, Coahuila, México, durante dos ciclos 2013-2014 y 2014-2015, para evaluar la respuesta de seis cultivares de canola o colza (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) a cuatro fechas de siembra temprana (2 y 19 de septiembre; 4 y 19 de octubre). Se determinó la composición química y los rendimientos de materia seca, proteína bruta y energía neta de lactación en el forraje. Los cultivares de canola fueron afectados por los ciclos de crecimiento y fechas de siembra. La reducción de la temperatura ambiental y el fotoperiodo, debido al retraso en la fecha de siembra, alargó el ciclo de la canola; lo cual provocó cambios en la composición química del forraje y aumentos en los rendimientos de materia seca y nutrientes. Los mayores rendimientos de materia seca (6036 a 8599 kg ha^{-1}), proteína bruta (1081 a 1308 kg ha^{-1}) y energía neta de lactación (38209 a 45281 MJ ha^{-1}) ocurrieron en los cultivares IMC 205, Hyola 401 y Ortegón en las siembras del 4 y 19 de octubre. En la fecha del 19 de septiembre, los rendimientos de materia seca disminuyeron entre 18,5 y 28,6%. Sin embargo, los rendimientos de proteína bruta y energía neta de lactación se mantuvieron entre los cultivares. Por lo tanto, se concluyó que en las condiciones locales el mayor potencial forrajero de canola se obtuvo en siembras tempranas cuando el cultivo se sembró entre el 19 de septiembre y el 19 de octubre. Estos resultados pueden servir de orientación para localidades de climas similares.

Palabras clave: Temperatura, fotoperiodo, composición química, rendimiento de forraje, nutrientes.

Abstract
Effect of sowing date on forage potential of spring canola cultivars in the Comarca Lagunera, Mexico

High temperatures and long photoperiods may reduce the potential of canola forage production in a system of early sowing. A field experiment was conducted in Matamoros, Coahuila, Mexico, during two growing seasons (2013-2014 and 2014-2015) to evaluate the response of six spring cultivars of canola

* Autor para correspondencia: reta.david@inifap.gob.mx
https://doi.org/10.12706/itea.2018.014

(*Brassica napus* L. var. *oleifera*) to four early sowing dates (September 2 and 19; October 4 and 19). Chemical composition and yields of dry matter, crude protein and net energy for lactation were determined. Canola cultivars were affected by the growing seasons and sowing dates. The reduction of the environmental temperature and photoperiod, due to the delay in planting date, lengthened the canola cycle; which caused changes in the chemical composition of the forage and increases in dry matter and nutrients yield. The greater yields of dry matter (6036 to 8599 kg ha^{-1}), crude protein (1081 to 1308 kg ha^{-1}), and net energy for lactation (38209 to 45281 MJ ha^{-1}) occurred in the cultivars of IMC 205, Hyola 401 and Ortegon in the sowing dates of October 4 and 19. On the planting date of September 19, dry matter yield decreased by 18.5-28.6%. However, crude protein and net energy for lactation yields were maintained among cultivars. Therefore, it was concluded that in the tested conditions the highest canola forage potential was obtained in early sowing when the crop was planted between September 19 and October 19. These results can serve as guideline for locations with similar climatic conditions.

Keywords: Temperature, photoperiod, chemical composition, forage, nutrients yield.

Introducción

La producción de leche de bovino en la Comarca Lagunera de México es una de las principales actividades económicas. En la región, los principales patrones de cultivo están constituidos por maíz, sorgo y avena, con los cuales se produce una gran parte del forraje requerido por el ganado. Sin embargo, la escasa disponibilidad de agua, la salinidad en el suelo, la alta temperatura ambiental y un número limitado de cultivos forrajeros (Santamaría César *et al*., 2006), obligan a técnicos y productores a buscar especies alternativas que permitan el establecimiento de nuevos sistemas de producción.

Una especie alternativa es la canola o colza (*Brassica napus* L. var. o*leifera*), que puede ser usada como ensilado o heno para alimentar rumiantes debido su palatabilidad y bajos niveles de rechazo (Sánchez Duarte *et al*., 2011; Kincaid *et al*., 2012). La canola produce rendimientos de materia seca (MS) entre 5952 y 11196 kg ha^{-1} (Chapman *et al*., 2009; Cruz Chairez *et al*., 2012; Reta-Sánchez *et al*., 2016) y posee una productividad del agua (PA) superior a la reportada en avena (Cruz Chairez *et al*., 2012; Reta Sánchez *et al*., 2015). Su forraje se caracteriza por contenidos de proteína bruta (PB) que fluctúan de 116 a 281 g kg^{-1} (Sincik *et al*., 2007; Gholamhoseini *et al*., 2012; Reta-Sánchez *et al*., 2016), con concentraciones de fibra neutro detergente (FND) de 357 a 492 g kg^{-1} (Chapman *et al*., 2009; Gholamhoseini *et al*., 2012; Reta Sánchez *et al*., 2016). Además, la canola es tolerante a bajas temperaturas (Fiebelkorn y Rahman, 2016), salinidad moderada de los suelos (Purty *et al*., 2008) y es precoz para la producción de forraje (Reta Sánchez *et al*., 2016).

Las características agronómicas y potencial forrajero de la canola sugieren que puede integrarse a los patrones forrajeros tradicionales en la Comarca Lagunera de México, en sustitución de la avena (Reta Sánchez *et al*., 2015), o bien en sistemas de producción con doble cosecha en otoño-invierno y una en primavera (Reta Sánchez *et al*., 2016). En ambas opciones es deseable sembrar la canola en fechas tempranas (septiembre y octubre) para permitir el establecimiento del siguiente cultivo de invierno durante finales de noviembre y diciembre, o en marzo en el ciclo de primavera, con lo cual es posible aumentar el potencial de rendimiento de los sistemas de producción forrajeros. Sin embargo, es necesario generar información sobre el comportamiento de la canola para forraje en siembras tempranas ya que existe poca información sobre el tema.

En la Comarca Lagunera de México, frecuentemente, durante septiembre y octubre las temperaturas máximas promedio alcanzan entre 27,2 y 29,3 °C, y el fotoperiodo es mayor a 12,00 horas (12,20 a 12,60 horas); ambos factores aceleran el ciclo de crecimiento del cultivo y reducen su rendimiento de MS (Reta-Sánchez *et al*., 2016). La temperatura óptima reportada para crecimiento y desarrollo en canola es alrededor de 20 °C (Khachatourians *et al*., 2001; Robertson *et al*., 2002); mientras que en cuanto al fotoperiodo, la canola se comporta como una planta de días largos, con una respuesta positiva en la tasa de desarrollo en el rango de 12 a 16 horas (Robertson *et al*., 2002). El objetivo del estudio fue determinar la respuesta de seis cultivares primaverales de canola para forraje a cuatro fechas de siembra temprana en la Comarca Lagunera de México.

Material y métodos

El estudio se realizó en el Campo Experimental La Laguna del Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en Matamoros, Coahuila, México (25 32′ N, 103 14′ O y 1150 m sobre el nivel del mar), en un suelo arcilloso. El sitio experimental tiene suelos profundos (> 1,8 m), con valores de disponibilidad de agua de 150 mm m^{-1} (Santamaría César *et al*., 2008), un contenido de C orgánico de 0,75% (Santamaría César *et al*., 2006) y un valor de pH de 8,14. La preparación de la cama de siembra se realizó con un paso de arado a 0,30 m de profundidad, seguido de doble rastreo y nivelación.

La dosis de fertilización de N y P se calculó considerando su disponibilidad en el suelo y la capacidad de extracción de canola para un rendimiento medio de MS de 8132 kg ha^{-1}, con una concentración de N en el forraje de 32,0 g kg^{-1} (Reta Sánchez *et al*., 2015; Reta Sánchez *et al* 2016) y 3,0 g kg^{-1} de P (Brennan y Bolland, 2001). Los requerimientos estimados del cultivo fueron de 260 kg N ha^{-1} y 55 kg P_2O_5 ha^{-1}. Al considerar que el análisis de suelo a una profundidad de 0,3 m indicó una disponibilidad por hectárea de 31,5 kg de N y 26,8 kg de P_2O_5, se aplicaron 250 kg N ha^{-1} y 100 kg de P_2O_5 para satisfacer los requerimientos del cultivo. Antes de la siembra, cada parcela experimental se fertilizó de forma manual con 75 kg N ha^{-1} (sulfato de amonio) y 100 kg de P_2O_5 ha^{-1} (fosfato monoamónico); posteriormente, se aplicaron 87,5 kg N ha^{-1} antes del primero y segundo riego, utilizando sulfato de amonio granulado. No se aplicó fertilizante potásico debido a que los suelos en la región presentan un alto contenido de potasio disponible, con valores promedio de 3030 kg ha^{-1} a 0,30 m de profundidad (Santamaría César *et al*., 2006).

En los ciclos otoño-invierno 2013-2014 y 2014-2015 se evaluaron cuatro fechas de siembra y seis cultivares primaverales de canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) en un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, en arreglo de parcelas subdivididas. Las parcelas grandes correspondieron a los ciclos, las sub-parcelas a las fechas de siembra y las sub-sub-parcelas a los cultivares. Las fechas de siembra fueron: 2 de septiembre, 19 de septiembre, 4 de octubre y 19 de octubre. Los cultivares fueron los siguientes: variedad IMC 205 (Inter. Mountain Cargill), el híbrido Hyola 401 (Interstate Seed Co.) y las variedades Canorte, Ortegón, Aztecan y Canomex del INIFAP.

La siembra se hizo manualmente en suelo seco. El mismo día de la siembra se aplicó un riego con una lámina de 150 mm. Entre 7 y 9 días después de la siembra (dds) se aplicó un riego de 60 mm de lámina para facilitar la emergencia de plántulas. El área experimental fue irrigada mediante un sistema de tubos de plástico PVC con compuertas. Las parcelas experimentales fueron de 6 surcos de 5,0 m de longitud con un distanciamiento de 0,38

m. Las mediciones se hicieron en cuatro surcos centrales en un tramo con longitud de 3,0 m (4,56 m^2). En la siembra se utilizaron 12 kg ha^{-1} de semilla certificada, con 303000 a 355000 semillas kg^{-1} y un porcentaje de germinación entre 80 y 90%. Posteriormente se realizó un aclareo de plantas para dejar una densidad de población de 120 plantas m^{-2}.

Para satisfacer los requerimientos de agua de los cultivares con diferentes ciclos de crecimiento, se aplicaron tres riegos en cada fecha de siembra con una lámina de 120 mm. En el ciclo 2013-2014, los riegos se aplicaron a los 32, 46 y 56 dds en la primera, a los 29, 48 y 58 dds en la segunda, a los 32, 52 y 66 dds en la tercera y a los 38, 65 y 77 dds en la cuarta fecha de siembra. En el ciclo 2014-2015, los riegos se aplicaron a los 34, 46 y 56 dds en la primera fecha de siembra, a los 30, 48 y 63 dds en la segunda, a los 33, 54 y 68 dds en la tercera y a los 39, 66 y 82 dds en la cuarta fecha de siembra. El control de maleza se hizo de forma manual con azadón.

La cosecha se llevó a cabo cuando los cultivares alcanzaron el final de floración (etapa 4,4) (Harper y Berkenkamp, 1975). En el ciclo 2013-2014 los cultivares Aztecan, Ortegón, Canorte y Canomex se cosecharon a los 66, 68, 78 y 83 dds en la primera, segunda, tercera y cuarta fecha de siembra, respectivamente; mientras que en el ciclo 2014-2015 esto ocurrió a los 70, 71, 80 y 89 dds en el mismo orden de fechas de siembra. En los cultivares IMC 205 y Hyola 401 la cosecha de realizó a los 71, 74, 83 y 96 dds en el primer ciclo, mientras que en el segundo, se hizo a los 77, 78, 87 y 96 dds, en la primera, segunda, tercera y cuarta fecha de siembra, respectivamente.

En la cosecha se determinaron los rendimientos de forraje fresco y de MS. El contenido de MS se determinó en una muestra de 0,57 m^2 tomada al azar de la muestra usada para las mediciones. Para ello, se muestrearon 0,5 m de longitud de tres de los surcos centrales de cada parcela. Las plantas muestreadas fueron secadas a 60 °C en una estufa de aire forzado hasta alcanzar peso constante. El rendimiento de MS se determinó multiplicando el rendimiento de forraje fresco por el contenido de MS de cada parcela.

Las plantas muestreadas para estimar el contenido de MS fueron también usadas para determinar la composición química del forraje en términos de proteína bruta (PB), fibra ácido detergente (FAD), fibra neutro detergente (FND) y energía neta de lactación (EN_L). Las plantas fueron molidas con un molino Wiley® (Thomas Scientific, Swedesboro, NJ, USA) con malla de 1 mm. Las muestras fueron analizadas de acuerdo con el procedimiento descrito por Van Soest *et al*. (1991) para FND y FAD, y con el método Kjeldahl para N (Bremner, 1996). El contenido de EN_L se estimó de acuerdo con la metodología del Consejo Nacional de Investigación (NRC, 2001). Los rendimientos de PB y EN_L por hectárea se obtuvieron al multiplicar los contenidos de PB y EN_L por el rendimiento de MS de cada parcela experimental.

Se realizó un análisis combinado de los datos utilizando un diseño experimental de parcelas subdivididas, donde las parcelas principales fueron los ciclos, las sub-parcelas las fechas de siembra y las sub-sub-parcelas los cultivares. En cada ciclo de crecimiento se realizaron análisis de varianza ($P \leq 0,05$) para las siguientes variables: rendimientos de MS, PB y EN_L, y concentraciones de PB, FAD, FND y EN_L. Para comparar las medias se utilizó la prueba de la diferencia mínima significativa protegida de Fisher ($P \leq 0,05$). Se hicieron análisis de regresión lineal simple ($P \leq 0,05$) para determinar la relación entre temperatura media y el ciclo de crecimiento, ciclo de crecimiento con rendimiento de MS, y temperaturas mínima y máxima con rendimiento de MS. El análisis de la información se efectuó con el programa estadístico SAS versión 9.3 (SAS Institute, 2011).

Resultados y discusión

El análisis combinado de los datos indica que en la mayoría de las variables evaluadas las interacciones ciclo x fecha de siembra y ciclo x cultivar fueron significativas (P < 0,05; Tabla 1), es por ello los datos se analizaron separadamente por ciclo.

Clima durante el ciclo

En los dos ciclos de crecimiento, con el retraso de la fecha de siembra del 2 de septiembre al 19 de octubre, las temperaturas promedio máximas y mínimas se redujeron, la evaporación potencial se incrementó, mientras que la lluvia fue mayor en las dos primeras fechas de siembra (Tabla 2). El fotoperiodo inicial fue de 12,60; 12,20; 11,83 y 11,48 horas para las fechas de siembra del 2 de septiembre, 19 de septiembre, 4 de octubre y 19 de octubre, respectivamente.

Tabla 1. Valores de probabilidad de un análisis de varianza combinado para composición química del forraje y rendimientos de materia seca (MS) y nutrientes de seis cultivares de canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) sembrados en cuatro fechas durante dos ciclos en Matamoros, Coahuila, México
*Table 1. Probality values of a combined analysis of variance for chemical composition of forage and yields of dry matter (DM) and nutrients of six cultivars of canola (*Brassica napus *L. var.* oleifera*) sowed in four dates during two seasons at Matamoros, Coahuila, Mexico*

	Significancia (P valor)			
	Ciclo x FS†	Ciclo x Cultivar	FS x Cultivar	Ciclo x FS x Cultivar
PB (g kg^{-1})	0,0003	0,0003	0,0072	0,0029
FND (g kg^{-1})	0,0208	0,1143	0,6307	0,2705
FAD (g kg^{-1})	0,0001	0,2150	0,0828	0,5277
EN_L (MJ kg^{-1} MS)	0,0001	0,2150	0,0827	0,5288
Rendimiento de MS (kg ha^{-1})	<0,0001	0,0035	<0,0001	<0,0001
Rendimiento de PB (kg ha^{-1})	<0,0001	0,2730	0,0148	<0,0001
Rendimiento de EN_L (MJ ha^{-1})	<0,0001	0,8441	<0,0001	0,0001

† FS: fecha de siembra; PB: proteína bruta; FND: fibra neutro detergente; FAD: fibra ácido detergente; EN_L: energía neta de lactación.

La temperatura media del ciclo 2014-2015 durante las tres primeras fechas de siembra fue menor a la del ciclo 2013-2014, debido a los valores menores de la temperatura mínima. Las diferencias de temperaturas mínimas promedio por fecha de siembra oscilaron entre 1,2 y 1,6 °C, con los mayores valores en las fechas de 19 de septiembre y 4 de octubre. Las temperaturas máximas promedio en las cuatro fechas de siembra fueron similares entre sí en los dos ciclos evaluados. La humedad relativa fue menor en el segundo ciclo de crecimiento, mientras que la evaporación potencial y la lluvia total ocurrida durante el ciclo total, y en cada fecha de siembra fue mayor en el primer ciclo (Tabla 2).

Tabla 2. Condiciones climatológicas durante el desarrollo de seis cultivares de canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) sembrados en cuatro fechas durante dos ciclos en Matamoros, Coahuila, México

*Table 2. Weather conditions during development of six cultivars of canola (*Brassica napus *L. var.* oleifera*) sowed in four dates during two seasons at Matamoros, Coahuila, Mexico*

		Temperatura (°C)					
Ciclo	Fecha de siembra	Media máxima	Media mínima	Media	HR† (%)	Epan (mm)	Lluvia (mm)
2013-2014	1 (2 sept-12 nov)	29,3	16,4	22,6	56,2	347	159
	2 (19 sept-2 dic)	27,2	13,3	20,0	58,8	349	127
	3 (4 oct-26 dic)	25,4	10,8	17,8	54,8	392	94
	4 (19 oct-23 ene)	22,9	7,9	15,2	56,4	450	61
Ciclo completo	2 sept-23 ene	25,5	11,3	18,2	56,0	684	195
2014-2015	1 (2 sept-18 nov)	29,1	15,2	22,0	51,1	391	82
	2 (19 sept-6 dic)	27,4	11,8	19,4	50,0	404	58
	3 (4 oct-30 dic)	25,8	9,2	17,2	49,1	445	28
	4 (19 oct-23 ene)	23,3	8,1	15,4	53,8	467	40
Ciclo completo	2 sept-23 ene	26,0	11,1	18,3	51,7	709	95

† HR: humedad relativa; Epan: evaporación del tanque evaporímetro.

Rendimiento de materia seca

En los dos ciclos de evaluación se encontró diferencia significativa ($P \leq 0,05$) para la interacción cultivar x fecha de siembra en el rendimiento de MS (Tabla 3). En el ciclo 2013-2014, el rendimiento de MS se incrementó en todos los cultivares con el retraso de la siembra, mostrando mayor rendimiento ($P \leq 0,05$) los cultivares IMC 205 (8222 kg ha^{-1}), Hyola 401 (7922 kg ha^{-1}) y Ortegón (6965 kg ha^{-1}) (Tabla 4).

La interacción cultivar x fecha de siembra puede ser explicada por el mayor rendimiento de MS del cultivar IMC 205 a partir de la fecha de siembra del 19 de septiembre, además del mayor incremento del rendimiento en Hyola 401 en la última fecha de siembra ($P \leq 0,05$). Las fechas de siembra del 4 y 19 de octubre produjeron los mayores rendimientos de MS ($P \leq 0,05$) en los cultivares más tardíos (71 a 96 dds), Hyola 401 e IMC 2015. Los cultivares con mayor precocidad (66 a 83 días), Aztecan, Canomex, Canorte y Ortegón obtuvieron rendimientos de MS similares entre sí ($P > 0,05$) en las cuatro fechas de siembra; sólo se observó una reducción en Canomex en la fecha del 4 de octubre, y un mayor rendimiento ($P \leq 0,05$) en Ortegón en la fecha del 19 de octubre. Los menores rendimientos de MS ($P \leq 0,05$) se presentaron en las dos fechas de septiembre, con reducciones de rendimiento respecto a las siembras de octubre de 23,6 a 43,2% el 2 de septiembre, y de 18,5 a 28,6% en 19 de septiembre (Tabla 4).

En el ciclo 2014-2015, los rendimientos de MS obtenidos (3933 a 6036 kg ha^{-1}) fueron menores a los observados en el ciclo 2013-2014 (4485 a 8599 kg ha^{-1}), con una reducción significativa en las fechas de siembra del 4 y 19 de octubre. Debido a esto, las ventajas en rendimiento de MS de las fechas de octubre respecto a las de septiembre observadas en el primer ciclo, no ocurrieron en el segundo (Tabla 5).

Bajo las condiciones ambientales del ciclo 2014-2015, el cultivar con mayor rendimiento ($P \leq 0,05$) fue la variedad IMC 205, el cual obtuvo rendimientos de MS estadísticamente iguales ($P > 0,05$) en todas las fechas. El híbrido Hyola 401 y la variedad Ortegón también mostraron un comportamiento sobresaliente, sólo que en ellos el rendimiento de MS sí se incrementó con el retraso de la fecha de siembra; el primero obtuvo los mayores rendimientos ($P \leq 0,05$) en las fechas de siembra del 4 y 19 de octubre, mientras que en Ortegón el rendimiento alcanzó su mayor valor el 19 de septiembre, para ya no reducirse en las siembras de octubre ($P > 0,05$) (Tabla 5).

La fecha de siembra redujo el ciclo de la canola entre 12 y 18 días con diferencias entre cultivares de entre 5 y 13 días (Figura 1a). El rendimiento de MS fue menor ($P \leq 0,05$) en las fechas de siembra de septiembre y en los cultivares precoces de canola (Tablas 4 y 5), debido a la reducción de su ciclo de crecimiento (Figura 1b). Varios estudios asocian la disminución del ciclo de crecimiento en canola con el fotoperiodo (Robertson *et al*., 2002) y las altas temperaturas (Khachatourians *et al*., 2001; Robertson *et al*., 2002). En el presente estudio, estos dos factores fueron probablemente los principales responsables de la variación en la duración del ciclo de crecimiento y la producción de MS de la canola por efecto de la fecha de siembra.

Los ciclos de crecimiento más cortos y los menores rendimientos de MS ($P \leq 0,05$) registrados en las dos fechas de siembra de septiembre, se relacionaron con las mayores temperaturas máximas (27,2-29,3 °C) y mínimas (11,8-16,4 °C), así como a fotoperiodos superiores a 12,0 horas en el inicio del ciclo (12,2-12,6 horas). Por el contrario, los ciclos de crecimiento más largos y los mayores rendimientos de MS en las fechas de siembra de octubre (Figuras 1a y 1b), se asociaron a las menores temperaturas máximas (22,9-25,8 °C) y mínimas (7,9-10,8 °C) ($P \leq 0,05$) registradas durante el pe-

Tabla 3. Valores de probabilidad en los análisis de varianza para las variables medidas en seis cultivares de canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) establecidos en cuatro fechas de siembra (Fs) durante dos ciclos en Matamoros, Coahuila, México
*Table 3. Probability values in the analyses of variance for measured variables of six cultivars of canola (*Brassica napus *L. var.* oleifera*) sowed in four sowing dates during two seasons at Matamoros, Coahuila, Mexico*

Efecto	PB†	FND	FAD	EN_L	RdMS	RdPB	$RdEN_L$
2013-2014							
Cultivar x Fs	0,0003 **	0,4439 NS	0,4410 NS	0,4384 NS	0,0001 **	0,0001 **	0,0001 **
Cultivar	0,0004 **	0,3322 NS	0,2293 NS	0,2298 NS	0,0001 **	0,0001 **	0,0001 **
Fs	0,0012 **	0,0150 *	0,0216 *	0,0215 *	0,0001 **	0,0001 **	0,0002 **
CV	6,39	10,02	8,35	6,08	6,41	8,77	8,38
2014-2015							
Cultivar x Fs	0,0304 *	0,4363 NS	0,0966 NS	0,0963 NS	0,0010 **	0,0443 *	0,0002 **
Cultivar	0,6835 NS	0,0426 *	0,0275 *	0,0275 *	0,0001 **	0,0001 **	0,0001 **
Fs	0,0975 NS	0,0242 *	0,2105 NS	0,2107 NS	0,0021 **	0,0003 **	0,0076 **
CV	10,07	9,46	7,86	4,68	6,40	11,96	7,71

† PB: proteína bruta; FND: fibra neutro detergente; FAD: fibra ácido detergente; EN_L: energía neta de lactación; RdMS: rendimiento de materia seca; RdPB: rendimiento de proteína bruta; $RdEN_L$: rendimiento de energía neta de lactación; *P ≤ 0,05; **P ≤ 0,01; NS: no significativo (P > 0,05); CV: coeficiente de variación.

Tabla 4. Rendimiento de materia seca (MS), proteína bruta (PB) y energía neta de lactación (EN_L) de seis cultivares de canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) sembrados en cuatro fechas durante el ciclo 2013-2014 en Matamoros, Coahuila, México
*Table 4. Yield of dry matter (DM), crude protein (CP) and net energy for lactation (NE_L) of six cultivars of canola (*Brassica napus *L. var.* oleifera*) sowed in four dates during 2013-2014 season at Matamoros, Coahuila, Mexico*

Fecha de siembra	Cultivar					
	Hyola 401	IMC 205	Aztecan	Canomex	Canorte	Ortegón
Rendimiento de MS (kg ha^{-1})						
2 sept	5134 c A †	4884 c AB	4606 d AB	4557 b B	4904 b AB	4485 c B
19 sept	5654 c B	6703 b A	5317 c BC	5055 b C	5237 b BC	5247 b BC
4 oct	6964 b B	8599 a A	6628 a B	5941 a C	6423 a BC	6954 a B
19 oct	7922 a A	8222 a A	5913 b C	6285 a C	6358 a C	6965 a B
Rendimiento de PB (kg ha^{-1})						
2 sept	820 c A	757 c A	812 b A	774 c A	792 c A	712 d A
19 sept	1063 ab B	1224 ab A	993 a BC	915 b C	914 bc C	878 c C
4 oct	992 b BC	1154 b A	1032 a ABC	965 b C	981 b BC	1099 b AB
19 oct	1176 a BC	1308 a A	958 a D	1138 a C	1122 a C	1275 a AB
Rendimiento de EN_L (MJ ha^{-1})						
2 sept	30478 c A	26761 c AB	27109 c AB	27463 b AB	27090 c AB	25379 c B
19 sept	33399 bc B	38541 b A	32047 b B	29941 ab B	30367 bc B	30383 b B
4 oct	37110 ab BC	45281 a A	36890 a BC	33388 a C	35707 a BC	38618 a B
19 oct	41847 a A	42988 ab A	28399 bc D	33350 a BC	32151 ab CD	37287 a B

† Medias seguidas con distinta letra son significativamente diferentes ($P \leq 0,05$); letras minúsculas, son para comparación entre fechas de siembra en cada columna, y las mayúsculas para comparación entre cultivares en cada fila.

Tabla 5. Rendimiento de materia seca (MS), proteína bruta (PB) y energía neta de lactación (EN_L) de seis cultivares de canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) sembrados en cuatro fechas durante el ciclo 2014-2015 en Matamoros, Coahuila, México
*Table 5. Yield of dry matter (DM), crude protein (CP) and net energy for lactation (NE_L) of six cultivars of canola (*Brassica napus *L. var.* oleifera*) sowed in four dates during 2014-2015 season at Matamoros, Coahuila, Mexico*

Fecha de siembra	Cultivar					
	Hyola 401	IMC 205	Aztecan	Canomex	Canorte	Ortegón
Rendimiento de MS (kg ha^{-1})						
2 sept	5163 bc A †	5584 a A	4489 b B	3933 b C	4313 b BC	4670 b B
19 sept	4805 c B	5618 a A	5214 a AB	4833 a B	4760 b B	5490 a A
4 oct	5647 ab A	6015 a A	4486 b B	4623 a B	4851 b B	5590 a A
19 oct	5803 a AB	6036 a A	5416 a BC	5048 a C	5476 a BC	5476 a BC
Rendimiento de PB (kg ha^{-1})						
2 sept	843 b AB	870 c A	768 b ABC	719 a BC	651 c C	844 b AB
19 sept	897 b AB	927 bc A	923 a A	867 a AB	756 bc B	962 ab A
4 oct	945 b A	1081 a A	746 b BC	736 a C	879 b BC	890 ab B
19 oct	1101 a A	1028 ab A	981 a AB	831 a B	1040 a A	1022 a A
Rendimiento de EN_L (MJ ha^{-1})						
2 sept	33077 ab A	33375 b A	25745 b BC	24101 b C	24959 c BC	28006 b B
19 sept	29658 b C	34045 b A	33057 a AB	29996 a BC	28514 bc C	33696 a A
4 oct	34457 a B	38209 a A	25529 b E	28351 a DE	29498 ab CD	32037 a BC
19 oct	34927 a AB	36422 ab A	31183 a C	30172 a C	32920 a BC	32621 a BC

† Medias seguidas con distinta letra son significativamente diferentes ($P \leq 0,05$); letras minúsculas, son para comparación entre fechas de siembra en cada columna, y las mayúsculas para comparación entre cultivares en cada fila.

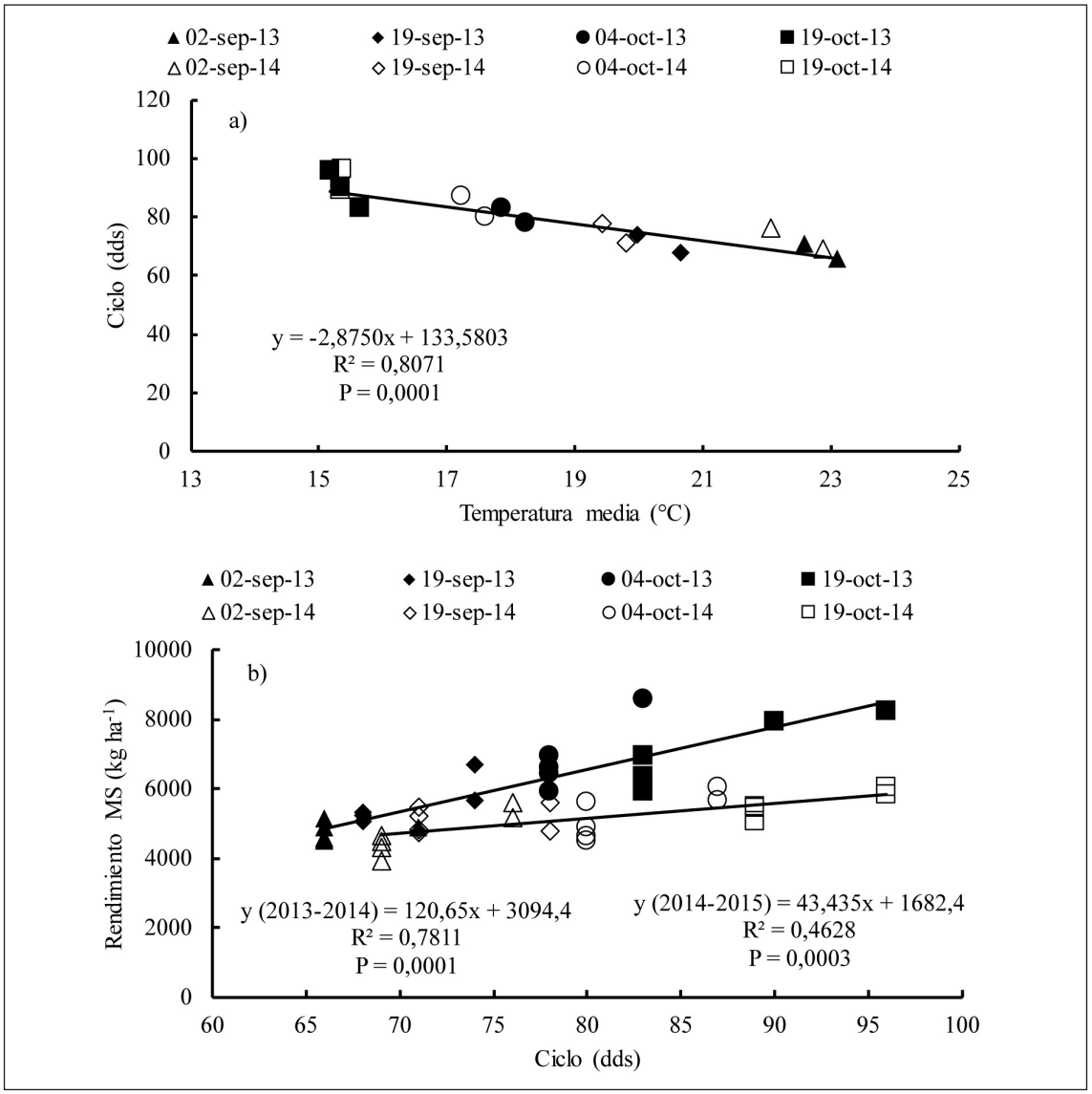


Figura 1. Relación entre la temperatura media y el ciclo de crecimiento (a), y entre el ciclo de crecimiento y el rendimiento de materia seca (MS) (b) de seis cultivares de canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) sembrados en cuatro fechas durante dos ciclos en Matamoros, Coahuila, México.

13: 2013; 14: 2014; dds: días después de la siembra; P: probabilidad de que la pendiente de la recta de regresión sea significativamente diferente de cero.

*Figure 1. Relationship between mean temperature with growing cycle (a), and between growing cycle with dry matter (DM) yield (b) of six cultivars of canola (*Brassica napus *L. var.* oleifera*) sowed in four dates during two seasons at Matamoros, Coahuila, Mexico.*

13: 2013; 14: 2014; dds: days after sowing; P: probability that linear regression slope is significantly different from zero.

ríodo de crecimiento (Figuras 2a y 2b), las cuales fueron más cercanas a las temperaturas óptimas alrededor de 20,0 °C reportadas para canola (Khachatourians *et al*., 2001; Robertson *et al*., 2002). Probablemente también el ciclo de crecimiento más largo en estas fechas tardías se relacionó al fotoperiodo menor a 12,0 horas al inicio del ciclo (11,48-11,83 horas), el cual es menor al crítico requerido para la diferenciación floral (Robertson *et al*., 2002).

Dado que las temperaturas máximas durante el ciclo de crecimiento del cultivo fueron similares en los dos ciclos de evaluación (Figura 2b), la variación en rendimiento de MS entre años se relacionó a la menor temperatura mínima en el segundo ciclo (2014-2015), principalmente en las tres primeras fechas de siembra (Figura 2a). Esta disminución de la temperatura mínima redujo el nivel de rendimiento de MS en todos los genotipos evaluados (3933-6036 kg ha^{-1}) respecto al observado en el primer ciclo de evaluación (4485-8599 kg ha^{-1}) (Tablas 4 y 5).

Composición química del forraje

Se observó una interacción cultivar x fecha de siembra ($P \leq 0,05$) para el contenido de PB en los dos ciclos de evaluación. En las concentraciones de FND, FAD y EN_L sólo se registró diferencia significativa en efectos principales. En el primer ciclo (2013-2014) se observó diferencia solamente para fecha de siembra; mientras que en el segundo ciclo se encontraron diferencias para cultivares en FND, FAD y EN_L, y para FND por efecto de la fecha de siembra ($P \leq 0,05$) (Tabla 3).

En el ciclo 2013-2014 el contenido de PB fluctuó de 134,3 a 188,2 g kg^{-1} (Tabla 6), presentando una variación significativa entre cultivares y fechas de siembra, con incrementos en las siembras del 19 de septiembre y 19 de octubre, y una disminución importante en la mayoría de los cultivares en la fecha de siembra del 4 de octubre. Entre las fechas de siembra del 2 y 19 de septiembre, la concentración de PB se incrementó ($P \leq 0,05$) en los cultivares Hyola 401 e IMC 205; mientras que en el resto de cultivares no ocurrió un cambio significativo ($P < 0,05$). Posteriormente, en la siembra del 4 de octubre, el contenido de PB se redujo en todos los cultivares ($P \leq 0,05$) con excepción de Ortegón, que mantuvo su valor de PB similar ($P < 0,05$) al observado el 19 de septiembre. El incremento del contenido de PB registrado el 19 de octubre ($P \leq 0,05$), ocurrió principalmente en los cultivares Ortegón, Canomex y Canorte, los cuales obtuvieron las mayores concentraciones.

Las menores concentraciones ($P \leq 0,05$) de PB ocurrieron en la fecha del 4 de octubre, principalmente en IMC 205 y Hyola 401 (134,3 a 142,3 g kg^{-1}), además de Hyola 401 en la siembra del 19 de octubre (Tabla 6); en ambas fechas, tanto IMC 205 como Hyola 401 obtuvieron los mayores rendimientos de MS ($P \leq 0,05$) (Tabla 4). La mayor concentración de PB ($P \leq 0,05$) registrada en estos dos cultivares en la siembra del 19 de septiembre, con un menor rendimiento de MS ($P \leq 0,05$), sugiere que el incremento del rendimiento de MS en las dos últimas fechas de siembra propició una dilución en la concentración de N, como también ha sido observado en otros estudios con especies como ryegrass y zacates de verano (Marino *et al*., 2004; Santiago *et al*., 2012).

En el ciclo 2014-2015, los contenidos de PB fluctuaron de 150,1 a 188,8 g kg^{-1}, con pocas modificaciones por efecto de fecha de siembra en cada cultivar. Los valores más bajos (150,1 a 158,1 g kg^{-1}) ($P \leq 0,05$) se registraron en las fechas de siembra del 2 y 19 de septiembre en Canorte, en la siembra del 2 de septiembre en IMC 205 y en la siembra del 4 de octubre en Canomex (Tabla 6). Los cultivares IMC 205 y Canorte presentaron una tendencia a incrementar sus contenidos de PB entre las fechas de siembra 2 de septiembre y 4

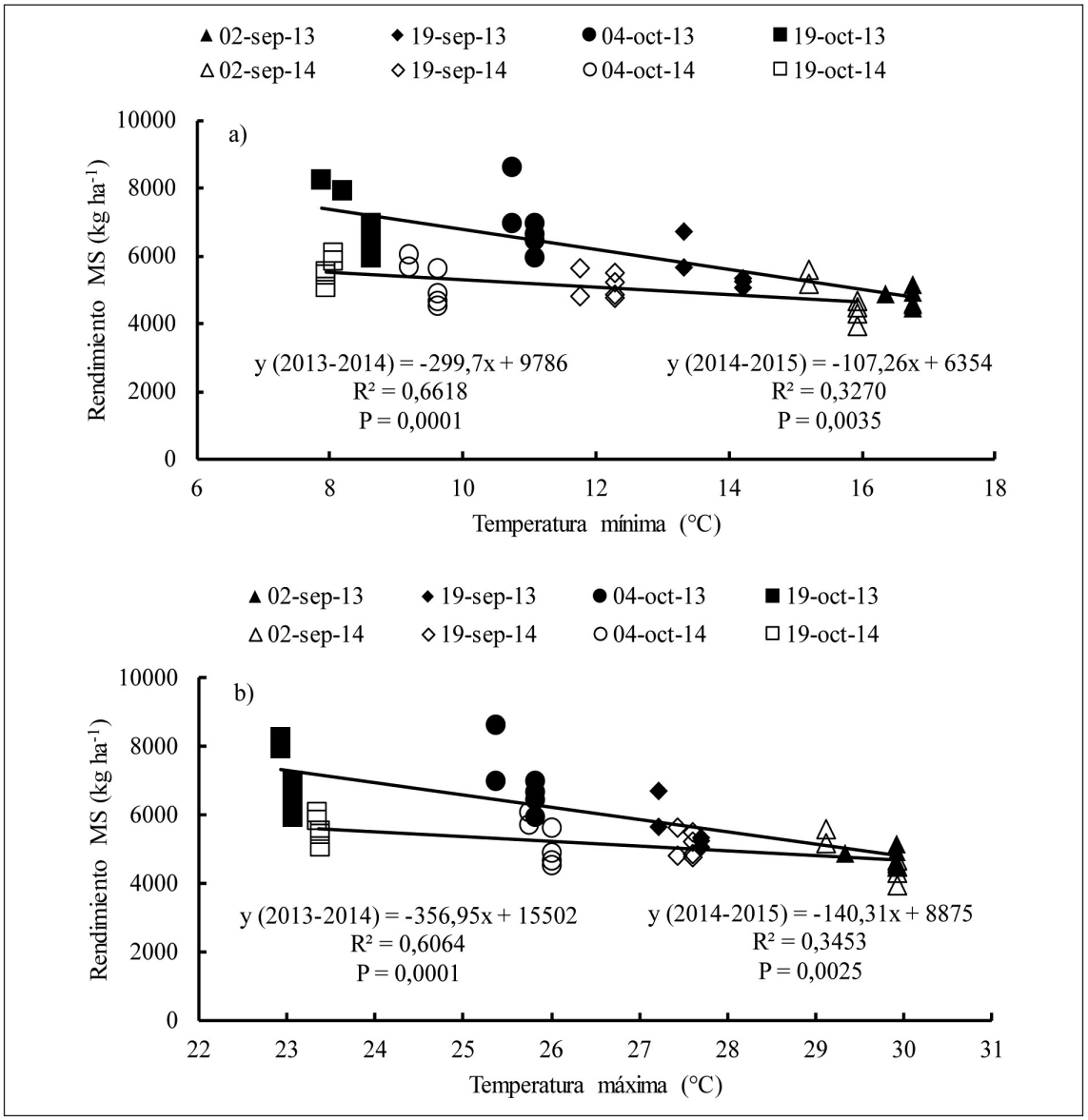


Figura 2. Relación entre la temperatura mínima (a) y máxima (b) durante el ciclo de crecimiento con el rendimiento de materia seca (MS) de seis cultivares de canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) sembrados en cuatro fechas durante dos ciclos en Matamoros, Coahuila, México.

13: 2013; 14: 2014; P: probabilidad de que la pendiente de la recta de regresión sea significativamente diferente de cero.

*Figure 2. Relationship between minimum (a) and maximum (b) temperature during growing cycle with dry matter (DM) yield of six cultivars of canola (*Brassica napus *L. var.* oleifera*) sowed in four dates during two seasons at Matamoros, Coahuila, Mexico.*

13: 2013; 14: 2014. P: probability that linear regression slope is significantly different from zero.

Tabla 6. Contenido de proteína bruta (PB) en g kg^{-1} en la materia seca de seis cultivares de canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) sembrados en cuatro fechas durante dos ciclos en Matamoros, Coahuila, México
*Table 6. Crude protein (CP) content (g kg^{-1}) in dry matter of six cultivars of canola (*Brassica napus *L. var.* oleifera*) sowed in four dates during two seasons at Matamoros, Coahuila, Mexico*

Fecha de siembra	Cultivar					
	Hyola 401	IMC 205	Aztecan	Canomex	Canorte	Ortegón
2013-2014						
2 sept	159,8 b B †	155,4 b B	176,3 ab A	169,8 ab AB	161,6 ab AB	158,7 b B
19 sept	188,2 a A	182,4 a AB	187,7 a A	181,0 a AB	174,4 a AB	167,6 ab B
4 oct	142,3 c BC	134,3 c C	155,5 c AB	162,6 b A	152,8 b AB	158,3 b A
19 oct	148,0 bc B	159,0 b B	161,6 bc B	181,6 a A	176,7 a A	183,2 a A
2014-2015						
2 sept	162,8 b AB	153,6 b B	170,9 a AB	182,8 a A	150,1 c B	179,1 ab A
19 sept	186,2 ab A	165,6 ab AB	177,2 a AB	179,1 ab AB	158,1 bc B	175,4 ab AB
4 oct	168,2 ab AB	179,7 a AB	167,2 a AB	157,2 b B	182,7 ab A	159,1 b AB
19 oct	188,8 a AB	170,9 ab AB	180,7 a AB	164,6 ab B	189,9 a A	187,2 a AB

† Medias seguidas con distinta letra son significativamente diferentes ($P \leq 0,05$); letras minúsculas, son para comparación entre fechas de siembra en cada columna, y las mayúsculas para comparación entre cultivares en cada fila.

de octubre ($P \leq 0,05$), manteniendo estos valores ($P > 0,05$) en la última fecha de siembra. Por el contrario, el cultivar Canomex redujo el contenido de PB ($P \leq 0,05$) entre las fechas 2 de septiembre y 4 de octubre, conservando un valor similar ($P \leq 0,05$) el 19 de octubre.

Las concentraciones de FAD y FND en el primer ciclo fueron mayores ($P \leq 0,05$) en la fecha de siembra del 19 de octubre, mientras que el contenido de EN_L fue menor ($P \leq 0,05$) en esa misma fecha. En las fechas de siembra del 2 y 19 de septiembre se encontraron las menores concentraciones de FND y FAD ($P \leq 0,05$) y las más altas concentraciones de EN_L ($P \leq 0,05$). El contenido de FND, FAD y EN_L fue similar ($P > 0,05$) entre cultivares (Tabla 7).

Probablemente, la mayor concentración ($P \leq 0,05$) de FAD y FND, además de un menor contenido ($P \leq 0,05$) de EN_L en la siembra del 19 de octubre (Tabla 7), se relacionó con su mayor ($P \leq 0,05$) rendimiento de MS (Tabla 4), ya que el incremento del rendimiento ante condiciones de crecimiento favorables se asocia a una mayor acumulación de MS en el tallo respecto a la hoja (Reta-Sánchez *et al*., 2016), con lo cual aumenta el contenido fibroso del forraje. Esta respuesta puede explicarse por el menor contenido de PB en el tallo (80,0 g kg^{-1}) con respecto a la hoja (260,0 g kg^{-1}); y la mayor concentración de FND en tallo (480,0 g kg^{-1}) con respecto a la hoja (208,0 g kg^{-1}) como lo reportaron Chapman *et al*. (2009).

En el segundo ciclo (2014-2015), no se observó efecto de la fecha de siembra ($P > 0,05$) en los contenidos de FAD y EN_L; mientras que en la concentración de FND sólo se registró un incremento ($P \leq 0,05$) en la fecha del 4 de octubre. En la respuesta de los cultivares evaluados, con excepción de Aztecan, que obtuvo la mayor concentración ($P \leq 0,05$) de FND y FAD, además del menor contenido ($P \leq 0,05$) de EN_L, el resto de los cultivares presentaron contenidos de FND similares ($P > 0,05$) entre sí. La menor concentración de FAD y el mayor contenido ($P \leq 0,05$) de EN_L se observó en Hyola 401 (Tabla 7).

Rendimiento de proteína bruta

Se observó interacción para cultivar x fecha de siembra ($P \leq 0,05$) en rendimiento de PB en los dos ciclos de evaluación (Tabla 3). En el ciclo 2013-2014, el menor rendimiento de PB ($P \leq 0,05$) se registró en la fecha de siembra del 2 de septiembre en todos los genotipos, entre los cuales no se encontró diferencia significativa ($P > 0,05$). En las otras tres fechas de siembra, el cultivar IMC 205 obtuvo el mayor rendimiento ($P \leq 0,05$); mientras que en las dos fechas de octubre sobresalió el cultivar Ortegón, con rendimientos de PB estadísticamente iguales ($P > 0,05$) a IMC 205. El Híbrido Hyola 401 sólo fue superior ($P \leq 0,05$) a los cultivares Canomex, Canorte y Ortegón en la fecha del 19 de septiembre, los cuales fueron los que obtuvieron el menor rendimiento de PB ($P \leq 0,05$) (Tabla 4).

El rendimiento de PB en los cultivares Canomex, Canorte y Ortegón aumentó ($P \leq 0,05$) con el retraso de la fecha de siembra del 2 de septiembre al 19 de octubre, con un mayor incremento en la acumulación de PB en el cultivar Ortegón entre las fechas de siembra del 19 de septiembre y 19 de octubre, por ello este cultivar junto con la variedad IMC 205 produjeron los mayores rendimientos de PB en las dos últimas fechas de siembra ($P \leq 0,05$). (Tabla 4). La tendencia a un mayor rendimiento de PB con el retraso de la fecha de siembra se asoció al incremento ($P \leq 0,05$) del rendimiento de MS (Tabla 4), ya que el contenido de PB no aumentó significativamente ($P > 0,05$) cuando la siembra se retrasó (Tabla 6).

En el segundo ciclo (2014-2015), los mayores rendimientos de PB ($P \leq 0,05$) se obtuvieron en las fechas de siembra de octubre (Tabla 5). En la siembra del 19 de octubre, todos los cul-

Tabla 7. Concentración de fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y energía neta de lactación (EN_L) en la materia seca de seis cultivares de canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) sembrados en cuatro fechas durante dos ciclos en Matamoros, Coahuila, México

*Table 7. Neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and net energy for lactation (NE_L) contents in dry matter of six cultivars of canola (*Brassica napus *L. var.* oleifera*) sowed in four dates during two seasons at Matamoros, Coahuila, Mexico*

Factores	2013-2014			2014-2015		
	FND (g kg^{-1})	FAD (g kg^{-1})	EN_L (MJ kg^{-1})	FND (g kg^{-1})	FAD (g kg^{-1})	EN_L (MJ kg^{-1})
Fecha de siembra						
2 sept	457 bc †	353 b	5,76 a	380 b	330 a	6,01 a
19 sept	448 c	343 b	5,87 a	375 b	317 a	6,15 a
4 oct	477 ab	378 ab	5,48 ab	409 a	329 a	6,02 a
19 oct	490 a	405 a	5,18 b	373 b	334 a	5,96 a
Cultivar						
Hyola 401	471 a	365 a	5,62 a	373 b	315 c	6,18 a
IMC 205	485 a	382 a	5,44 a	379 b	321 bc	6,11 ab
Aztecan	458 a	370 a	5,57 a	409 a	341 a	5,88 c
Canomex	453 a	356 a	5,73 a	371 b	319 bc	6,13 ab
Canorte	479 a	377 a	5,49 a	392 ab	333 ab	5,97 bc
Ortegón	461 a	368 a	5,59 a	383 b	335 ab	5,95 bc

† Medias seguidas con distinta letra en cada columna y factor son significativamente diferentes ($P \leq 0,05$).

tivares obtuvieron rendimientos de PB similares, con excepción de Canomex, el cual sólo obtuvo rendimientos estadísticamente iguales al cultivar Aztecan. En la fecha de siembra del 4 de octubre, los mayores rendimientos ($P \leq 0,05$) se obtuvieron con Hyola 401 e IMC 205, entre los cuales no se registró diferencia significativa ($P > 0,05$).

Sólo los cultivares Canorte e IMC 205 presentaron una tendencia a incrementar el rendimiento de PB con el retraso de la fecha de siembra; en el primero ocurrió un incremento ($P \leq 0,05$) entre el 2 de septiembre y el 19 de octubre, mientras que en el segundo el rendimiento se incrementó ($P \leq 0,05$) hasta la fecha del 4 de octubre, sin disminuir significativamente ($P > 0,05$) en la siembra del 19 de octubre. En el cultivar Canomex no se registró diferencia ($P > 0,05$) entre fechas de siembra, mientras que en Ortegón, el rendimiento de PB se incrementó ($P \leq 0,05$) en la fecha de siembra del 19 de septiembre, para ya no reducirse ($P > 0,05$) en las dos últimas fechas de siembra. El cultivar Aztecan obtuvo sus mayores rendimientos ($P \leq 0,05$) de PB en las fechas del 19 de septiembre y 4 de octubre. Por su parte el híbrido Hyola 401 obtuvo rendimientos de PB similares ($P > 0,05$) en las primeras tres fechas de siembra, y solamente incrementó su rendimiento ($P \leq 0,05$) en la fecha de siembra del 19 de octubre (Tabla 5). La mayor producción de PB en las siembras de octubre se relacionó con el incremento del rendimiento de MS ($P \leq 0,05$) en todos los cultivares (Tabla 5), así como también con el aumento en la concentración de PB ($P \leq 0,05$) en los cultivares Hyola 401, IMC 205 y Canorte (Tabla 6).

Rendimiento de Energía neta de lactación

En los dos ciclos de crecimiento se observó interacción significativa para cultivar x fecha de siembra en el rendimiento de EN_L ($P \leq 0,05$) (Tabla 3). En el ciclo 2013-2014, el rendimiento se incrementó al retrasar la siembra del 2 de septiembre al 4 de octubre ($P \leq 0,05$), para ya no disminuir ($P > 0,05$) en la siembra del 19 de octubre en los cultivares Hyola 401, IMC 205, Canorte y Ortegón. El mayor nivel de rendimiento de EN_L alcanzado en estos genotipos fluctuó entre 35707 y 38618 MJ ha^{-1}. En los cultivares Canomex y Aztecan, los mayores rendimientos ($P \leq 0,05$) (33388 a 36890 MJ ha^{-1}) ocurrieron el 4 de octubre, manteniendo el primero este nivel de rendimiento ($P > 0,05$) en la siembra del 19 de octubre, mientras que en el segundo el rendimiento de EN_L disminuyó ($P \leq 0,05$) (Tabla 4).

El mayor incremento en el rendimiento de EN_L registrado entre las fechas de siembra del 2 de septiembre y 4 de octubre ocurrió en IMC 205, por lo que este cultivar produjo un rendimiento de EN_L superior ($P \leq 0,05$) al resto de los cultivares evaluados en las siembras del 19 de septiembre y 4 de octubre. En las fechas de siembra del 19 de octubre, los cultivares IMC 205 y Hyola 401 obtuvieron los mayores rendimientos ($P \leq 0,05$), sin presentar diferencia significativa entre ellos ($P > 0,05$) (Tabla 4).

En el ciclo 2014-2015 se obtuvo un menor rendimiento de EN_L (24101-38209 MJ ha^{-1}) respecto al observado en 2013-2014 (25379-45281 MJ ha^{-1}). El cultivar IMC 205 obtuvo rendimientos de EN_L sobresalientes en todas las fechas de siembra, incrementando su producción entre el 2 de septiembre y 4 octubre ($P \leq 0,05$), y manteniendo este nivel de rendimiento ($P > 0,05$) (38209 MJ ha^{-1}) en la fecha de siembra del 19 de octubre. El otro cultivar sobresaliente fue el híbrido Hyola 401, el cual no modificó el rendimiento de EN_L ($P > 0,05$) al retrasar la fecha de siembra del 2 de septiembre a 19 de octubre; su rendimiento fue estadísticamente igual ($P > 0,05$) a IMC 2015 en las fechas de siembra del 2 de septiembre y 19 de octubre, pero redujo su rendimiento ($P \leq 0,05$) en la fecha del 19 de septiembre respecto a IMC 205, Ortegón y

Aztecan. En el cultivar Ortegón sólo se registró un incremento ($P \leq 0,05$) en el rendimiento de EN_L en la fecha de siembra del 19 de septiembre, manteniendo este nivel de producción ($P > 0,05$) en las siembras del 4 y 19 de octubre. Su nivel de rendimiento sólo fue sobresaliente en la fecha del 19 de septiembre (33696 MJ ha^{-1}), cuando su producción de EN_L fue estadísticamente igual ($P > 0,05$) a la obtenida por el cultivar IMC 205 (Tabla 5).

Debido a que no se observó diferencia significativa en el contenido de EN_L ($P > 0,05$) entre fechas de siembra (Tabla 7), las diferencias en rendimiento de EN_L registradas en los dos ciclos de evaluación, se relacionaron principalmente a las variaciones del rendimiento de MS ($P \leq 0,05$) por efecto de la fecha de siembra (Tablas 4 y 5).

Integración de canola en los sistemas de producción forrajeros

Las características agronómicas de canola y la composición química de su forraje hacen de esta especie una buena opción forrajera para siembras tempranas en otoño-invierno en la región. Su precocidad permite establecer un segundo cultivo en otoño-invierno o bien la liberación más temprana del terreno para las siembras de primavera, y el ahorro de un riego respecto a la avena (Reta Sánchez *et al*., 2016). Para lograr una cosecha temprana de canola en otoño-invierno (noviembre y diciembre), es necesario realizar la siembra en fechas tempranas (septiembre y octubre), cuando las temperaturas son relativamente altas (Tabla 2), y pueden llegar a afectar el desarrollo y potencial forrajero de la canola (Reta-Sánchez *et al*., 2016).

Los resultados del presente estudio indican que es posible producir forraje de canola con buen contenido de nutrientes en las cuatro fechas de siembra evaluadas (2 de septiembre a 19 de octubre). Sin embargo, la mayor temperatura ambiental, con temperaturas máximas promedio entre 27,2 y 29,3 °C (Tabla 2), y fotoperiodos (12,2 a 12,6 horas) superiores al valor crítico (12 horas) en las siembras de septiembre, acortaron el ciclo de crecimiento de la canola (Figura 1a) disminuyendo el rendimiento de MS y nutrientes ($P \leq 0,05$) (Tablas 4 y 5).

En el ciclo 2013-2014, cuando la canola mostró una mayor respuesta a la fecha de siembra, el mayor rendimiento de MS y nutrientes ($P \leq 0,05$) se obtuvo en las siembras del 4 y 19 de octubre. La reducción del rendimiento de MS en siembras de septiembre alcanzó valores de 23,6 a 43,2% en la fecha del 2 de septiembre, y de 18,0 a 28,6% en 19 de septiembre, con variaciones en la respuesta de acuerdo al cultivar (Tabla 4). La máxima reducción ocurrió en la siembra del 2 de septiembre, cuando el rendimiento de MS y nutrientes disminuyó ($P \leq 0,05$) en todos los cultivares. En la fecha de siembra del 19 de septiembre, el rendimiento de MS fue menor ($P \leq 0,05$) al obtenido en octubre, sin embargo, los rendimientos de PB y EN_L fueron similares ($P > 0,05$) a los obtenidos en octubre, debido a un mayor ($P \leq 0,05$) o similar ($P > 0,05$) contenido de estos nutrientes en el forraje (Tablas 6 y 7).

En las siembras de octubre los cultivares sobresalientes en rendimiento de MS y nutrientes ($P \leq 0,05$) fueron IMC 205 y Hyola 401 con un mayor ciclo de crecimiento (71 a 96 días); mientras que en la siembra del 19 de septiembre, IMC 205 fue superior ($P \leq 0,05$) al resto de los cultivares. De los cultivares precoces (66 a 83 días), Ortegón registró rendimientos de MS y nutrientes ligeramente menores ($P \leq 0,05$) o similares ($P > 0,05$) a IMC 205 y Hyola 401 en las siembras de octubre (Tabla 4).

Conclusiones

Los resultados de este estudio indican que la fecha de siembra afecta significativamente el ciclo de crecimiento, la composición química y los rendimientos de MS y nutrientes de canola

para forraje, con variaciones en la respuesta entre cultivares. Se observó que el retraso en la fecha de siembra del 2 de septiembre al 19 de octubre modifica la composición química del forraje de canola e incrementa los rendimientos de MS, PB y EN_L principalmente en los cultivares IMC 205, Hyola 401 y Ortegón. Esto ocurre debido a que se alarga el ciclo de crecimiento de la canola por efecto de la disminución en la temperatura y el fotoperiodo. Por lo tanto, es posible obtener un buen rendimiento y calidad nutritiva del forraje de canola en siembras tempranas, con la ventaja de tener un mayor potencial de producción de nutrientes cuando la siembra se realiza entre el 19 de septiembre y el 19 de octubre.

Agradecimientos

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias por el financiamiento de este estudio. A la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, México por las facilidades otorgadas para la determinación de la composición química del forraje.

Bibliografía

Bremner JM (1996). Nitrogen-total. En: Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods. (Ed. Sparks DL), pp. 1085-1121. SSSA Book Series 5. Soil Science Society of America, Madison, WI. EEUU.

Brennan RF, Bolland MDA (2001). Comparing fertilizer phosphorus requirements of canola, lupin, and wheat. Journal of Plant Nutrition 24: 1885-1900.

Chapman G, Bork E, Donkor N, Hudson R (2009). Yields, quality and suitability of four annual forages for deer pasture in North Central Alberta. The Open Agriculture Journal 3: 26-31.

Cruz Chairez JJ, Núñez Hernández G, Faz Contreras R, Reta Sánchez DG, Serrato Medina HA (2012). Potencial forrajero y eficiencia de uso del agua de canola (*Brassica napus* L.) en comparación con cultivos tradicionales en el ciclo de invierno. Agrofaz 12: 125-130.

Fiebelkorn D, Rahman M (2016). Development of a protocol for frost-tolerance evaluation in rapeseed/canola (*Brassica napus* L.). The Crop Journal 4: 147-152.

Gholamhoseini M, AghaAlikhani M, Dolatabadian A, Khodaei-Joghan A, Zakikhani H (2012). Decreasing nitrogen leaching and increasing canola forage yield in a sandy soil by application of natural zeolite. Agronomy Journal 104: 1467-1475.

Harper FR, Berkenkamp B (1975). Revised growth-stage key for *Brassica campestris* and *B. napus*. Canadian Journal of Plant Science 55: 657-658.

Kincaid RL, Johnson KA, Michal JJ, Huisman AC, Hulbert SH, Pan WL (2012). Case study: production of silage containing biennial canola and peas for use as forage in a dairy ration. The Professional Animal Scientist 28: 120-124.

Khachatourians GG, Sumner AK, Phillips PWB (2001). An introduction to the history of canola and the scientific basis for innovation. En: The biotechnology revolution in global agriculture: innovation, invention and investment in the canola sector, Chap 3 (Eds. Phillips PWB y Khachatourians GG), pp. 33-47. CABI Publishing. Biotechnology in Agricultural Series, Wallingford, UK.

Marino MA, Mazzanti A, Assuero SG, Gastal F, Echevarría H.E, Andrade F (2004). Nitrogen dilution curves and nitrogen use efficiency during Winter-spring growth of annual ryegrass. Agronomy Journal 96: 601-607.

NRC (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th. Ed. National Research Council. National Academy Press, Washington, D.C. EEUU. 408 pp.

Purty RS, Kumar G, Singla-Pareek SL, Pareek A (2008). Towards salinity tolerance in *Brassica*: an overview. Physiology and Molecular Biology of Plants 14: 39-49.

Reta Sánchez DG, Figueroa Viramontes U, Serrato Corona JS, Quiroga Garza HM, Gaytán Mascorro A, Cueto Wong JA (2015). Potencial forra-

jero y productividad del agua en patrones de cultivos alternativos. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 6: 153-170.

Reta Sánchez DG, Serrato Corona JS, Gaytán Mascorro A, Quiroga Garza HM, Frausto López F, Ordaz Vargas S, Godoy Hernández J (2016). Validación de patrones de cultivo forrajeros alternativos con menor estrés por altas temperaturas en la Comarca Lagunera. Agrofaz 16: 65-75.

Reta-Sánchez DG, Serrato-Corona JS, Quiroga-Garza HM, Gaytán-Mascorro A, Figueroa-Viramontes U (2016). Forage yield and chemical composition of canola (*Brassica napus* L.) as affected by sowing methods. Grass and Forage Science 71: 281-290.

Robertson MJ, Asseng S, Kirkegaard JA, Wratten N, Holland JF, Watkinson AR, Potter TD, Burton W, Walton GH, Moot DJ, Farre I (2002). Environmental and genotypic control of time to flowering in canola and Indian mustard. Australian Journal of Agricultural Research 53: 793-809.

Sánchez Duarte JI, Reta Sánchez DG, Ochoa Martínez E, Serrato Corona JS (2011). Ensilado de canola, una nueva alternativa forrajera en la alimentación del ganado lechero: primeras pruebas de ensilaje realizadas en la Comarca Lagunera. Hoard's Dairyman en Español 201: 582-584.

Santamaría César J, Reta Sánchez DG, Chávez González JFJ, Cueto Wong JA, Romero Paredes Rubio JI (2006). Caracterización del medio físico en relación a cultivos forrajeros alternativos para la Comarca Lagunera, Libro Técnico Núm. 2. Ed. INIFAP-CIRNOC-CELALA, Torreón, Coahuila, México. 240 pp.

Santamaría César J, Reta Sánchez DG, Faz Contreras R, Orona Castillo I (2008). Reducción del rendimiento potencial en maíz forrajero en calendarios con tres y cuatro riegos. Terra Latinoamericana 26: 235-241.

Santiago R, Costa A, Lemaire G, Borges R, De Saibro JC, Nabinger C, Villamil F, Justin I (2012). Forage yield and nitrogen nutrition dynamics of warm-season native forage genotypes under two shading levels and in full sunlight. Revista Brasileira de Zootecnia 41: 1589-1597.

SAS Institute (2011). The SAS System for Windows, Release 9.3. Statistical Analysis Systems Inst., Cary, NC.

Sincik M, Bilgili U, Uzun A, Acikgoz E (2007). Harvest stage effects on forage yield and quality for rape and turnip genotypes. Short communication. Spanish Journal of Agricultural Research 5: 510-516.

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

(Aceptado para publicación el 30 de mayo de 2018)

Tolerancia a diferentes factores antinutritivos en lechones alimentados con guisantes de invierno (*Pisum sativum*) y alberjón (*Vicia narbonensis*) en la fase estárter

E. Gómez-Izquierdo[1,*], E. de Mercado[1], J. Gómez-Fernández[1], C. Tomás[1], E. Guillamón[2], A. Varela[3], M. Muzquiz[3], M.M. Pedrosa[3], P. López-Nuez[4] y M.A. Latorre[5]

[1] Centro de Pruebas de Porcino del Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León. Consejería de Agricultura y Ganadería. Ctra. Riaza a Toro s/n, Hontalbilla, 40353, Segovia, España
[2] Centro para la Calidad de los Alimentos, INIA, Campus Universitario Duques de Soria, 42004, Soria, España
[3] Departamento de Tecnología de los Alimentos, INIA, Ctra. A Coruña km 7,5, 28040, Madrid, España
[4] Copiso Soria Sociedad Cooperativa, Av. de Valladolid 105, 42005, Soria, España
[5] Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza, Avda. Miguel Servet, 177, 50013, Zaragoza, España

Resumen

Se realizaron dos ensayos para evaluar el efecto de dietas con diferentes niveles de factores antinutritivos: inhibidores de tripsina y quimotripsina (UTI, UQI respectivamente, como unidades) de guisantes de invierno y γGlutamyl-S-Ethenyl-Cysteine de alberjón, en el rendimiento de lechones durante el periodo estárter. En cada uno se utilizaron 192 machos castrados, híbridos Duroc x (Large-White x Landrace), con 11,23 y 11,55 kg de peso medio respectivamente, e igual diseño: cuatro tratamientos y ocho réplicas cada una de seis lechones. Los tratamientos del Ensayo 1 fueron: Control: harina de soja 47 y soja extrusionada (0,97 UTI-1,94 UQI/mg de pienso); P-CAR: soja extrusionada y guisante Cartouche (1,62 UTI-3,16 UQI/mg de pienso); P-ICE: soja extrusionada y guisante Iceberg (3,09 UTI-4,95 UQI/mg de pienso); P-LUN: soja extrusionada y guisante Luna (3,19 UTI-5,56 UQI/mg de pienso). Los lechones del tratamiento P-CAR crecieron significativamente más que el resto, con igual consumo y conversión. No hubo diferencias entre Control, P-ICE y P-LUN. El pienso del Ensayo 2 incluía diferentes niveles de alberjón: 0%, 5%, 15% y 25%, y en consecuencia de γGlutamyl-S-Ethenyl-Cysteine (1,52% del grano). Los lechones del tratamiento 5% comieron y crecieron más, con igual conversión que los del tratamiento 0%. El rendimiento empeoró con porcentajes del 15% o mayores. Se concluye que lechones de 40 a 61 días de vida mantienen o mejoran el rendimiento con la ingesta de inhibidores de proteasas que exceden 3,28 y 2,86 veces, UTI y UQI respectivamente, los de una dieta de soja, y que la inclusión de 5% de alberjón en el pienso aumenta el consumo y el crecimiento.

Palabras clave: Proteaginosas, factores bioactivos, alimentación de lechones.

Abstract

Tolerance to various anti-nutritional factors in young pigs fed on winter peas (*Pisum sativum*) and narbon vetch (*Vicia narbonensis*) in the starter phase

Two trials were conducted to evaluate the effect of diets with different levels of anti-nutritional factors: trypsin (TIU) and chymotrypsin (CIU) inhibitors units of peas and γGlutamyl-S-Ethenyl-Cysteine (GEC) of nar-

* Autor para correspondencia: gomizqem@itacyl.es

https://doi.org/10.12706/itea.2018.015

bon vetch, in productive performance of pigs from 40 to 61 days of age. 192 barrows were used in each test, Duroc hybrid x (Large White x Landrace), with 11.23 and 11.55 kg body weight respectively, and the same experimental design: four treatments and eight replicates with six piglets in each case. In trial 1 treatments were: Control: soybean meal 47 and soybean extruded (0.97 TIU-1.94 CIU/mg feed); P-CAR: soybean extruded and pea Cartouche (1.62 TIU-3.16 CIU/mg feed); P-ICE: soybean extruded and pea Iceberg (3.09 TIU-4.95 CIU/mg feed); P-LUN: soybean extruded and pea Luna (3.19 TIU-5.56 CIU/mg feed). The piglets of P-CAR treatment grew significantly faster than the others, with the same intake and feed conversion. No significant differences between Control, P-ICE and P-LUN. In trial 2 the feedstuff had different levels of narbon vetch: 0%, 5%, 15% and 25%, and consequently of γGlutamyl-S-Ethenyl-Cysteine (1.52% of the grain). The piglets that consumed the treatment of 5% had higher intake and growth, and the same conversion that piglets feeding with the treatment of 0%. The performance worsened significantly with increasing 15%. We conclude that piglets in starter period maintain or improve the performance with intake of proteases inhibitors in feedstuff that exceed 3.28 (TIU) and 2.86 (CIU) times those of a control diet, and that the inclusion of 5% of narbon vetch in feedstuff increases feed intake and growth.

Keywords: Protein crops, biologically active factors, piglets feeding.

Introducción

Los factores antinutritivos (FAN) de las legumbres son el principal factor limitante para su inclusión en altos porcentajes en piensos de cerdos. Los guisantes (*Pisum sativum*) con un perfil de nutrientes de gran interés, sobre todo por el contenido de proteína (PB), contienen taninos, saponinas, glucósidos, oligosacáridos, lectinas, fitatos, inhibidores de amilasas e inhibidores de proteasas (IP) (Muzquiz, 2012). De todos ellos, los IP son los más problemáticos y pueden afectar al valor nutricional de los piensos. De hecho se han asociado con un empeoramiento de la actividad de enzimas proteolíticas causando una reducción en la digestibilidad proteica (Price *et al*., 1985; Guillamón *et al*., 2012). El resultado es un rendimiento menor, más acusado en animales jóvenes (Bengala-Freire *et al*., 1989; Mateos *et al*., 2008).

Los IP pueden ser inhibidores de tripsina (IT) o de quimotripsina (IQ) (UTI, UQI respectivamente, como unidades). El rango de contenido de IT en los guisantes es amplio, de 0,8 a 17,7 UTI/mg materia seca, dependiendo de las variedades y de las técnicas de cultivo (Grosjean *et al*., 2000). Generalmente, en los guisantes la cantidad de IQ es mayor que la de IT, aunque estos últimos son los que se utilizan como marcadores de la actividad inhibidora (Griffiths, 1984). Algunos tratamientos térmicos, como la extrusión (extrusión en húmedo) inactivan los IP y aumentan la biodisponibilidad de las proteínas (Adamidou *et al*., 2011), pero son caros y pueden afectar negativamente la digestibilidad de la lisina debido a la alta temperatura utilizada (Crevieu-Gabriel, 1999). Además de la variedad y las condiciones de crecimiento, debería tenerse en cuenta que las técnicas de labranza (siembra directa o de dos fases) pueden implicar reducciones del 27 a 44% de inhibidores de tripsina sin cambiar los nutrientes, hecho importante en el caso de las proteínas (Pisulewska y Pisulewski, 2000; González-García, 2001). Los alberjones (*Vicia narbonensis*) (ALB) son originarios de la cuenca mediterránea. Es un cultivo muy resistente a condiciones desfavorables del clima y suelo, así como a las patologías y plagas más comunes de las legumbres (Arias *et al*., 2004). Estas características, junto con su considerable rendimiento, que puede superar los 4.000 kg/ha, y su alta capacidad de mejora genética, hace de ellos una leguminosa de gran interés (García *et al*., 2006). Su composición nutricional, con una elevada proporción de PB y amino-

ácidos (AA) azufrados, no se corresponde con las posibilidades prácticas de inclusión en piensos debido a la presencia del dipéptido γGlutamyl-S-Etenyl-Cysteine (GEC), el principal FAN de esta leguminosa, que es resistente al calor y a la presión, aunque sensible a soluciones ácidas o básicas (Enneking 1995a; Enneking *et al*., 1998; Arias *et al*., 2004). La limitada información disponible sugiere que, dependiendo de la variedad de ALB, el GEC varía de 0,4 a 3,77% de la semilla (Castleman, 2000) y causa una disminución significativa en el consumo de alimento al transmitir un sabor azufrado a la dieta que empeora su palatabilidad (Enneking, 1995b).

Sin embargo, el contenido de GEC, al igual que el resto de FAN, es necesario para la defensa de las plantas y su adaptación al medio. Proporciona un sabor desagradable a los roedores, aves, conejos, etc. y su eliminación haría a las plantas más sensibles a las plagas, aumentando el tratamiento con fitosanitarios de los cultivos y, por lo tanto, encareciendo los piensos y contaminando el medio ambiente (Tate y Enneking, 2006).

Para estudiar el efecto productivo de los FAN de ambas leguminosas se realizaron dos ensayos con lechones durante el período de estárter (40 a 61 días de edad). En el Ensayo 1 se valoró la repercusión sobre el rendimiento del nivel de IP (IT, IQ) en cuatro dietas: dieta Control con harina de soja y soja extrusionada (SE) y tres dietas con diferentes variedades de guisantes de invierno, guisante Cartouche (CAR), guisante Iceberg (ICE) y guisante Luna (LUN), que aumentaron los niveles de IP, aunque no sustituyeron completamente a la soja. Se tuvo en cuenta que las variaciones en la composición del almidón (relación amilosa/amilopectina) no suponen una variación significativa en producción, como indican Doti *et al*. (2014).

En el Ensayo 2 se estudió, igualmente, el efecto sobre el rendimiento productivo de distintos porcentajes de ALB en cuatro dietas: Control con 0%, 5%, 15% y 25%.

Material y métodos

Animales e instalaciones experimentales

Todos los procedimientos empleados en el ensayo cumplieron la normativa sobre protección de los animales utilizados para experimentación y otros fines científicos reflejada en el Boletín Oficial del Estado (BOE, 2013).

Se emplearon 384 lechones, 192 en cada ensayo, de 40 días de edad, híbridos Duroc x (Landrace x Large white), machos (castrados a los 5 ± 3 días de edad), procedentes de una granja comercial situada en San Pedro Manrique (Soria, España). Ambos ensayos se desarrollaron en la fase estárter y duraron 21 días. Al comienzo de los mismos, todos los cerdos fueron identificados y pesados individualmente, asignándose a los diferentes tratamientos experimentales en función del peso inicial: Ensayo 1: 11,23 ± 1,12 kg; Ensayo 2: 11,55 ± 0,84 kg. Los dos ensayos se llevaron a cabo en las instalaciones de transición del Centro de Pruebas de Porcino del Instituto Tecnológico Agrario (ITACyL, Consejería de Agricultura y Ganadería de la Junta de Castilla y León), localizado en Hontalbilla (Segovia, España).

Los lechones se alojaron en cuatro salas de ocho departamentos, con 6 cerdos en cada uno (dos departamentos de cada tratamientos por sala; 100% rejilla; 0,68 m^2/cerdo). Cada departamento dispuso de un comedero con seis bocas y un bebedero de cazoleta. La temperatura ambiental se redujo de 27 ± 2ºC a 22,5 ± 2ºC (–1,5ºC/semana) de acuerdo a las necesidades de los lechones.

Dietas experimentales

Los piensos fueron fabricados en COPISO Soria Sociedad Cooperativa (Soria), y se formularon de acuerdo con las tablas de FEDNA (2010) para cumplir o exceder los requerimientos nutricionales en cerdos de esa edad (FEDNA, 2013). Se administraron *ad libitum* en forma de gránulo de 2,5 mm. La composición química analizada de los guisantes y ALB utilizados se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición química de las fuentes proteicas empleadas en el experimento: harina de soja, soja extrusionada, guisantes (Cartouche, Iceberg y Luna) y alberjón (en % de materia fresca a no ser que ser indique lo contrario)
Table 1. Chemical composition of protein sources used in the trial: soybean meal, soybean extruded, peas (Cartouche, Iceberg and Luna) and narbon vecht (%, as-fed basis unless otherwise indicated)

	HS[1]	SE[2]	Cartouche	Iceberg	Luna	Alberjón
Nutrientes						
Materia seca	88,00	89,90	89,95	90,45	90,01	88,40
Proteína bruta	47,00	36,80	21,10	23,20	23,30	26,48
Lisina	2,88	2,25	1,48	1,62	1,63	1,77
Metionina + Cistina	1,38	1,07	0,51	0,56	0,56	0,74
Treonina	1,85	1,46	0,80	0,88	0,89	0,97
Triptófano	0,63	0,49	0,19	0,21	0,21	0,22
Isoleucina	2,13	1,67	0,97	0,89	0,99	1,06
Leucina			1,55	1,44	1,50	1,66
Valina	2,27	1,77	1,20	0,96	1,19	1,12
Fibra bruta	4,10	6,10	5,20	5,70	6,36	8,20
Grasa bruta	1,90	19,20	1,48	1,15	1,15	1,55
Cenizas	6,20	4,80	2,47	2,74	2,48	3,49
Almidón	0,50		43,36	40,88	43,56	32,25
Amilosa[3]			35,17	34,46	36,36	25,6
Amilopectina[3]			64,83	65,54	63,64	74,4
Factores antinutricionales						
UTI[4]	0,61	2,36	9,87	5,75	12,55	
UQI[5]	3,56	4,65	10,16	8,62	15,75	
AITP[6]			46,78	24,78	53,86	
GEC[7]						1,52
Inositol fosfatos mg/g	15,54	10,22	6,43	6,43	4,46	5,84
Compuestos fenólicos mg/g	13,59	10,57	2,02	4,19	2,85	3,83
α-galactósidos[8] mg/g	57,53	47,23	59,29	59,55	71,99	48,51
Lectinas (HU)[9]	0,16	0,08	0,24	0,32	0,63	nd

[1]Harina de soja (nutrientes según FEDNA, 2010). [2]Soja extrusionada (nutrientes según FEDNA, 2010). [3]Según % de almidón. [4]Unidades de tripsina inhibida/mg. [5]Unidades de quimotripsina inhibida/mg. [6]Actividad inhibidora de tripsina por unidad de proteína bruta (100/PB%*UTI). [7]γGlutamyl-S-Ethenyl-Cysteine. [8]Rafinosa, Estaquiosa, Ciceritol, Verbascosa. [9] Unidades de hemoaglutinación (nd: no detectado).

En el Ensayo 1 se testaron 4 tratamientos experimentales, que se correspondían con tres dietas con diferentes variedades de guisantes de invierno: P-CAR, guisante Cartouche; P-ICE, guisante Iceberg; P-LUN, guisante luna, y una dieta Control que contenía harina de soja y soja extrusionada como fuentes de proteínas principales (Tabla 2). El nivel de inclusión de guisantes dependió del contenido de IP de cada variedad, de modo que la cantidad de inhibidores se duplicó o triplicó en relación con la presente en la dieta Control. Dicho nivel se estableció de acuerdo con la actividad inhibidora de tripsina por unidad de proteína bruta (AITP = 100/PB%*UTI) (Tabla 1), factor que tienen en cuenta las ecuaciones de predicción de Grosjean *et al*. (2000). De esta manera se determinó la digestibilidad ileal estandarizada de la PB (–0,1975 · AITP + 84,72), Lisina (–0,1617 · AITP + 87,84), Metionina (–0,2630 · AITP + 86,46), Cistina (–0,2029 · AITP + 78,55), Treonina (–0,2171 · AITP + 82,61) y Triptófano (–0,3536 · AITP + 80,44), y se facilitó la formulación de los piensos con guisantes. A pesar de ello, el nivel de IT y de IQ fue más alto en las dietas que contenían guisante que en la dieta control, especialmente en aquellas que incluían guisante Iceberg y Luna.

En el caso del Ensayo 2, hubo, igualmente, cuatro tratamientos pero con porcentajes crecientes del mismo ALB: 0% (dieta control), 5%, 15% y 25%; en consecuencia también se incrementó la cantidad de GEC. Se analizaron previamente tres variedades de ALB (ZV-220, ZV-274 e IC-2470) y finalmente se utilizó la que tenía menor contenido de GEC (1,52% *vs.* 1,61% *vs.* 1,65%, respectivamente) y que, por este motivo, se podría introducir en mayor porcentaje en el pienso. La harina de soja se redujo de forma proporcional (Tabla 3).

Controles productivos

En ambos ensayos se registró el peso individual al inicio (P0) y final del periodo (P1), utilizando una báscula modelo S-4C (Sipesa, Girona, España), así como el consumo medio diario (CMD) por celda (diferencia entre pienso añadido y consumido). Esos datos se utilizaron para calcular la ganancia media diaria (GMD) y la conversión alimenticia (IC) para cada réplica. No hubo problemas sanitarios durante las pruebas.

Análisis de laboratorio

La composición química de los piensos, guisantes y ALB fue determinada en el laboratorio de I+D Agroalimentario del ITACYL (finca Zamadueñas, Valladolid), y en el Departamento de Tecnología de los Alimentos, Sección de Tecnología Vegetal, del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA, Madrid y Soria), de acuerdo con los procedimientos descritos en el Diario Oficial de la Unión Europea (2009) (Tablas 1, 2 y 3: nutrientes y análisis determinados). La concentración de AA en guisantes se estimó mediante cromatografía de intercambio iónico (Hewlett-Packard 1100, Waldbronn, Alemania) después de hidrólisis ácida, aplicando el procedimiento descrito por Jones *et al*. (1981). Para valorar las concentraciones de metionina y cistina, muestras separadas se oxidaron con ácido perfórmico antes de la hidrólisis midiéndose como sulfona metionina y ácido cisteico, respectivamente (Moore, 1963). El triptófano se analizó mediante cromatografía líquida de alta resolución con fluorescencia, después de hidrólisis alcalina (hidróxido de bario) durante 20 horas a 110ºC (Diario Oficial de la Unión Europea, 2009).

La actividad IT (UTI/mg de muestra; guisantes, soja y piensos), fue valorada con el método de Kakade *et al.* (1974) modificado por Grant *et al.* (1995) y Muzquiz *et al.* (2004). Para ello, se tomaron muestras por duplicado (0,025 g) que se molieron usando un molino (Retsch modelo Z-I, Sttutgart, Alemania) provisto de una criba de 0,5 mm, para posteriormente ser ex-

Tabla 2. Ingredientes y composición de los piensos del ensayo 1: CON (Control), P-CAR (Cartouche), P-ICE (Iceberg), P-LUN (Luna) (en % de materia fresca a no ser que se indique lo contrario)
Table 2. Ingredients and chemical composition of diets in trial 1: CON (Control), P-CAR (Cartouche), P-ICE (Iceberg), P-LUN (Luna) (%, as-fed basis unless otherwise indicated)

	CON	P-CAR	P-ICE	P-LUN
Ingredientes				
Guisante Cartouche		30,9		
Guisante Iceberg			54,1	
Guisante Luna				22,9
Cebada	43,5	21	13	27,3
Trigo	25	20	20	20
Harina de soja 47	16,2			
Soja extrusionada	5	17,8	3	19,5
Concentrado y premix[1]	5	5	5	5
Grasa animal	2,4	2	2,2	2
Fosfato dicálcico	1,65	1,57	1,58	1,60
Carbonato cálcico	0,45	1,06	0,59	1,03
Cloruro sódico	0,20	0,20	0,20	0,20
L-Lisina 50%	0,49	0,26	0,12	0,31
DL-Metionina	0,05	0,10	0,16	0,10
L-Treonina	0,05	0,05	0,06	0,05
Análisis calculado				
Energía neta (kcal/kg)	2.414	2.433	2.402	2.445
Fibra bruta	4,57	4,32	4,5	4,57
Lisina	1,31	1,31	1,31	1,31
Metionina	0,40	0,41	0,43	0,4
Metionina + Cistina	0,74	0,75	0,75	0,74
Treonina	0,80	0,80	0,81	0,80
Triptófano	0,24	0,24	0,21	0,24
Análisis determinado				
Materia seca	90,5	90,0	90,5	90,2
Proteína bruta	19,1	19,1	18,9	19,1
Lisina	1,27	1,28	1,28	1,30
Extracto etéreo	5,3	6,2	4,9	6,8
Almidón	40,35	38,65	43,85	38,51
Cenizas	6,28	6,12	6,00	6,07
UTI (unidades/mg)[2]	0,97	1,62	3,09	3,19
UQI (unidades/mg)[3]	1,94	3,16	4,95	5,56

[1]Ingredientes %: concentrado de proteína de soja 62, 31; gluten de maíz 60, 30; proteína de maíz y trigo, 13; vitaminas y minerales, 8; harina de soja 47, 5; hidrolizado de proteína porcina, 5; proteína de patata, 4; aceite de soja, 0,5; aminoácidos, 3,5. Composición química %: concentrado de proteína, 4,6 (humedad, 10,16; cenizas, 11,58; proteína cruda, 70,5; grasa bruta, 5; fibra bruta, 2,61); Vitaminas y minerales, 0,4 (10.000 UI vitamina A/kg, 2.000 UI vitamina D^3/kg, 20 mg vitamina E (α-tocoferol)/kg, 125 mg/kg de Cu (sulfato de cobre), 80 mg/kg de óxido de zinc. [2]Inhibidores de tripsina. [3]Inhibidores de quimotripsina.

Tabla 3. Ingredientes y composición de los piensos experimentales del ensayo 2 (%)
Table 3. Ingredients and chemical composition of experimental diets in trial 2 (%)

	0%	5%	15%	25%
Ingredientes				
Alberjón		5	15	25
Cebada	45,91	42,98	35,94	28,21
Trigo	25	25	25	25
Harina de soja 47	12,50	10,70	8,20	6,20
Soja extrusionada	5	5	5	5
Concentrado y premix[1]	5	5	5	5
Grasa animal	3,2	3,1	3,1	3,2
Fosfato dicálcico	1,63	1,60	1,52	1,44
L-Lisina 50%	0,67	0,55	0,24	
Carbonato cálcico	0,62	0,64	0,68	0,72
Cloruro sódico	0,20	0,20	0,20	0,20
DL-Metionina	0,10	0,09	0,06	0,03
L-Treonina	0,16	0,13	0,05	
Composición calculada				
Energía neta (Kcal/kg)	2.450	2.448	2.448	2.450
Fibra bruta	3,73	4,10	4,82	5,54
Lisina	1,25	1,24	1,24	1,29
Metionina	0,40	0,40	0,39	0,38
Metionina + Cistina	0,72	0,72	0,72	0,73
Treonina	0,80	0,81	0,81	0,85
Triptófano	0,23	0,23	0,22	0,23
Análisis determinado				
Materia seca	90,0	89,8	89,7	89,7
Proteína bruta	17,9	18,1	18,0	18,32
Lisina	1,22	1,25	1,24	1,28
Grasa bruta	5,3	5,2	5,5	5,2
Almidón	38,9	39	39,1	40,2
Cenizas	6,5	5,5	5,4	5,8

[1]Ingredientes %: concentrado de proteína de soja 62, 31; gluten de maíz 60, 30; proteína de maíz y trigo, 13; vitaminas y minerales, 8; harina de soja 47, 5; hidrolizado de proteína porcina, 5; proteína de patata, 4; aceite de soja, 0,5; aminoácidos, 3,5. Composición química %: concentrado de proteína, 4,6 (humedad, 10,16; cenizas, 11,58; proteína cruda, 70,5; grasa bruta, 5; fibra bruta, 2,61); Vitaminas y minerales, 0,4 (10000 UI vitamina A/kg, 2000 UI vitamina D^3/kg, 20 mg vitamina E (α-tocoferol)/kg, 125 mg/kg de Cu (sulfato de cobre), 80 mg/kg de óxido de zinc.

traída con 1 ml de HCl 0,05 molar, mediante un agitador orbital durante una hora, a una temperatura de 5ºC. El extracto se centrifugó a 11.000 x *g* durante 4 min, y el sobrenadante se midió para el cálculo de la actividad, usando N-α-Benzoil-DL-Arginina-*p*Nitroanilida como sustrato específico. La actividad IT se calculó por lectura de absorbancia contra un blanco a 410 nm usando un espectrofotómetro ultravioleta (modelo DU-7, Beckmann Instruments Inc., Fullerton, EE. UU.).

En el caso de la actividad IQ (UQI/mg muestra) se empleó el procedimiento de Sathe y Salunkhe (1981). Las muestras se procesaron del mismo modo que para la actividad IT y con una solución tampón (100 mM Tris-HCl conteniendo 20 mM de $CaCl_2$ y pH 7,8) a 30ºC con N-Benzoil-L-Tirosina-Etil Ester como sustrato. La absorbancia se midió 7 minutos después de la adición del sustrato a 256 nm con el equipo indicado para la actividad IT.

El contenido de GEC del ALB se calculó siguiendo los procedimientos de Arias *et al.* (2004) y Sánchez-Vioque *et al*. (2011) por cromatografía líquida de alta resolución. El registro y tratamiento de los datos fueron llevados a cabo con el software 32 Karat versión 7.0 (Beckman-Coulter, Brea, CA, EE.UU.). Los extractos (20 µl) se inyectaron directamente en una columna Discovery BIO Amplia Pore C18 (25 cm x 4,6 mm, 5 micras) (Supelco, Bellefonte, PA, EE.UU.).

Se determinó la concentración de otros FAN como inositoles fosfato totales, una vez extraídos con HCl y concentrados y purificados en una columna de intercambio aniónico, mediante cromatografía líquida de alta resolución en fase inversa (Beckman System Gold, EE.UU.), usando el método de Burbano *et al.* (1995). Los compuestos fenólicos se extrajeron mediante una solución de metanol y HCl, siendo cuantificados según la capacidad de absorbancia de radicales oxígeno siguiendo el método de Dávalos *et al*., 2004. Los azúcares solubles se obtuvieron a partir de harina tratada con etanol diluido (50%); el extracto se analizó mediante cromatografía líquida (Beckman System Gold, EE.UU.) con la técnica de Muzquiz *et al.* (1992). Las lectinas se estimaron por la actividad hemoaglutinante y valoradas con extractos salinos buffer fosfato mediante un procedimiento de dilución en serie utilizando células sanguíneas de rata tratadas con tripsina. La cantidad de material (mg) que causó 50% de eritrocitos aglutinados se definió como aquella que contenía 1 unidad hemoaglutinante (HU) (Grant, 1991).

Análisis estadístico

El diseño experimental fue en bloques completos al azar, utilizándose para analizar los datos los procedimientos GLM y REG del programa estadístico SAS (2004). En ambos experimentos, cada tratamiento se repitió ocho veces (dos en cada sala), considerando la celda con seis cerdos la réplica. Los resultados se muestran en tablas como medias corregidas por mínimos cuadrados.

El modelo fue: $Y_{ij} = \mu + Dieta_i + \alpha P0 + \varepsilon_{ij}$; donde Y: variables dependientes (GMD, CMD, IC, Peso final, ingesta media diaria de IT e IQ); µ: media poblacional; Dieta: nivel dietético de IP (ensayo 1) de alberjón y GEC (ensayo 2); α: coeficiente de regresión parcial entre peso inicial y variables dependientes, P0: peso inicial (utilizado como covariable) y ε: error residual. Las medias se compararon mediante un test-*t,* siendo $P < 0,05$ clasificada como la diferencia significativa y $P < 0,10$ tendencia.

También se obtuvieron ecuaciones de regresión múltiple, Ensayo 1, que relacionaron GMD, CMD e IC con la ingesta diaria de IT, IQ y la ratio IT/IQ, y la de alberjón y GEC en el ensayo 2. Igualmente, en este último se determinaron contrastes ortogonales comparando medias productivas según presencia y porcentaje de alberjón en la dieta.

Resultados y discusión

Análisis de materias primas proteicas y dietas

La composición química de los ingredientes proteicos (harina de soja, soja extrusionada, guisantes, alberjón) y las diferentes dietas se muestra en las Tablas 1, 2 y 3. Los guisantes utilizados eran variedades de invierno y tenían un mayor contenido de PB que el reportado por FEDNA (2010) para guisante primavera (20,6%). El perfil de aminoácidos, en general, fue similar para los tres guisantes con la excepción de algunos aminoácidos específicos: CAR tuvo el nivel más bajo de lisina e ICE el de valina. Además, CAR mostró la mayor proporción de extracto etéreo y la menor de fibra bruta.

Los FAN de guisantes que se encuentran en cantidad suficiente para provocar problemas son los IP (IT, IQ; Tabla 1), y suponen el factor limitante para incluirlos en cantidades elevadas en los piensos al disminuir la digestibilidad de la proteína (Le Gall *et al*., 2007). Según la cantidad de IT, el guisante ICE se considera de baja actividad, CAR de actividad media y LUN de alta actividad (Carrouée *et al*., 1994). Existen numerosos estudios que relacionan la actividad IP exclusivamente con los inhibidores de tripsina, sin información detallada de la relación con los inhibidores de quimotripsina, aunque la cantidad de estos últimos es mayor en los tres guisantes empleados, al igual que su capacidad inhibidora (Grosjean *et al.,* 2000). Los resultados de la Tabla 2 muestran el análisis de IP en los piensos; aumentaron en relación con el pienso control, triplicando prácticamente los valores de ambos inhibidores (IT, IQ) en el pienso con LUN.

En la Tabla 1 también se observa la composición química del ALB utilizado en el Ensayo 2. El contenido de PB (26,5%) fue similar a la encontrada por Wali *et al.* (2005) (25,8%), pero ligeramente superior a la observada en otros estudios (Brand *et al.,* 2004), probablemente debido a la variedad utilizada. El valor de lisina fue intermedio (1,77%) si tenemos en cuenta que puede llegar al 2% según Hadjipanayiotou y Economides (2001). Además, los contenidos en metionina y en treonina fueron superiores a los presentados en las tres variedades de guisantes. Dichos AA son de interés para dietas de lechones según muestran las necesidades de nutrientes de FEDNA (2013). El caso de los AA azufrados, metionina + cistina, merece una consideración especial. La semilla de ALB tiene mayor contenido de azufre (0,28 a 0,37%) que otras legumbres generalmente incluidas en los piensos como el guisante (0,18%) (FEDNA, 2010), y se debe, al menos en parte, al contenido de GEC, factor antinutritivo que tiene una presencia considerable de este elemento (11,6%) (Enneking, 1995b). El azufre transmite sabores y olores desagradables al alimento, afecta a la palatabilidad y por lo tanto disminuye la ingesta de pienso (Arias-Royo *et al.*, 2006; Tate y Enneking, 2006).

El contenido de extracto etéreo del ALB fue similar al detectado en guisante CAR, por el contrario, el almidón fue más alto en todas las variedades de guisantes (Tabla 1).

Ensayo 1. Guisantes de invierno (IP)

Los ensayos con guisantes en dietas para lechones son numerosos y difieren en sus resultados, ya sea por la edad de los animales, los niveles de IP, la aplicación de tratamientos previos, o debido a su bajo nivel de inclusión en las dietas. La Tabla 4 muestra la influencia de diferentes niveles de IP en el pienso estárter sobre el rendimiento de los lechones.

Los niveles de IP (IT, IQ) tolerados, sin mermas productivas, en P-LUN, coinciden con los descritos por Batterham *et al*. (1993): 4,7 UTI, 4,5 UQI, que compararon una dieta sin guisante, con garbanzos (*Cicer arietinum*) y guandú (*Cajanus cajan*) frente a un control de soja, pero con cerdos de 20 a 50 kg de peso, sin en-

Tabla 4. Influencia del contenido en inhibidores de proteasas de las dietas: CON (Control), P-CAR (guisante Cartouche), P-ICE (guisante Iceberg), P-LUN (guisante Luna), sobre el rendimiento productivo de lechones

Table 4. Influence of the dietary level of protease inhibitors: CON (Control), P-CAR (pea Cartouche), P-ICE (pea Iceberg), P-LUN (pea Luna), on performance traits of piglets

Variable	CON	P-CAR	P-ICE	P-LUN	ESM[1]	*P*[2]
Peso inicial, kg	11,35	11,34	11,11	11,10	Covariable	
Peso final, kg	21,92[b]	23,76[a]	21,47[b]	21,51[b]	0,33	0,001
Ganancia media diaria, g/d	509[b]	590[a]	487[b]	490[b]	10	0,001
Consumo medio diario, g/d	852	897	829	834	40	0,580
Índice de conversión, kg/kg	1,69	1,51	1,70	1,69	0,06	0,100
Consumo de IT[3] (10^6 unidades/día)	0,79[c]	1,43[b]	2,56[a]	2,67[a]	0,09	0,001
Consumo de IQ[4] (10^6 unidades/día)	1,60[d]	2,80[c]	4,11[b]	4,65[a]	0,17	0,001

[1]ESM: error estándar de la media (n = 8). [2]Probabilidad; letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas. [3]Inhibidores de tripsina. [4] Inhibidores de quimotripsina.

contrar diferencias productivas ($P > 0,05$). Parece que no hay un efecto negativo, al menos hasta los niveles de IP que tiene el pienso P-LUN. De hecho, los cerdos que consumieron P-CAR, con mayor cantidad de IP que los que consumieron CON, crecieron un 8,3% más.

En lechones de 6,5 a 17,7 kg de peso, Brooks *et al*. (2009) probaron una dieta con 20% de guisantes de primavera frente a una dieta control con maíz y harina de soja. Los cerdos que comieron el guisante mejoraron el crecimiento (418 *vs.* 385 g), aumentaron el consumo de pienso (632 *vs.* 561 g) y presentaron peor eficiencia alimentaria (660 *vs.* 685 g/kg de pienso) de manera significativa ($P = 0,01$).

Se puede incrementar la proteína de la dieta utilizando concentrado de proteína de guisante (PB: 52,5%) obtenido por micronizado. El problema es que se aumenta igualmente la cantidad de IP, como indican Valencia *et al.* (2008) en una prueba con lechones de 26 a 48 días alimentados con dos dietas, con 10,5% de concentrado de proteína de guisante y con 12,1% de harina de soja (PB: 45,2%); el consumo fue similar, aunque los primeros tuvieron peor rendimiento debido a la menor digestibilidad de la proteína ($P < 0,05$).

El procesado de guisantes con un bajo contenido de IP no afecta a los parámetros productivos. Grosjean *et al*. (1997) proporcionaron dos dieta con 40% de guisantes (2,4 UTI) crudos o extrusionados, a lechones de 27 a 68 días de edad; no hubo diferencias de consumo ni crecimiento en comparación con una dieta control de soja ($P > 0,05$). Por el contrario, en una segunda prueba de los mismos autores, la alimentación con un 40% de guisantes con altas cantidades de UTI (10,4) frente a guisantes con 2 UTI, también en el mismo porcentaje, redujo la GMD (371 *vs.* 481 g) y el CMD (670 *vs.* 726 g) de manera significativa ($P > 0,05$). Stein y Peters (2008), en la fase de estárter obtuvieron resultados similares, con dietas a base de maíz y soja frente a una dieta con 60% de guisantes de primavera ($P > 0,05$); la extrusión previa no mejoró los resultados productivos en los lechones alimentados con los guisantes, lo que indica que se trataba de una variedad con bajos niveles de IP.

La posible reducción del CMD, que refieren diferentes autores, puede ser debida a varias causas. McLaughlin *et al*. (1983) concluyeron que altos niveles de IT podrían desencadenar la liberación de colecistoquinina (CCK), hormona relacionada con la saciedad; para Grosjean *et al*. (1997) los IT reducirían la digestibilidad del triptófano, AA con efecto sobre el apetito. Jaikaran *et al*. (2002) en un ensayo con guisantes de diferentes variedades (amarillo y verde) y cerdos de más de 25 kg, no encontraron diferencias en el CMD en comparación con una dieta control de soja. La presencia de saponinas en los guisantes, que según la variedad de guisante y el tipo de saponina (B o DDMP) varía entre 0 y 1,5 g/kg, podría reducir el consumo debido al sabor amargo (Heng et *al.*, 2006), aunque Price *et al*. (1985) sugieren que el rechazo parcial de la dieta se manifiesta desde los 2 g/kg de saponina.

El consumo medio de la dieta fue similar en los cuatro tratamientos, sin embargo los cerdos alimentados con P-CAR mejoraron el crecimiento y la conversión ($P < 0,05$); el motivo por el cual se observaron dichos resultados tiene difícil explicación, por lo que se debe seguir estudiando.

Teniendo en cuenta los resultados de la literatura, se esperaba una relación entre la ingesta diaria de inhibidores de proteína y los rendimientos, determinándose distintas ecuaciones de regresión (Tabla 5). En ellas, los niveles de IP y su relación (UTI/UQI) explicaron el 43, 57, 50 y 28% de la variación del peso final, consumo, crecimiento e índice de conversión, respectivamente ($P < 0,05$).

Tabla 5. Ecuaciones de regresión entre los parámetros productivos y el consumo medio diario de inhibidores de tripsina (UTI) y quimotripsina (UQI) (unidades de inhibidor/mg de pienso diario x 10^6) en lechones

Table 5. Regression equations between performance traits (ADFI, ADG, FCR) and the average daily intake of trypsin (TI) and chymotrypsin (CI) inhibitors (inhibitor units/mg feed x10^6) in piglets

Ecuaciones de regresión[1]	R^2 [2]	DRS[3]	*P*[4]
PF = 64,662 – (12,497 · UTI) – (5,052 · UQI) – (88,987 · (UTI/UQI))	0,43	2,30	0,001
CMD = 3,954 + (1,095 · UTI) – (0.482 · UQI) – (6,435 · (UTI/UQI))	0,57	0,11	0,0001
GMD = 1,148 – (0,039 · UTI) + (0,083 · UQI) – (1,483 · (UTI/UQI))	0,50	0,06	0,0002
IC = 5,887 + (2,362 · UTI) – (1,266 · UQI) – (8,145 · (UTI/UQI))	0,28	0,16	0,024

[1]Variables dependientes: peso final (PF, kg); ganancia media diaria (GMD, kg/día); consumo medio diario (CMD, kg/día); índice de conversión (IC, kg/kg). Variables independientes: unidades de tripsina inhibida (UTI: 10^6 unidades/día); unidades de quimotripsina inhibida (UQI: 10^6 unidades/día). [2]R^2: coeficiente de determinación. [3]DRS: desviación residual estándar. [4] Probabilidad.

Ensayo 2. Alberjón (GEC)

La Tabla 6 muestra el efecto de los niveles de ALB sobre el crecimiento de los cerdos durante el período de estárter. Los animales alimentados con la dieta del 5% de ALB comieron y crecieron más ($P < 0,001$) que los de la dietas control y 25%. El IC fue mejor con el control y el 5% que con el 25%, estando en una posición intermedia los lechones alimentados con el pienso que contenía un 15% de ALB. Al final del periodo experi-

Tabla 6. Influencia del porcentaje de alberjones en el pienso sobre el rendimiento productivo
Table 6. Influence of the dietary level of narbon vetch about performance traits of piglets

Variable	0%	5%	15%	25%	ESM[1]	*P*[2]
Peso inicial (kg)	11,56	11,54	11,47	11,62	Covariate	
Peso final (kg)	21,20^{b}	23,40^{a}	20,73^{b}	18,28^{c}	0,365	0,001
Ganancia media diaria (g/día)	536^{b}	652^{a}	505^{b}	373^{c}	0,018	0,001
Consumo medio diario (g/día)	778^{b}	947^{a}	788^{b}	630^{c}	0,026	0,001
Índice de conversión (kg/kg)	1,45^{c}	1,45^{c}	1,56^{b}	1,68^{a}	0,028	0,001

[1]ESM: error estándar de la media (n = 8). [2]Probabilidad; letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas.

mental, los cerdos alimentados con el 5% fueron los más pesados, y los que consumieron el 25% los más ligeros ($P < 0,001$).

Los contrastes ortogonales comparando el efecto de la presencia de ALB y sus proporciones se muestran en la Tabla 7.

Del mismo modo, la relación entre las variables productivas y la cantidad de ALB (%) y el consumo de GEC (g) de la dieta se ajustaron a funciones cúbicas. La variable ALB explicó el 79, 60 y 54% de la variación de la GMD, CMD e IC respectivamente, siendo en el caso del GEC del 60, 44 y 67% para las mismas variables. Las ecuaciones obtenidas, que muestra la Tabla 8, proporcionaron información interesante bajo el punto de vista de la formulación de dietas para cerdos.

No hay demasiada información científica sobre el uso de ALB en lechones. La presencia de GEC parece ser determinante en las diferencias de consumo observado en el ensayo. De hecho, el CMD fue un 33,5% menor en los cerdos que comieron un 25% de ALB en relación con los del 5%.

Una estrategia para mejorar el consumo podría ser la eliminación del GEC después de la cosecha. Enneking (1995b) trabajó con tres dietas: 35% guisantes, 35% de ALB tratado previamente durante 12 h con una solución de ácido acético al 4% a 121°C 30 min en un autoclave, y 35% de ALB tratado solo en autoclave, y no encontró ninguna diferencia en la GMD entre las dos primeras dietas. Una explicación podría ser que el ácido disminuyó la actividad del GEC, pero al ser termorresistente el tratamiento sólo con autoclave no fue eficaz.

La variedad de ALB utilizada en el ensayo no fue tratada con anterioridad, sólo se molió, mezcló y granuló con el resto de los ingredientes. En consecuencia, mayores cantidades de alberjones en la dieta originaron niveles más elevados de GEC, penalizando el consumo y el crecimiento. Por lo tanto, es importante la selección de variedades de ALB con bajo contenido de GEC. El ALB utilizado mostró un nivel medio-bajo de este FAN, si consideramos las cantidades que refleja la literatura y que oscilan del 0,4 al 3,8% (Enneking *et al.*, 1998). Sin embargo, hay que tener en cuenta, igualmente, que el contenido de GEC depende, al menos en parte, de la variedad de semilla, las condiciones de cultivo, y la composición de azufre de suelo (Enneking y Wink, 2000; Arias-Royo *et al.*, 2006).

Tabla 7. Ensayo 2. Contrastes ortogonales entre las distintas variables productivas (P-valor)
Table 7. Trial 2. Orthogonal contrasts of the different production variables (P-value)

Contrastes	PF[1]	CMD[2]	GMD[3]	IC[4]
0% *vs.* 5% + 15% + 25%	0,345	0,736	0,231	0,0024
5% *vs.* 15% + 25%	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
15% *vs.* 25%	0,0001	0,0004	0,0001	0,0072

[1]PF: peso final, kg. [2]CMD, consumo medio diario (kg/día). [3]GMD, ganancia media diaria (kg/día). [4]IC, índice de conversión (kg/kg).

Tabla 8. Ensayo 2. Ecuaciones de regresión entre los parámetros productivos y el consumo medio diario de alberjones (0-25%) y de GEC (g) en lechones
Table 8. Trial 2. Regression equations between performance traits and the average daily intake of narbon vetch (0-25%) and GEC (g) in piglets

Ecuaciones de regresión[1]	R^2 [2]	DRS[3]	*P*[4]
$GMD = 0,536 + 0,043 \cdot VN - 0,0046 \cdot VN^2 + 0,000103 \cdot VN^3$	0,79	0,054	0,001
$CMD = 0,778 + 0,060 \cdot VN - 0,0059 \cdot VN^2 + 0,00013 \cdot VN^3$	0,60	0,096	0,001
$IC = 1,456 - 0,0074 \cdot VN + 0,0013 \cdot VN^2 - 0,0000258 \cdot VN^3$	0,54	0,096	0,001
$GMD = 0,537 + 0,3618 \cdot GEC - 0,3534 \cdot GEC^2 + 0,0737 \cdot GEC^3$	0,60	0,076	0,001
$CMD = 0,778 + 0,5214 \cdot GEC - 0,5021 \cdot GEC^2 + 0,110 \cdot GEC^3$	0,44	0,114	0,001
$IC = 1,45 - 0,028 \cdot GEC + 0,0368 \cdot GEC^2 + 0,0591 \cdot GEC^3$	0,67	0,082	0,01

[1]GMD, ganancia media diaria (kg/día); CMD, consumo medio diario kg/día); IC, índice de conversión (kg/kg). VN, alberjón (%); GEC: γGlutamyl-S-Ethenyl-Cysteine (%). [2]R^2: coeficiente de determinación. [3]DRS: desviación residual estándar. [4]P: probabilidad.

Conclusiones

En las condiciones experimentales en las que se han realizado ambos ensayos, se puede concluir que los lechones en la fase de estárter, mejoran o mantienen el rendimiento con ingestas diarias de al menos 2,67 y 4,65 unidades de tripsina y de quimotripsina inhibidas (x 10^6), respectivamente, con tasas de 54,1% de guisantes en la dieta de acuerdo con la variedad, disminuyendo el porcentaje de soja de manera significativa.

La cantidad de GEC en el alberjón determina su inclusión en el pienso; la adición a la dieta de 5% de alberjón con un máximo de 1,52% de GEC aumenta el crecimiento y el consumo significativamente. Porcentajes más altos del 15% empeoran la palatabilidad del pienso y, en consecuencia, el rendimiento.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (Proyecto IDI-2010-0284) y por la Agencia de Inversiones y Servicios de Castilla y León (04-09-SO-0013). Queremos agradecer al Dr. Marcelino De los Mozos (Centro de Investigación Agraria de Albaladejito, Cuenca) el apoyo en los análisis del GEC de los alberjones y a la Dra. Ana de Coca (Unión Regional de Cooperativas Agrarias de Castilla y León, Valladolid) la coordinación de los distintos grupos de investigación.

Bibliografía

Adamidou S, Nengas I, Grigorakis K, Nikolopoulou D, Jauncey K (2011). Chemical Composition and Antinutritional Factors of Field Peas (*Pisum sativum*), chickpeas (*Cicer arietinum*), and Faba Beans (*Vicia faba*) as affected by extrusion preconditioning and drying temperatures. Cereal Chemistry 88: 80-86.

Arias M, Ortiz LT, de los Mozos M (2004). Phenolic compounds and pyrimidine glycoside determination in *Vicia narbonensis* seed. En: Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds and oilseeds. Fourth International Workshop on antinutritional factors in legume seeds and oilseeds, 8-10 marzo, Toledo, Spain. EAAP publication nº 110, pp. 29-33.

Arias-Royo M, Tate M, Enneking D (2006). Narbon bean (*Vicia narbonensis* L.): farmer's dream or devil's bean? Grain Legumes 47 (3rd quarter 2006): 18-19.

Batterham ES, Saini HS, Andersen LM, Baigent RD (1993). Tolerance of growing pigs to trypsin and chymotrypsin inhibitors in chickpeas (*Cicer arietinum*) and pigeonpeas (*Cajanus cajan*). Journal of Science Food and Agriculture 61: 211-216.

Bengala-Freire J, Hulin JC, Peiniau J, Aumaitre A (1989). Effet de la cuisson-extrusion du pois de printemps sur la digestibilité des aliments de sevrage precoce du porcelet et consequences sur les performances jusqu a l abattage. 21es Journées de la Recherche Porcine, 31-2 febrero, París, Francia, pp. 75-82.

BOE (2013). Real Decreto 53/2013, de 1 de febrero, por el que se establecen las normas básicas aplicables para la protección de los animales utilizados en experimentación y otros fines científicos, incluyendo la docencia. Boletín Oficial del Estado, núm 34, de 8 de febrero de 2013, pp. 11370-11421.

Brand TS, Brandt DA, Cruywagen CW (2004). Chemical composition, true metabolisable energy content and amino acid availability of grain legumes for poultry. South African Journal of Animal Science 34 (2): 116-122

Brooks KR, Wiegand BR, Meteer AL, Petersen GI, Spencer JD, Winter JR, Robb JAP (2009). Inclusion of yellow field peas and carbohydrase enzyme in nursery pig diets to improve growth performance. The Professional Animal Scientist 25: 17-25.

Burbano C, Cuadrado C, Muzquiz M, Cubero JI (1995). Variation of favism-inducing factors (vicine, convicine and L-DOPA) during pod development in *Vicia faba* L. Plant Foods for Human Nutrition 47: 265-274.

Carrouée B, Grosjean F, Peyronnet C, Weiss P (1994). Guisantes: utilización en Alimentación Animal. Union nationale interprofessionnelle des plantes riches en protéines, Institut technique des céréales et des fourrages, París. 96 pp.

Castleman GH (2000). A guide for feeding narbon beans to animals. Department of Natural Resources and Environment. Victorian Institute for Dryland Agriculture, Australia. 4 pp.

Crevieu-Gabriel I (1999). Digestion des protéines végétales chez les monogastriques. Exemple des protéines de pois. INRA Productions Animales 12(2): 147-161.

Dávalos A, Gómez-Cordovés C, Bartolomé B (2004). Extending applicability of the oxygen radical absorbance capacity (ORAC-fluorescein) assay. Journal Agriculture Food Chemistry 51: 48-54.

Diario Oficial de la Unión Europea (2009). Reglamento (CE) nº 152/2009 de la Comisión de 27 de enero de 2009, por el que se establecen los mé-

todos de muestreo y análisis para el control oficial de los piensos. Diario Oficial de la Unión Europea, L 54, de 26 de febrero de 2009, pp. 1-130.

Doti S, Suárez-Belloch J, Latorre MA, Guada JA, Fondevila M (2014). Effect of dietary starch source on growth performances, digestibility and quality traits of growing pigs. Livestock Science 164: 119-127.

Enneking D (1995a). Post-harvest detoxification: the key to alternative *Vicia* grain legumes? En: *Lathyrus sativus* and Human Lathyrism: Progress and Prospects. (Eds. Yusuf HKM, Lambein F), pp. 85-92. University of Dhaka. Dhaka (Bangladesh).

Enneking D (1995b). The toxicity of *Vicia* species and their utilisation as grain legumes. Centre for Legumes in Mediterranean Agriculture (CLIMA). Occasional Publication Nº 6. University of Western Australia. Nedlands W.A. (First edition, Enneking, D. (1994) PhD thesis, University of Adelaide).

Enneking D, Delaere IM, Tate ME (1998). γGlutamyl-S-Ethenyl-Cysteine: a dipeptide from *Vicia narbonensis.* Phytochemistry 48(4): 643-645.

Enneking D, Wink M (2000). Towards the elimination of antinutritional factors in grain legumes. En: Linking Research and Marketing Opportunities for Pulses in the 21st Century. Proceedings of the Third International Food Legume Research Conference (Ed. Knight R) pp. 375-384. Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture Vol. 34. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht/Boston/London.

FEDNA (2010). Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos. 3ª Edición (Coordinada y Dirigida por C. de Blas, G. G. Mateos y P. García Rebollar). Ed. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, Madrid. 502 pp.

FEDNA (2013). Necesidades nutricionales para ganado porcino: Normas FEDNA (Coordinada y Dirigida por C. de Blas, J. Gasa, G. G. Mateos). Ed. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid. 114 pp.

García CA, Barrios A, Martín A, Rodríguez MJ, Caminero C (2006). La posible recuperación de algunas leguminosas (*Vicia narbonensis* L. y *Lathyrus cicera* L.) para su cultivo en los secanos de Castilla y León. En: Nuevos Retos y Oportunidades de las Leguminosas en el Sector Agroalimentario Español. Segundas Jornadas de la Asociación Española de Leguminosa. 25-27 de abril, Cuenca, España. pp. 73-80. Consejería de Agricultura, Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

González-García MR (2001). Interacción genotipo x ambiente en guisante proteaginoso (*Pisum sativum* L.). Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid.

Grant G (1991). Lectins. En: Toxic substances in crop plants (Eds. D'Mello JPF, Duffus C, Duffus JH), pp: 49-67. Royal Society Chemistry, Cambridge.

Grant G, Dorward PM, Buchan WC, Armour JC, Pusztai A (1995). Consumption of diets containing raw soya beans (*Glycine max* L.), kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.), cowpeas (*Vigna unguiculata* L.) or lupin seeds (*Lupinus angustifolius* L.) by rats for up to 700 days: Effects on body composition and organ weights. British Journal of Nutrition 73(1): 17-29.

Griffiths DW (1984). The trypsin and chymotrypsin inhibitor activities of various pea (*Pisum* spp.) and field bean (*Vicia faba*) cultivars. Journal of the Science of Food and Agriculture 35: 481-486.

Grosjean F, Jondreville C, Bogaert C, Bourdillon A, Peyronnet C, le Guen MP, Williatte I (1997). Utilisation d'aliments pour porcelets sevrés contenant 40% de pois. 29es Journées de la Recherche Porcine, 4-6 febrero, París, Francia, pp. 197-204.

Grosjean F, Jondreville C, Williatte-Hazouard I, Skiba F, Carrouée B, Gâtel F (2000). Ileal digestibility of protein and amino acids of feed peas with different trypsin inhibitor activity in pigs. Canadian Journal of Animal Science 80: 643-652.

Guillamón E, Mateo-Vivaracho L, Villares A, D'Arrigo M, Pedrosa MM, García-Lafuente A, Muzquiz M (2012). Inhibidores de tripsina y de quimotripsina en semillas de leguminosas. IV Jornadas de la Asociación Española de leguminosas. 6-7 Junio, Pontevedra, España.

Hadjipanayiotou M, Economides S (2001). Chemical composition, in situ degradability and amino acid composition of protein supplements fed to livestock and poultry in Cyprus. Livestock Research for Rural Development 13(6).

Heng L, Vincken JP, van Koningsveld GA, Legger A, Gruppen H, van Boekel MAJS, Roozen J, Voragen AGJ (2006). Bitterness of saponins and their content in dry peas. Journal of the Science of Food and Agriculture 86(8): 1225-1231.

Jaikaran S, Colangelo M, William C (2002). Growth and feed intake of growing pigs fed diets containing three varieties of field peas. Advances in Pork Production 13: 25.

Jones BN, Päävo S, Stein S (1981). Amino acids analysis and enzymatic sequence determination of peptides by an improved o-phthaldialdehyde precolumn labeling rocedure. Journal of Liquid Chromatography 4: 565-586.

Kakade ML, Rackis JJ, McGhee JE, Puski G (1974). Determination of trypsin inhibitor activity of soy products: a collaborative analysis of an improved procedure. Cereal Chemistry 51: 376-382.

Le Gall M, Quillien L, Sève B, Guéguen J, Lallès JP (2007). Weaned piglets display low gastrointestinal digestion of pea (*Pisum sativum* L.) lectin and pea albumin 2. Journal of Animal Science 85(11): 2972-2981.

Mateos GG, Valencia DG, Serrano MP, Lázaro R (2008). Las leguminosas de grano en alimentación animal: estudio del guisante. III Jornadas de la Asociación Española de Leguminosas. 2-4 septiembre, Valladolid, España.

McLaughlin CL, Peikin SR, Baile CA (1983). Trypsin inhibitor effects on food intake and weight gain in Zucker rats. Physiology and Behavior 31(4): 487-91.

Moore S (1963). On determination of cystine as cisteic acid. Journal of Biological Chemistry 238: 235-237.

Muzquiz M, Rey C, Cuadrado C, Fenwick R (1992). Effect of germination on oligosaccharide content of lupin species. Journal of Chromatography A 607: 349-352.

Muzquiz M, Hill GD, Cuadrado C, Pedrosa MM, Burbano C (2004). Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds and oilseeds. Proceedings of the fourth international workshop on antinutritional factors in legume seeds and oilseeds. EAAP Scientific Series, Volume 110. Wageningen, The Netherlans. 384 pp.

Muzquiz M (2012). Componentes nutricionalmente activos en leguminosas: implicaciones en nutrición y salud. IV Jornadas de la Asociación Española de Leguminosas. 6 y 7 de junio, Pontevedra, España.

Pisulewska E, Pisulewski PM (2000). Trypsin inhibitor activity of legume seeds (peas, chickling vetch, lentils, and soya beans) as affected by the technique of harvest. Animal Feed Science and Technology 86: 261-265.

Price KR, Griffiths NM, Curl CL, Fenwick GR (1985). Undiserable sensory properties of the dried pea (*Pisum sativum*). The role of saponina. Food Chemistry 17: 105-115.

Sánchez-Vioque R, Girón-Calle J, Rodriguez-Conde MF, Vioque J, De-los-Mozos-Pascual M, Santana-Méridas O, Izquierdo-Melero ME, Alaiz M (2011). Determination of γ-glutamyl-S-ethenylcysteine in narbon vetch (Vicia narbonensis L) seeds by high performance liquid Chromatography. Animal Feed Science and Technology 165: 125-130.

SAS (2004). User's Guide. SAS Institute. Cary, NC.

Sathe SK, Salunkhe DK (1981). Studies on trypsin and chymotrypsin inhibitory activities, hemagglutinating activity, and sugars in the Great Northern beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Food Science 46: 626-629.

Stein H, Peters DN (2008). Effects of including field peas in diets fed to weanling pigs. Journal of Animal Science 86 (E-Suppl, 2): 448.

Tate M, Enneking D (2006). Vetches: from feed to food. Grain Legumes 47 (3rd quarter 2006).

Valencia DG, Serrano MP, Centeno C, Lázaro R, Mateos GG (2008). Pea protein as a substitute of soya bean protein in diets for Young pigs: Effects on productivity and digestive traits. Livestock Science 118: 1-10.

Wali SA, Hobi AA, Nouri A (2005). Some physiological and histological changes in the broilers fed gagon seeds (Narbon vetch). Journal of Biological Sciences 5(2): 111-113.

(Aceptado para publicación el 25 de abril de 2018)

Hipocalcemia subclínica en ganado vacuno lechero: tratamiento y manejo preventivo. Revisión bibliográfica

R. Muiño[1,*], B. Bueno[2] y J.L. Benedito[3]

1 Centro Veterinario Meira SLP. C/ San Roque 1, 1ª, 27240, Meira, Lugo, España
2 Centro Veterinario Tineo. Carretera de San Roque 5, 33870, Tineo, Asturias, España
3 Patología General y Propedéutica Clínica, Departamento de Patología Animal. Facultad de Veterinaria de Lugo. Universidad de Santiago de Compostela, Avda. Carballo Calero s/n, 27002, Lugo, España

Resumen

La hipocalcemia es la enfermedad metabólica con más prevalencia del ganado vacuno de leche de alta producción. Algunos autores la sitúan alrededor del 65% (Martinez *et al.,* 2012) y el 78% (Rodríguez *et al.,* 2017), en el periodo cercano al parto. El desarrollo de la enfermedad subclínica puede ocurrir entre las 24 horas previas al parto hasta las 40 horas posteriores al mismo. Se debe a una pérdida de calcio total (por debajo de 8,5 mg/dl), con mecanismos homeostáticos del organismo incapaces de reponer los niveles plasmáticos de este mineral. Dicha enfermedad metabólica tiene consecuencias sobre la producción y sobre la salud del rebaño. La bajada de este metabolito da lugar a una cascada de enfermedades, lo que ocasiona pérdidas importantes en la cuenta de la explotación. El diagnóstico de esta patología es de rebaño, midiéndose el calcio total en sangre en las vacas de leche que se encuentran en el periodo de transición. Esto ha contribuido a que la mayoría de los estudios publicados vayan orientados a ensayar una pauta nutricional, molécula o principio activo farmacológico que contribuya a disminuir la prevalencia de la hipocalcemia subclínica. El objetivo de esta revisión ha sido evaluar los resultados obtenidos en los distintos estudios publicados, para poder establecer cuál es la mejor estrategia preventiva de la hipocalcemia subclínica y al mismo tiempo, dar a conocer las investigaciones más recientes que se están desarrollando en este campo.

Palabras clave: Vacas de leche, periodo de transición, hipocalcemia subclínica, calcio total, prevención.

Abstract
Subclinical hypocalcemia in dairy cattle: treatment and preventive management

Hypocalcemia is the most prevalent metabolic disease in high-yielding cows. Some authors place it around 65% (Martinez *et al.,* 2012) and 78% (Rodríguez *et al.,* 2017), in the period near parturition. The development of the subclinical disease can occur between 24 hours prior to parturition and 40 hours after it. It is due to a decrease in total serum calcium (below 8.5 mg/dl). Moreover, the homeostatic mechanisms available in the organism are not able to reestablish the plasmatic levels of this mineral. This metabolic disease has consequences on the production and on the health of the herd. The decrease of this metabolite results in a cascade of diseases which causes significant losses in the farm account. The diagnosis of this pathology takes place in the herd by measuring the total serum calcium in blood in dairy cows that are in period of transition. This has contributed to the fact that most of the issued studies are ai-

* Autor para correspondencia: rodrigomuino@colvet.es
https://doi.org/10.12706/itea.2018.016

med at testing a nutritional model, molecule or pharmacological substance that contributes to decreasing the prevalence of subclinical hypocalcemia. The goal of this study has been to evaluate the results obtained in different papers published, in order to establish the best preventive strategy of subclinical hypocalcemia. It also aims at introducing the most recent investigations developed in this area.

Keywords: Dairy cows, period of transition, subclinical hypocalcemia, total serum calcium, prevention.

Introducción

La hipocalcemia es una enfermedad metabólica que acontece en diversas especies animales, aunque resulta especialmente importante en el ganado vacuno lechero de alta producción láctea, en el periodo entorno al parto (Horst *et al*., 1997). Aparece como consecuencia de una pérdida de calcio total, mientras que los mecanismos homeostáticos, de los que dispone la vaca, no son capaces de reponer los niveles plasmáticos de este mineral. Suele manifestarse entre las 24 horas antes del parto y las 40 horas posparto, es decir, al comienzo de la lactación (Kamgarpour *et al*., 1999).

La hipocalcemia es la alteración macromineral más frecuente que sufren las vacas en el periodo de transición (Mulligan *et al*., 2006). Pero como muchos procesos patológicos su presentación sintomatológica hace que se divida en hipocalcemia clínica y subclínica. La primera tiene una afectación en los rebaños de vacas adultas (dos o más partos) entre el 5 y 10% en su forma clínica (Oetzel, 1988), pero en su forma subclínica su incidencia puede hallarse entre el 65% (Martinez *et al*., 2012) y el 78% (Rodríguez *et al*., 2017).

Homeostasis del calcio

El calcio y el fósforo son los dos minerales más abundantes en los organismos animales. La mayor proporción de calcio, el 98,97%, se encuentra en huesos y dientes (Ramberg *et al*., 1984), un 1% en el citosol de las células y 0,03% en el líquido extracelular; de ahí que para un correcto crecimiento del animal se necesite un aporte de calcio adecuado. Pero este mineral participa activamente en una serie de procesos fisiológicos, como, por ejemplo, la contracción muscular, la transmisión del impulso nervioso, la coagulación sanguínea, formación de la leche materna y regulación de diversas hormonas, así como factores de crecimiento (Ramberg *et al*., 1984).

Los niveles normales de calcio sanguíneo en las vacas adultas sanas se mantienen entre 8,5 y 10 mg/dl, lo que significa que una vaca de 600 kg dispone de unos 3 g totales a nivel plasmático, mientras que el calcio en el líquido extracelular total es 8,5 g. No obstante, las vacas lecheras tienen requerimientos de 30 g diarios de calcio, y más, para la producción láctea (1,22 g de Ca/l de leche/día y 2,1 g de Ca/l de calostro/día), lo que lleva a un desequilibrio que el organismo debe compensar (Goff, 2000).

La homeostasis del calcio está controlada fundamentalmente por la hormona paratiroidea (PTH; secretada por las glándulas paratiroides) y por la calcitonina (CT; producida por la tiroides). Además, también interviene la 1,25-dihidroxivitamina D (1,25-$(OH)_2$ D_3) (Fenwick y Vermette, 1989), que es sintetizada por el riñón a partir de la hidroxivitamina D_2 respondiendo a los incrementos de PTH en sangre (Martín-Tereso y Martens, 2014).

Durante el puerperio, debido a las altas demandas de calcio para la producción de leche, aparece un descenso de este mineral a nivel plasmático, por debajo de 8,5 mg/dl o de 3 g en la totalidad del plasma (Goff, 2000). Esta carencia o situación de hipocalcemia estimula la producción de la PTH y ésta, a su vez, la síntesis de 1,25-$(OH)_2$ D_3 en el riñón (Figura 1). La

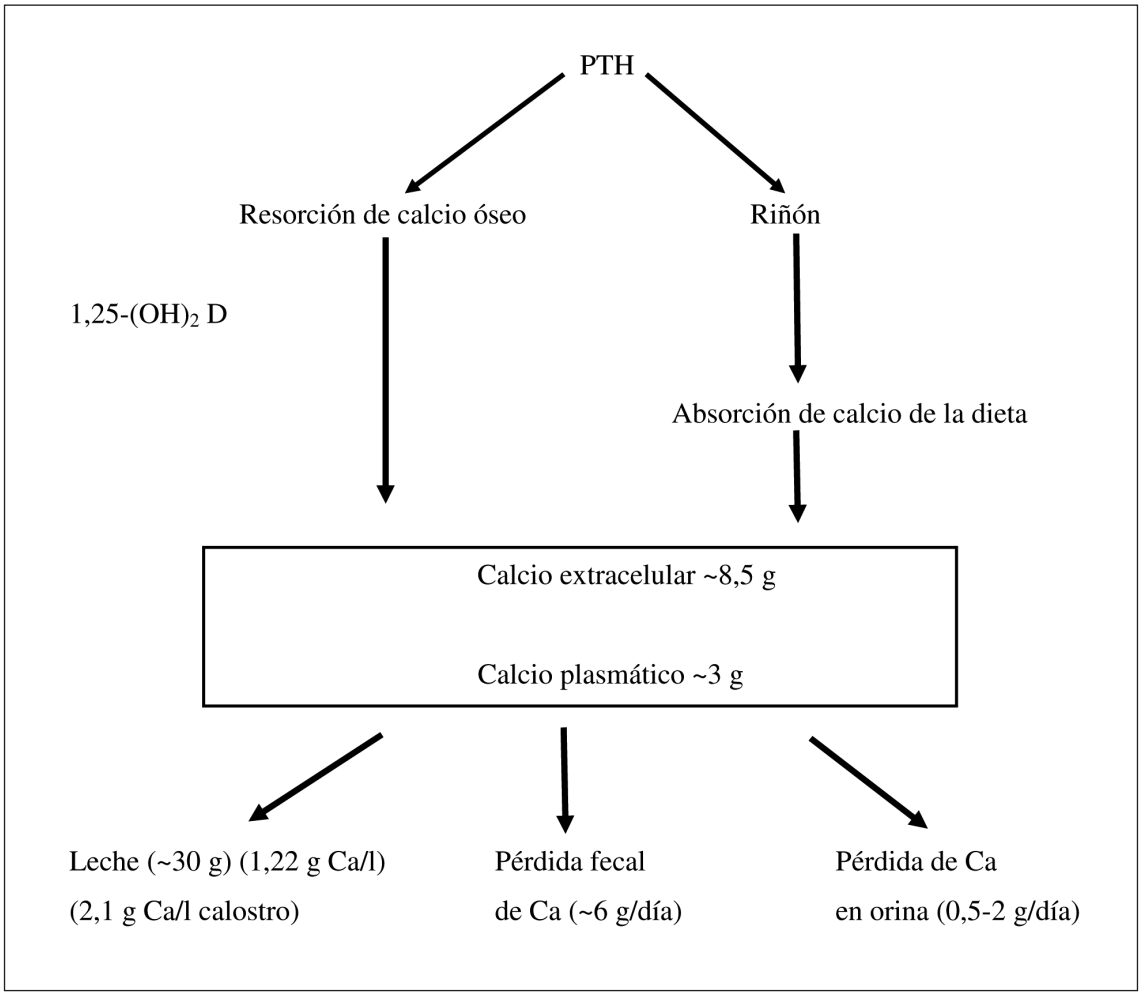


Figura 1. Esquema de la homeostasis del calcio.
Fuente: Goff (2000).
Figure 1. Diagram of calcium homeostasis.

primera contribuye a movilizar calcio desde el hueso, en pequeñas cantidades y a favorecer la reabsorción a nivel renal, mientras que la segunda incrementa la absorción de calcio en el intestino. Por otro lado, la calcitonina regula los niveles de calcio cuando éste se encuentra en exceso, incrementando su deposición a nivel óseo y aumentando su excreción por vía renal (Martín-Tereso y Martens, 2014).

Fisiopatología de la hipocalcemia

Para que los mecanismos homeostáticos mencionados anteriormente puedan llevar a cabo su función es necesario que actúen durante un periodo de tiempo. Por ejemplo, para que la absorción de calcio intestinal aumente, se necesita que pasen, por lo menos, 24 horas de elevación tras el parto de la 1,25-$(OH)_2$ D_3;

mientras que, para que ocurra la resorción ósea, hacen falta 48 horas de acción de la PTH (Martín-Tereso y Martens, 2014).

En las horas previas al parto y durante el comienzo de la lactación, las demandas de calcio son muy elevadas debido a la síntesis de calostro al principio y, posteriormente, de leche. Por ejemplo, una vaca para sintetizar el primer día del parto 10 litros de calostro utiliza como mínimo 23 gramos de calcio (Risco, 2004; Jawor *et al*., 2012), lo que supone un valor casi 8 veces superior a la cantidad existente de este mineral a nivel plasmático. En muchos casos, la ausencia de medidas preventivas, que lleven a una estimulación temprana de los receptores correspondientes, hace que sea necesaria la administración de una solución mineral equilibrada, (Martig, 2005) que aporte calcio suficiente para mantener las funciones fisiológicas de la vaca hasta la activación y funcionamiento pleno de los mecanismos compensatorios (Figura 2). En otros casos, el equilibrio fisiológico no lle-

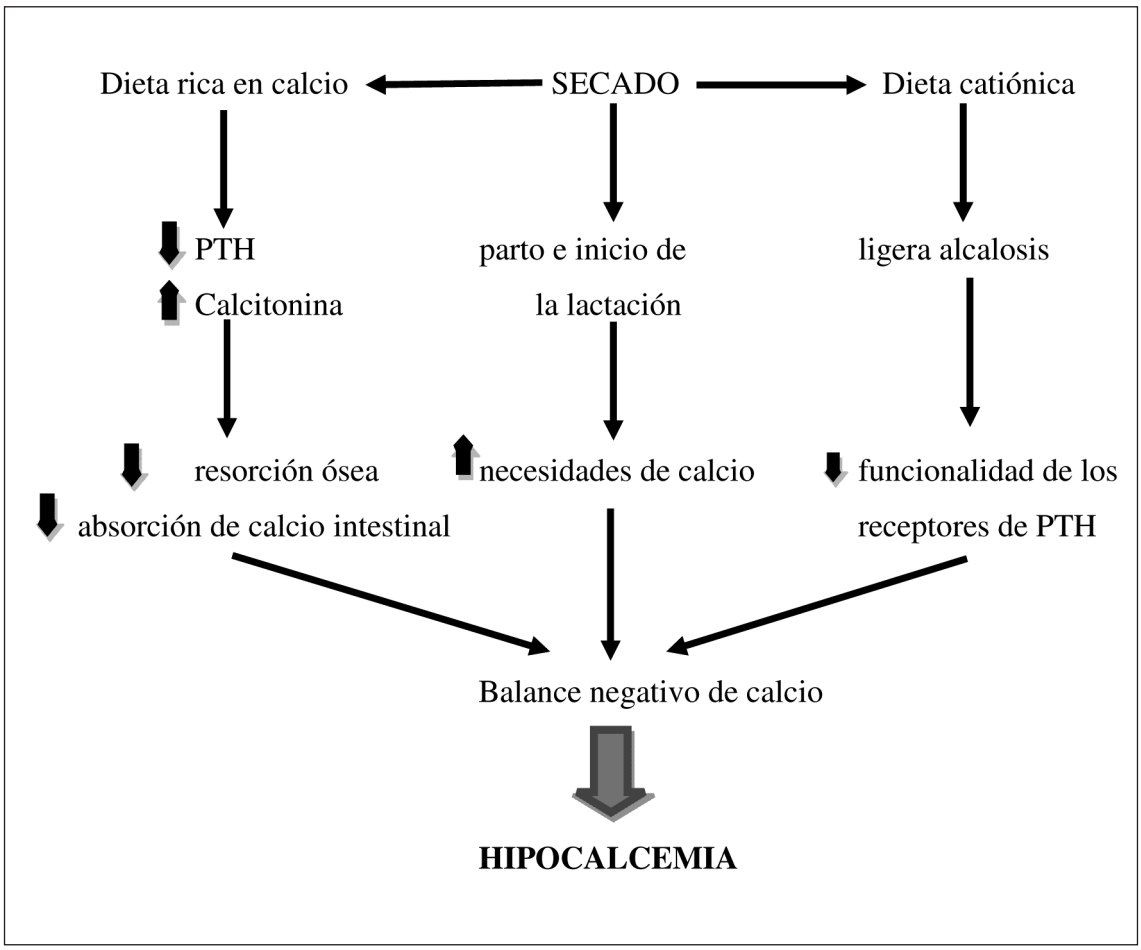


Figura 2. Fisiopatología de la hipocalcemia.
Figure 2. Physiopathology of hypocalcemia.

ga a alcanzarse, por lo que es fundamental continuar suministrando sales externas de calcio, además de valorar otras posibles justificaciones al fallo compensatorio, habiéndose descrito las siguientes:

1. **Errores en la secreción de PTH y/o 1,25-$(OH)_2$ D_3, tanto por exceso como por defecto.** De hecho, se han descrito disminuciones de la secreción de PTH en vacas que sufrían una sintomatología de tetania hipomagnesémica. En este caso, aunque los animales, durante la hipomagnesemia, tenían niveles bajos de calcio en plasma, no se estimulaba la secreción de PTH por parte de las glándulas paratiroides (Rude, 1998). Por otro lado, en los casos en los que se administran dietas con bajo contenido de calcio en el periodo anterior al parto, se produce una estimulación de la secreción de la hormona PTH y de la 1,25-$(OH)_2$ D_3 por parte del riñón, lo que favorece la movilización de calcio óseo y la absorción intestinal, así como su reabsorción renal (Green *et al.*, 1981). Así, en el momento del parto, los osteoclastos de la vaca están activos y en alto número, y el calcio usado para la producción de calostro será fácilmente repuesto por el calcio óseo (Goff *et al*., 1987).

2. Se **ha** descrito como otra posible causa de fallo compensatorio **la alteración de los receptores de la PTH y la 1,25-$(OH)_2$ D_3**, que aparecen, en su mayoría, a nivel óseo, renal e intestinal. Esto daría lugar a una incapacidad para el reconocimiento de las hormonas que deben ligarse a ellos, o a una unión demasiado débil e inestable. Por ejemplo, en situaciones de alcalosis metabólica, los receptores de la PTH aparecen alterados (Goff y Horst, 2003).

Se ha registrado que las vacas lecheras de la raza Jersey son las más susceptibles a sufrir hipocalcemia, debido a su gran producción de leche en relación a su bajo peso corporal (Law *et al*., 1991), a lo que se unen los altos niveles de sólidos –grasa y proteína– en leche, superiores a los de otras razas de aptitud láctea. Además, se han investigado otras causas de la elevada incidencia en esta raza, como son la disminución de los receptores de 1,25-$(OH)_2$ D_3 intestinales en los animales de más de 4 años (Horst *et al*., 1990), o su elevada producción de PTH, que causa un incremento de la movilización del calcio desde la sangre a la mama (Law *et al*., 1991), disminuyendo así sus niveles plasmáticos.

3. **Otro** factor importante en el que hay que fijarse es la **edad del animal**, puesto que las vacas de primer parto al generar menos calostro y tener una mayor cantidad de osteoclastos –su estructura ósea aún está en crecimiento–, tienen menor probabilidad de sufrir hipocalcemia.

4. La condición **corporal** (CC) también interviene como factor en el desarrollo de la hipocalcemia (Figura 3). La causa, como tal, es desconocida; no obstante, aparecen diversas hipótesis posibles: los animales con una CC por encima de la óptima –valor de 3,75– (Ferguson *et al*., 1994) al parto tienen una mayor concentración de calcio en leche (Houe *et al*., 2001), además, la ingestión de materia seca (MS) en los días antes y después del parto es menor en vacas gordas (Houe *et al*., 2001), por lo que los aportes de calcio y magnesio también se ven disminuidos. Se ha demostrado que en humanos con hígado graso no alcohólico el número de receptores de calcio en los adipocitos son menores de lo normal, (Cifuentes y Rojas, 2008) de este modo, podríamos trasladarlo al vacuno, exponiendo la hipótesis de que el hígado graso en vacas también podría presentar menores cantidades de receptores de calcio, cuando los niveles de NEFA posparto están aumentados (Chamberlin *et al*., 2013).

La prevención de las enfermedades metabólicas postparto temprano comienza durante el periodo seco (Guterbock, 2004; Grummer et *al*., 2010). La alimentación de la vaca seca se ajustará a las necesidades metabólicas del animal, evitando el uso de forrajes ricos en

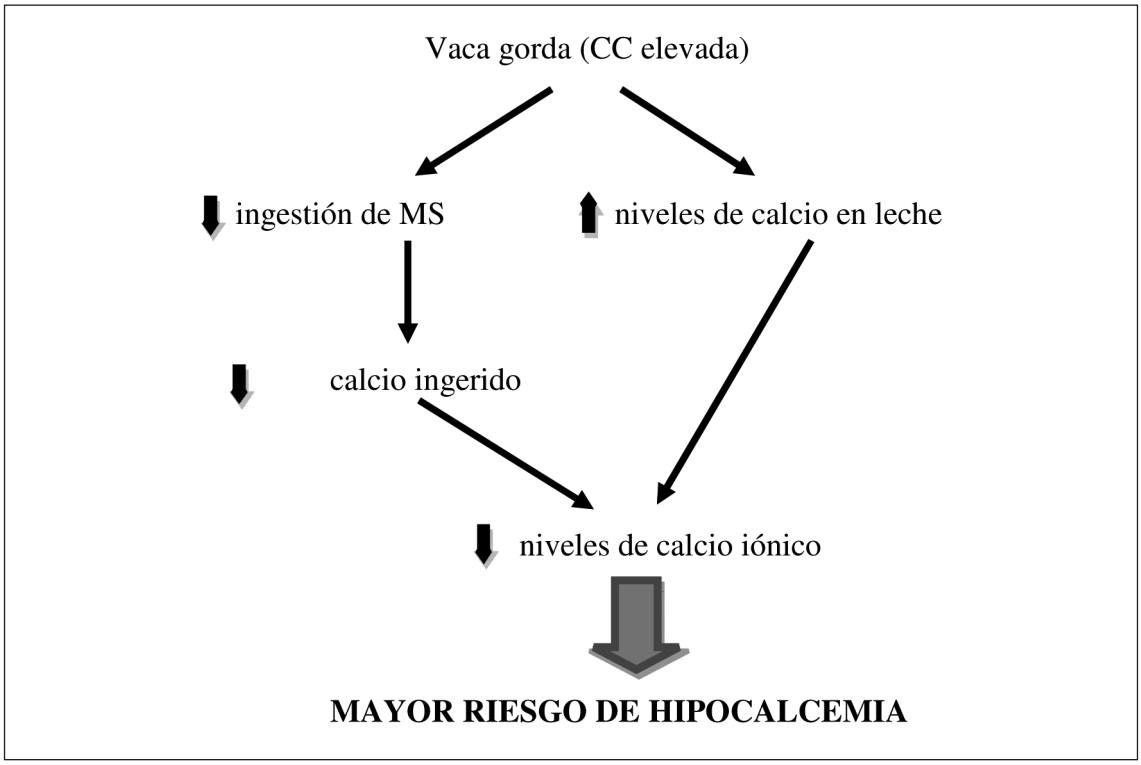


Figura 3. Influencia de la condición corporal en el riesgo de sufrir hipocalcemia.
Figure 3. Influence of the body condition on the risk of suffering hypocalcemia.

potasio (henos y silos de gramíneas y leguminosas con altas cantidades de abonos orgánicos) (Corbellini, 2000). La elevada cantidad de dicho mineral reduce la capacidad de la vaca para mantener la homeostasis del calcio, ya que predispone a una alcalosis metabólica (Rerat y Schlegel, 2014; Kronqvist *et al*., 2012). en resumen, debemos tener en cuenta que el estado endocrino-metabólico del animal durante el preparto, es el principal factor que da origen a la hipocalcemia, tiene más importancia que la propia cantidad de calcio que aportamos en la ración a la vaca de leche.

5. Entre los factores predisponentes de la hipocalcemia subclínica, a parte de los factores individuales (la raza, el número de partos, la dieta, la CC y la producción de leche), también podemos señalar los **factores medioambientales**, como la disminución de horas de luz, que implica peor formación de vitamina D (Özçelik *et al*., 2017), y por lo tanto, descenso de la absorción intestinal de calcio. Y otro factor medioambiental, serían los forrajes con mayor contenido en potasio (que comentaremos más adelante**).**

Forma subclínica de la hipocalcemia

La hipocalcemia subclínica de las vacas lecheras tras el parto puede ocurrir desde las 24 horas antes del parto hasta las 40 horas postparto (Kamgarpour *et al*., 1999). Hace tres décadas la prevalencia de esta enfermedad

estaba en torno al 20% de las vacas adultas de más de 2 partos (Oetzel, 1988). Actualmente la prevalencia en Estados Unidos de la hipocalcemia subclínica afecta, aproximadamente, a un 47 % de las vacas multíparas y a un 25% de las primíparas (Martinez *et al*., 2016). En Europa y en concreto en el Noreste de España se realizó un estudio con 764 vacas, comprobando un padecimiento de hipocalcemia subclínica del 78% (Rodríguez *et al*., 2017).

Se considera que una vaca padece esta variante de la enfermedad cuando sus valores de calcio sérico están por debajo de 8,5 mg/dl (valores normales de calcemia en vacas lecheras son 8,5-10 mg/dl (Martinez *et al*., 2016)). En forma subclínica los niveles de calcio bajan de forma menos brusca que en la hipocalcemia clínica, lo que se traduce en una ausencia de síntomas, y su diagnóstico sólo sería posible mediante la determinación sérica del calcio total (Jawor *et al*., 2012). La hipocalcemia subclínica puede afectar a la salud y al bienestar del rebaño de una forma radical, aumentando los costes económicos de la explotación (Curtis *et al*., 1983). En cuanto a la relación hipocalcemia subclínica y producción láctea, hay controversias entre los distintos autores consultados (Jawor *et al*., 2012; Martinez *et al*., 2016).

Otra consecuencia de la hipocalcemia subclínica es que provoca una disminución de la actividad bactericida de los neutrófilos (Sayeed, 2000) lo que va a afectar negativamente a la respuesta inmunológica, facilitando el crecimiento de microorganismos causantes de metritis y mamitis postparto (Ducusin *et al*., 2003; Kimura *et al*., 2006; Martinez *et al*., 2012). También se ha demostrado que las vacas con hipocalcemia, bien sea clínica o subclínica, sufren un mayor incremento del cortisol en respuesta al parto (Mulligan *et al*., 2006). La inmunosupresión comienza 1 o 2 semanas antes del parto (Kehrli *et al*., 1989) y el aumento del cortisol se limita al día del parto, lo que hace suponer que el cortisol desarrolla un papel esencial en la respuesta inmune (Risco, 2015). Cabe añadir, que la bajada de calcio acaecida durante la hipocalcemia subclínica compromete la contracción muscular, por lo tanto, afecta a las funciones del músculo liso (Figura 4), lo que puede tener efectos negativos sobre la motilidad ruminal, abomasal, intestinal, uterina, y del esfínter del pezón, lo que explicaría en parte la elevación de la incidencia de desplazamientos de abomaso, mamitis y retenciones placentarias citada en algunos trabajos (Goff, 2008; Oetzel y Miller, 2012; Martinez *et al*., 2012). Por último, la bajada subclínica de calcio afecta negativamente a la reanudación del siguiente ciclo reproductivo (Martinez *et al*., 2016) por reducir el tamaño y número de los folículos, así como a la formación del cuerpo lúteo (Kamgarpour *et al*., 1999). Por esto, otros trabajos demuestran un incremento en el número de servicios por concepción, un aumento en el intervalo parto-primer servicio y un aumento del periodo parto-concepción (Mulligan *et al*., 2006), de esto se deduce un aumento del intervalo entre partos (Martinez *et al*., 2012; Weaver *et al*., 2016).

Diagnóstico

La hipocalcemia subclínica exclusivamente se determina por el análisis del calcio sérico, ya que no existe una sintomatología específica para esta forma de enfermedad (Jawor *et al*., 2012). No obstante, cuando se observa elevación poblacional de la incidencia de diferentes enfermedades asociadas como, por ejemplo, cetosis, mamitis, metritis, así como del desplazamiento de abomaso, sobre todo en animales de tercer parto y posteriores, podemos sospechar de la posibilidad de hipocalcemia subclínica a nivel de rebaño (Jawor *et al*., 2012). Si alguna de estas patologías incrementa su incidencia en el rebaño, deberíamos tomar muestras para el análisis de calcio sérico comprobando que los valores de alarma están por debajo de 8,5 mg/dl

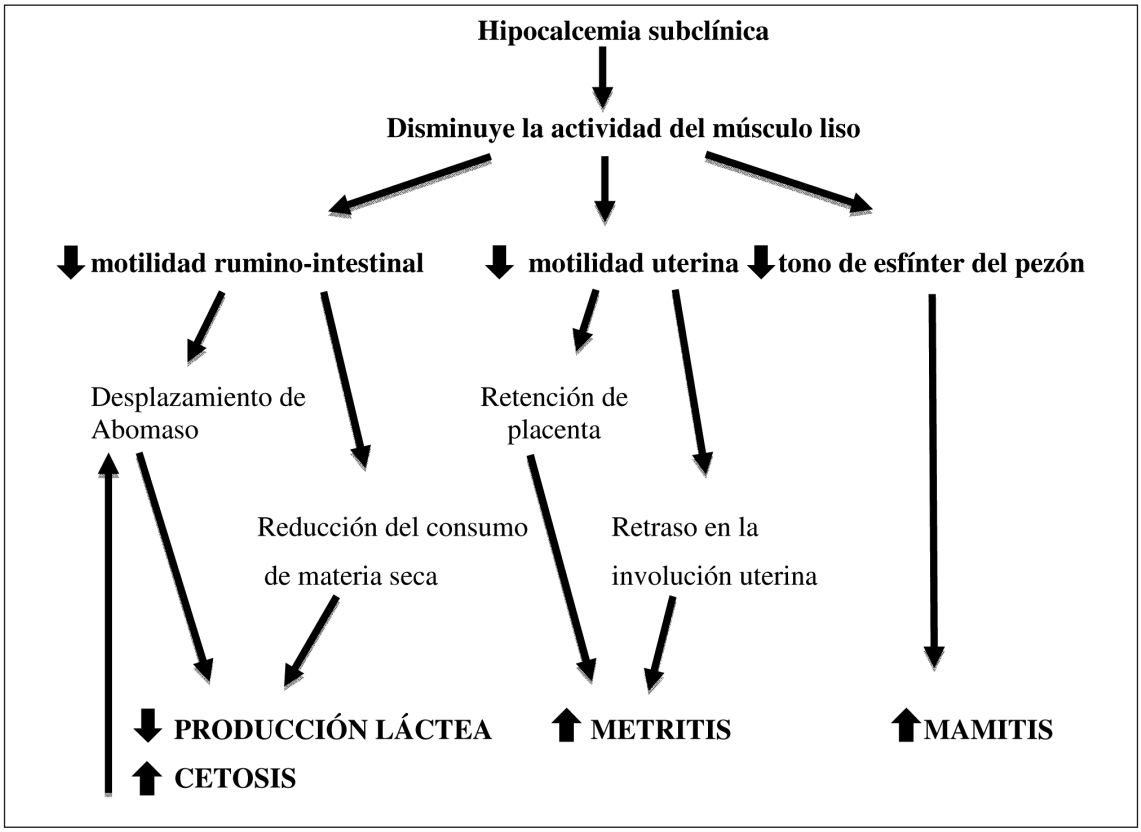


Figura 4. Problemas derivados de la hipocalcemia subclínica.
Figure 4. Problems derived from subclinical hypocalcemia.

(Martinez *et al*., 2012) en al menos una muestra en los tres primeros días postparto (Risco, 2015). Teniendo en cuenta que niveles de hipocalcemia subclínica incrementan la aparición de desplazamiento de abomaso en 3,7 veces (Chamberlin *et al.,* 2013) con respecto a vacas con niveles de calcio igual o superior a 8,5 mg/dl. El riesgo de cetosis se eleva 5,5 veces (Curtis *et al*., 1983). Así como 3 veces la aparición de retención de placenta y metritis (Martinez *et al*., 2012; Rodríguez et *al*., 2017) en vacas hipocalcémicas frente a vacas normocalcémicas.

Cuando los niveles de este mineral son inferiores a 5,5 mg/dl, las vacas suelen mostrar sintomatología de hipocalcemia clínica (Razzaghi *et al*., 2012). Una vez alcanzados los niveles de calcio sérico inferiores a 3,5 mg/dl, la mayoría de las vacas entran en coma hipocalcémico y mueren (Oetzel, 1988).

Estrategias de prevención y tratamiento

De cara a disminuir las pérdidas económicas que esta enfermedad provoca, se establecen unas medidas que ayuden en su control, disminuyendo su incidencia. Las medidas preventivas tienen que llevarse a cabo durante el periodo de transición, el cual abarca 21 días

previos al parto (preparto inmediato) y 21 días posteriores al parto (posparto) (Drackley, 1999), buscando que las vacas alcancen un estado fisiológico de acidosis sistémica compensada, circunstancia que se consigue de forma más eficaz cuando las raciones se ven suplementadas con aniones (Goff, 2004). Otra de las acciones, sería una alimentación con cantidades reducidas de calcio para obtener un balance calcio/potasio menor durante el preparto (Horst *et al*., 1997; Houe *et al*., 2001).

Por tanto, la prevención y el tratamiento de la hipocalcemia se basan en el diseño de cuatro tipos de estrategias durante el periodo de transición:

1. **Acidificación de la ración**, con la adición de sales aniónicas en la ración preparto que fueron utilizadas ya por primera vez por Block (1984), y hasta la actualidad por otros autores (Goff, 2004; DeGaris y Lean 2008; Grünberg *et al*., 2011; Martinez *et al*., 2016).

2. Alimentación de las vacas en los días anteriores al parto, con **raciones bajas en calcio** (Horst *et al*., 1997; Houe *et al*., 2001; Kronqvist *et al*., 2012; Martinez *et al*., 2016).

3. **Suplementar a los animales con vitamina D entre el cuarto y el primer día antes del parto** (Sachs *et al.,* 1977; Wilkens *et al*.; 2012, Martinez *et al*.; 2016).

4. **Administración oral de preparados de calcio durante el periparto** (Stokes y Goff, 2001; Melendez *et al*., 2003; Oetzel y Miller, 2012).

La utilización de sales aniónicas consiste en alterar nutricionalmente el balance ácido-base, para disminuir la alcalosis metabólica asociada a una mayor incidencia de hipocalcemia. La alcalosis es causada por una ración rica en cationes (sodio y potasio) y con menos aniones (sulfato y cloruro), que son las típicas raciones usadas en vacuno lechero en altas producciones, ya que suelen contener forrajes ricos en potasio, como los silos y henos de gramíneas y leguminosas, fertilizados con elevadas cantidades de abonos orgánicos, y otras leguminosas como la alfalfa, el guisante forrajero y la veza que también aportan potasio a la ración (Miller, 1979). Con las sales aniónicas se consigue un estado fisiológico de acidosis sistémica compensada; esto ocurre porque una dieta rica en aniones hace que se supere la capacidad del riñón para excretar la cantidad suficiente de hidrogeniones (H^+), provocando una mayor retención de estos, así se consigue una ligera acidosis (Razzaghi *et al*., 2012). Para monitorizar cuándo un animal responde a este suplemento, una técnica válida es la determinación de pH en orina. Cuando el pH urinario se encuentra entre 6,2 y 6,8 se acepta como indicador de que la administración de aniones está dando los resultados esperados (Weich *et al*., 2013).

El uso de las sales aniónicas queda definido por la cantidad de cationes fijos que tenga la dieta base, con la posibilidad y conveniencia de reemplazar a los componentes de la dieta preparto que los contengan, y según el potencial productivo de los animales.

Se han utilizado gran cantidad de formas para calcular la diferencia catión-anión de la dieta (DCAD), siendo la fórmula de Ender la más usada (Calsamiglia *et al*., 2009):

$$DCAD = (Na + K) - (Cl + S)$$

Para realizar el cálculo, debe conocerse la concentración porcentual de los distintos iones que forman parte de la ración y transformarlo en miliequivalentes (mEq) por cada 100 g de ración.

La alcalosis sistémica afecta al metabolismo del calcio porque reduce la absorción a nivel intestinal; pero, sobre todo, porque altera los receptores de unión de la PTH, por lo que ésta es más débil y no tan efectiva (Goff y Horst, 2003). El aumento en plasma de la concentración de hidroxiprolina sugiere la implicación de la resorción ósea. Algunos autores como Goff (2000), Kogawa *et al*., (2010) indican que con la dieta aniónica tiene lugar

una mayor concentración de 1,25-$(OH)_2 D_3$ y un aumento de la sensibilidad de los receptores de la hormona PTH.

Puede verse una clara tendencia a incrementarse la incidencia de hipocalcemia en el rebaño a medida que aumenta el DCAD. Por tanto, cuando el DCAD se mantiene por debajo de 0, la incidencia de la enfermedad es inferior (menor al 20 %), en relación a las dietas con DCAD positiva (0-60%). (Goff, 1992; Horst *et al*., 1994).

Si valoramos el nivel óptimo de calcio en combinación con raciones acidificantes, las informaciones son discordantes. Algunos autores consideran que unos niveles bajos de calcio con valores negativos de DCAD resultan complementarios en la prevención de la hipocalcemia subclínica (Fürll *et al*., 1996; Vagnoni y Oetzel 1998; Chan *et al*., 2006); por otro lado, otros investigadores opinan que los niveles de calcio no afectan a los valores de calcio sérico al parto en animales con dieta acidificante (Gelfert y Staufenbiel, 2008). Sin embargo, De Blas *et al*. (1999) y Gelfert y Staufenbiel (2008) recomiendan que la ración contenga altos niveles del mineral, puesto que estas dietas acidogénicas aumentan considerablemente la excreción de calcio en orina.

También se ha demostrado, que la combinación de raciones aniónicas con una suplementación de vitamina D en la dieta, tiene efectos beneficiosos en la prevención de la hipocalcemia (Wilkens *et al*., 2012). La utilización de vitamina D en la ración, por sí sola, no resulta beneficiosa, ya que origina un descenso de la concentración plasmática de calcio, especialmente en animales de más de tres partos. No obstante, en combinación con una dieta baja en DCAD, se produce una mayor tasa de resorción ósea debido a un aumento de la PTH que origina la dieta aniónica. Mientras que con la suplementación de vitamina D a la dieta aniónica se consigue una mayor movilización ósea de los mecanismos homeostáticos del calcio, lo que da como resultado un aumento de la concentración de calcio plasmático (Kogawa *et al*., 2010; Wilkens *et al*., 2012).

No obstante, otros autores no recomiendan esta combinación, ya que no encontraron diferencias significativas en la prevención de la hipocalcemia cuando administraban una dieta aniónica junto con la vitamina D respecto de la dieta aniónica en exclusiva (Weiss *et al*., 2015).

En los animales alimentados con forrajes ricos en potasio como las gramíneas y leguminosas (fertilizadas con elevadas cantidades de abonos orgánicos como purines, lodos), como también alimentar con alfalfa y veza en el periodo seco y preparto, la suplementación de aniones a la dieta promueve la movilización y la absorción de calcio, al evitar la alcalosis metabólica que provocan las dietas con elevados contenidos en potasio (Rerat y Schlegel, 2014). No obstante, para contrarrestar la alcalosis metabólica que provocan los forrajes con alto contenido en potasio en preparto, se podría aumentar la cantidad de aniones, aunque esta práctica disminuiría la palatabilidad de la ración; por lo que resulta más práctico aportar un forraje no excesivamente elevado en potasio (18 g/kg materia seca) como, por ejemplo: ensilado de maíz, ensilados y henos de hierba con bajo contenido en abonos orgánicos, junto con una dieta aniónica (Rerat y Schlegel, 2014).

Como hemos apuntando antes, las sales aniónicas reducen la palatabilidad de la ración, reduciendo su ingesta (Vagnoni y Oetzel, 1998), por ello, la adición de éstas en la dieta ha de ser limitada (Block, 1984; Oetzel, 1988). Además, la acidosis creada por estas sales puede disminuir la ingestión de materia seca aún más (Horst *et al*., 1997).

La suplementación en la dieta con aniones ha de realizarse durante, como mínimo, 10 días en el periodo previo al parto, sugiriéndose una DCAD de –100 mEq/kg (Martín-Tereso *et*

al., 2014). Como norma general, la reducción de la DCAD suplementando con sales aniónicas solamente se recomienda cuando la DCAD de la ración supera 250 mEq/kg (Horst et *al*., 1997). En la figura 5, aparece el efecto de añadir sales acidogénicas sobre el pH urinario, logrado al administrar una ración con una DCAD de –100 mEq/kg MS. Puede verse cómo en el grupo tratado el descenso del pH de la orina fue gradual durante las tres últimas semanas antes del parto, mientras que se mantuvo más o menos estable en el grupo control, el cual recibió una ración fuertemente catiónica con una DCAD de +300 mEq/kg MS durante todo el tiempo que duró la prueba (Cravero *et al*., 2002).

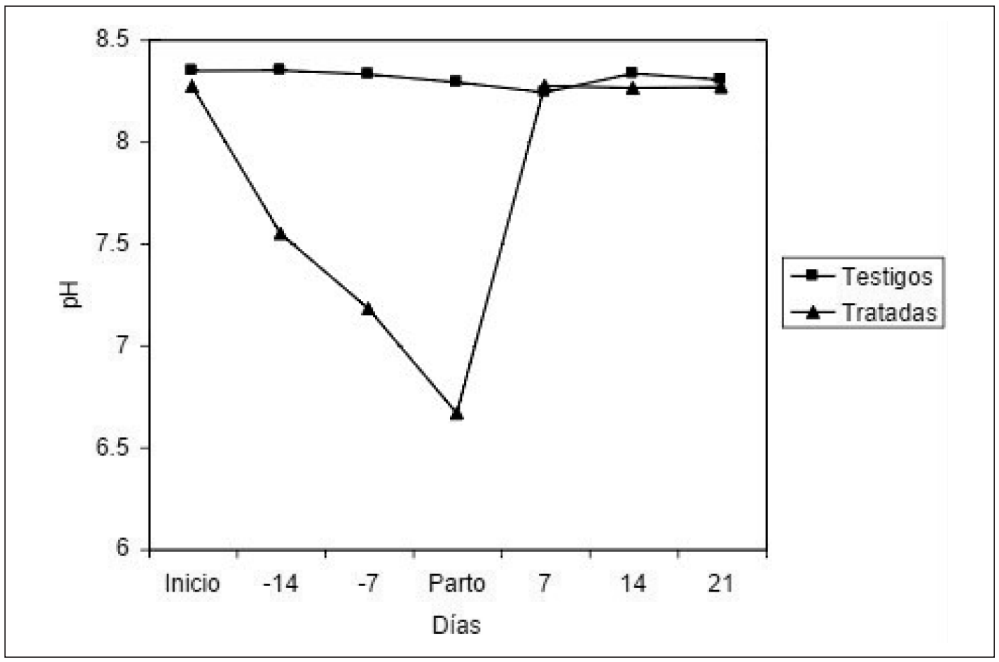


Figura 5. Variación del pH medio en orina en vacas que recibieron dietas acidogénicas en preparto, frente al grupo control.

Fuente: Cravero *et al*., (2002).

Figure 5. Mean pH variation in urine in cows fed on acidogenic diets in the prepartum as compared to the control group.

Otra forma de prevenir la hipocalcemia tras el parto consiste en alimentar a los animales con dietas bajas en calcio en el periodo preparto. De este modo, conseguimos que los mecanismos homeostáticos no se vean paralizados durante el periodo seco (Figura 6) (Goings *et al*., 1974; Wiggers *et al*., 1975; Green *et al*., 1981; Kichura *et al*., 1982).

Las necesidades de calcio de la vaca seca de 500 kg son de 33 g/día durante los dos últimos meses de gestación (Kronqvist *et al*., 2012), relativamente bajas si mencionamos que la mayoría de raciones para vacas secas contienen cantidades superiores de calcio, entorno a 45g/día (Bach y Calsamiglia, 2002). Al superarse las necesidades, la demanda de calcio se

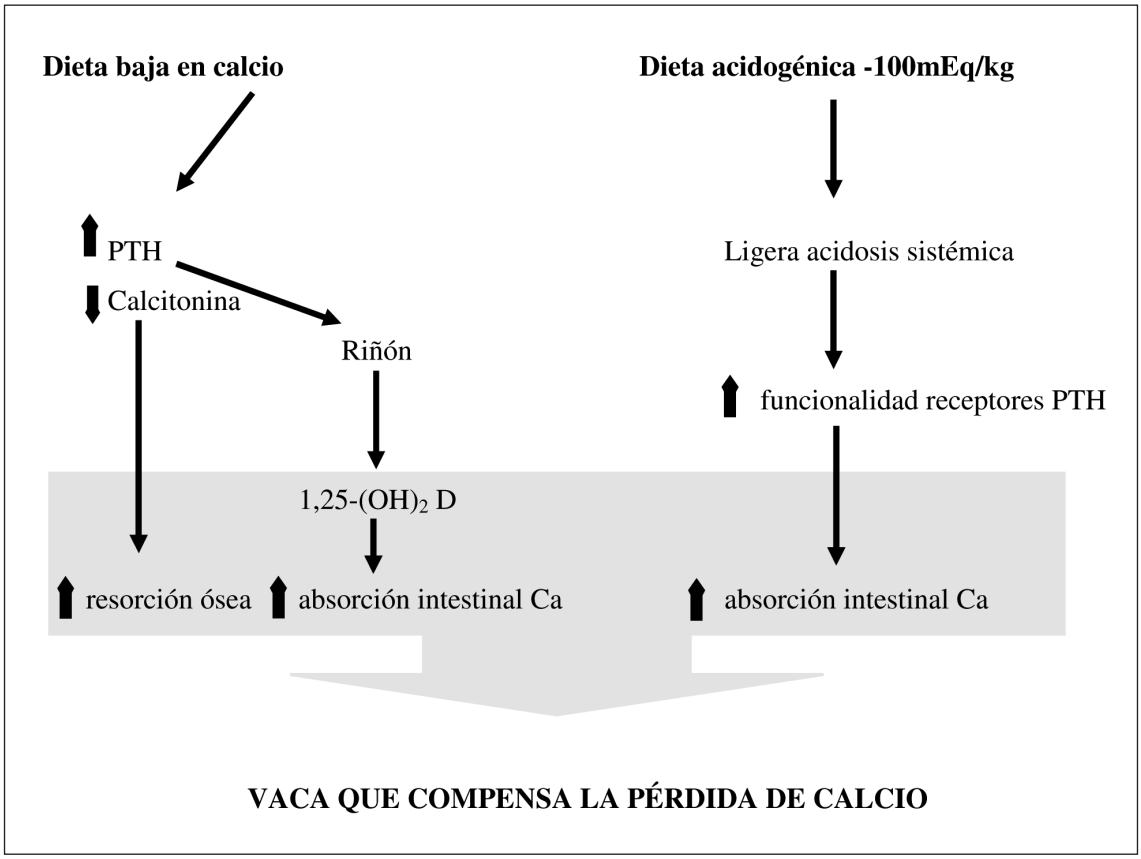


Figura 6. Manejo nutricional recomendado para los animales en el período seco de cara a prevenir la hipocalcemia.
Figure 6. Recommended nutritional management of animals in the dry period in order to prevent hypocalcemia.

cubre por mecanismos osmóticos a través del tracto gastrointestinal, quedando los mecanismos homeostáticos prácticamente inactivos. Antes de que se produzca el parto, las necesidades de calcio se ven muy aumentadas debido a la producción de calostro. Esto genera una gran demanda de calcio sérico, que debe ser compensada mediante mecanismos de difusión pasiva del calcio a nivel gastrointestinal; más tarde se activaran los mecanismos homeostáticos para la reabsorción del calcio como son, la vitamina D, que se activa a las 24 horas del parto, y la PTH, que lo hace a las 48 horas y estimula la reabsorción ósea (Martín-Tereso y Martens, 2014). El problema ocurre porque en algunos animales estos procesos requieren periodos superiores, lo que hace que aparezca la hipocalcemia subclínica. Al reducir la ingesta de calcio a menos de 20 g/día en el secado, los mecanismos homeostáticos se activan antes del parto y la eficacia de absorción y resorción del mineral son más eficientes tras el parto (Green *et al*., 1981; Kichura *et al*., 1982). El periodo en el que se consideran necesarias estas concentraciones de calcio reducidas va-

ría según los diferentes autores, pero, en general, se encuentra entre 7 y 14 días (Green *et al*., 1981; Goings *et al*., 1974).

Existe, también, un mineral, la zeolita A, que se puede unir al calcio en el tracto gastrointestinal dejándolo indisponible para la absorción, desencadenando un balance negativo de calcio (Overton y Waldron, 2004), de manera que se puede utilizar como aditivo para reducir el calcio en las dietas preparto. En dos estudios realizados por Thilsing-Hansen y Jørgensen (2001) y Thilsing-Hansen *et al*. (2002), con la administración de 1 kg/día de zeolita A por vaca durante las cuatro semanas anteriores a la fecha prevista del parto y, después de éste, la adición de 250 g de carbonato cálcico los días 1 y 2 postparto, aumentaron las concentraciones de calcio en sangre por encima de 8 mg/dl, con respecto al grupo control que permanecieron en niveles sanguíneos inferiores a los 8 mg/dl.

El balance calcio-fósforo se ha sugerido como factor importante en relación al desarrollo de hipocalcemia. Una relación Ca:P antes del parto baja estimula un aumento del nivel de PTH, contribuyendo a prevenir la hipocalcemia (Barton *et al*., 1987). Cuando las dietas son ricas en fósforo, pero con niveles de calcio inferiores a 40 g/vaca/día debe tenerse cuidado, ya que los niveles altos de aniones fosfato inhiben la actividad de la enzima 1-hidroxilasa renal que transforma el 25-(OH) D_3 en 1-25$(OH)_2D_3$, metabolito, éste, activo que modula la absorción intestinal de calcio y aumenta la movilización ósea de los mecanismos homeostáticos del calcio, lo que desencadena la paresia puerperal (Barton *et al*., 1987; Kichura *et al*., 1982).

El magnesio resulta ser otro mineral a valorar en las raciones de cara a la prevención de la hipocalcemia. Una dieta baja en magnesio durante las 3 semanas previas al parto puede producir que aumente el riesgo de las vacas a padecer hipocalcemia (Kronqvist *et al*., 2012). Son necesarias cantidades adecuadas de Mg para la secreción de PTH, y así mantener un buen estado de sus receptores y del complejo proteico de estimulación-G (necesario para una respuesta tisular correcta ante el estímulo de la PTH (Mulligan *et al*., 2006; Kronqvist *et al*., 2012)). Además, el magnesio es un elemento que forma parte en la síntesis de 1,25-$(OH)_2$ D_2 ya que contribuye a su hidroxilación (Razzaghi *et al*., 2012; Martín-Tereso y Martens, 2014). La dieta de las vacas durante el periodo de transición debe contener un 0,35-0,40 % de magnesio sobre materia seca, tanto con sales aniónicas como sin ellas (Calsamiglia *et al*., 2009). La hipomagnesemia puede reducir la respuesta de los receptores a la PTH; no obstante, no resulta difícil de corregir este déficit en las raciones (Goff y Horst, 2003).

Se han desarrollado también bolos intrarruminales y geles de calcio para suplementar a los animales considerados "en riesgo" de hipocalcemia. Los suplementos orales de calcio se han desarrollado para aprovechar la difusión pasiva del calcio ionizado en el rumen y en el intestino. La difusión pasiva depende de la dosis, y son necesarias cantidades entre 50 y 75 gr de calcio para que tenga lugar dicha difusión (Goff y Horst, 1994). Los compuestos más utilizados son las sales de cloruro de calcio y de propionato de calcio, ambos compuestos contienen una concentración de 36% y 21% de calcio, respectivamente (Risco, 2015).

El cloruro es un potente acidificador metabólico, mejorando la absorción intestinal de calcio y paliando la alcalosis metabólica, que alteraba la función de la PTH (Oetzel y Miller, 2012). En combinación con las sales aniónicas puede provocar acidosis metabólicas, por lo que debe restringir su uso. Además, puede ser corrosivo e incluso provoca necrosis a nivel esofágico (Risco, 2015). El propionato cálcico proporciona menos cantidad de calcio que los bolos de cloruro de calcio, pero resulta ser menos irritante, y no provoca acidosis metabólica, además proporciona ener-

gía al ser un precursor de la glucosa. La mayoría de los bolos intrarruminales de calcio proporcionan entre 53 y 75 g de calcio y 400 g de propionato.

En un estudio desarrollado por Oetzel y Miller (2012) se observó que la administración de dos bolos de 43 g de calcio en forma de cloruro cálcico y sulfato cálcico, reducía la incidencia de enfermedades en los 30 días postparto. Aplicando un bolo después del parto y el segundo entre las 8 y 35 horas después en vacas cojas.

Otro estudio de Sampson *et al*. (2009) obtuvo un incremento del calcio sérico y un descenso del pH urinario al administrar un bolo intrarruminal inmediatamente después del parto y un segundo bolo a las 12 horas posparto.

A pesar de los buenos resultados de los estudios anteriores, se han publicado otras investigaciones en las que no se han obtenido mejoras en las concentraciones de calcio plasmático, así por ejemplo, Stokes y Goff (2001) observó que las vacas suplementadas con 146 g de calcio en forma de propionato de calcio y 300 ml de propilenglicol en el momento del parto, y que evaluaron posteriormente la concentración de calcio y glucosa plasmática, no obtuvieron modificaciones plasmáticas en las concentraciones de calcio entre vacas suplementadas y no suplementadas, ni mejoras en la producción láctea. En la misma línea investigadora, Melendez *et al*. (2003) evaluó el efecto de la administración diferentes presentaciones de calcio (un grupo control no tratado, un segundo grupo al que se administró 60g en forma de cloruro de calcio, y un tercer grupo que recibió 110 g de calcio en forma de propionato de calcio más 400g de propilenglicol) sobre los trastornos relacionados con el parto (retención de placenta, metritis), la producción láctea y la fertilidad; así, se comprobó que las vacas que recibieron calcio no obtuvieron mejores resultados productivos ni reproductivos, ni descensos en la incidencia de enfermedades posparto.

Otros autores (Martinez *et al*., 2016) obtuvieron buenos resultados en vacas multíparas con riesgo desarrollar enfermedades posparto (partos distócicos, gemelares, retención de placenta), reduciendo la incidencia de enfermedades del parto e incrementándose la concentración de calcio, sin embargo, en primíparas aumentó el riesgo de sufrir metritis. Esto acontece porque las primíparas son un grupo de bajo riesgo de metritis.

Quedó demostrado en el estudio de Martinez *et al.* (2016) que administrando calcio oral en estos animales, la incidencia de metritis llega a duplicarse, todo ello debido a que la administración de calcio oral conllevaba a un aumento de cuerpos cetónicos, y por ende a una disminución de la actividad de los neutrófilos y disminución de la inmunidad.

Este trabajo junto con otros publicados anteriormente (Goff, 2000; Goff y Horst, 2003; Van Saun, 2007) han puesto de manifiesto que el aumento de las concentraciones de calcio en sangre se produce entre 2 y 8 horas después de recibir el calcio oral. Este efecto corto del calcio en sangre quizás pueda explicar los diferentes resultados obtenidos por los trabajos antes expuestos (Risco, 2015), por lo que sería necesario una mayor investigación sobre el valor del suplemento de calcio oral en la salud del vacuno lechero durante el posparto.

Después de haber comentado las diferentes estrategias de prevención de la hipocalcemia (tabla 1), durante el periodo de transición, es momento de aclarar que la mejor manera de prevenir la hipocalcemia subclínica posparto es adecuar el manejo y la alimentación, más allá de cualquier recomendación farmacológica. Y así lo han puesto de manifiesto Østergaard *et al*. (2004), en su trabajo estudiaron los efectos económicos de distintas estrategias de prevención de la hipocalcemia en 24 granjas comerciales y observaron un mayor beneficio económico en las granjas que utilizaban sales aniónicas, en contraposición a las que sólo se utilizaban calcio oral. También se ha

Tabla 1. Eficacia de diferentes estrategias preventivas para prevenir la hipocalcemia subclínica
Table 1. Efficacy of different preventive strategies to prevent subclinical hypocalcemia

Autor	Tamaño del estudio	Estrategia preventiva utilizada	Prevalencia de la hipocalcemia subclínica
Oetzel y Miller, 2012	n = 927x^1 = 431x^2 = 496	1	++
Martinez *et al*., 2016	n = 450x^1 = 300x^2 = 150	1	++
Razzaghi *et al*., 2012	n = 24x^1 = 12x^2 = 12	2	+++
Weich *et al*., 2013	n = 53x^1 = 34x^2 = 19	2	+++
Martín-Tereso et *al*., 2014	n = 45x^1 = –x^2 = –	2	–
Wilkens *et al*., 2012	n = 56x^1 = 27x^2 = 29	3	+++
Rerat y Schlegel, 2014	n = 24x^1 = 12x^2 = 12	3	+
Weiss *et al*., 2015	n = 50x^1 = 35x^2 = 15	3	+

n = número de animales utilizados; X^1 = grupo de animales sometidos a tratamiento; X^2 = grupo control. 1 = Calcio Oral; 2 = Suplemento con sales aniónicas; 3 = Suplemento con vitamina D y sales aniónicas. +++ Disminuyen la prevalencia de la hipocalcemia subclínica de forma muy marcada; ++ Disminuyen la prevalencia de la hipocalcemia subclínica; + Apenas disminuyen la prevalencia de la hipocalcemia subclínica; – No han tenido efecto sobre la hipocalcemia subclínica.

propuesto, por parte de Sørensen *et al*. (2002), la combinación de sales aniónicas y calcio oral, pero se ha demostrado que los posibles beneficios de esa combinación no parecen justificar ese gasto económico (Melendez *et al*., 2002; Østergaard *et al*., 2004).

Ultimas estrategias de prevención

Una de las estrategias probadas, que buscaban ser un tratamiento novedoso para la hipocalcemia, fue la administración de somatotropina recombinante bovina antes del parto para intentar prevenir enfermedades del puerperio, como la hipocalcemia, pero no se conocen resultados satisfactorios, por los que no es recomendable (Gohary *et al*., 2014), además de estar prohibida en la Unión Europea.

Otra de las estrategias en desarrollo que se está investigando es la utilidad de anhídrido difructosa III durante el postparto temprano, ya que facilita la absorción de calcio a nivel intestinal por vía paracelular, por transporte pasivo a través de las uniones estrechas de las células dependiente del gradiente de calcio (Teramura *et al*., 2015). Esto podría resultar especialmente importante en vacas con varios partos, ya que los receptores intestinales para la vitamina D disminuyen con la edad del animal (Goff, 2000). En este estudio realizado por Teramura *et al*. (2015) se suplementó a un grupo de vacas con 40 gramos diarios de anhídrido difructosa III por vaca, desde el día 14 antes del parto hasta el día 6 postparto. Se vio que, en las vacas, de varios partos, suplementadas con anhídrido difructosa III los niveles de calcio tras el parto volvían más rápidamente a 9 g/dl que en el

grupo control, indicando que el anhídrido difructosa III promueve la absorción intestinal de calcio inmediatamente después del parto. No obstante, las concentraciones del marcador de la resorción ósea (telopéptido N-terminal del colágeno tipo I -NTX-) en suero no variaron entre los dos grupos, de modo que la resorción ósea no se veía aumentada. Por ello, se asocia el anhídrido difructosa III con la vía paracelular de absorción de calcio en el intestino (Teramura *et al*., 2015), y por todo ello, afirman los autores que el anhídrido difructosa III es un aliado potencial de cara a combatir la hipocalcemia en vacas de varios partos.

Recientemente, se ha publicado un estudio en el que se evaluó la exposición de la vacas de leche en preparto a la luz y su efecto sobre la vitamina D_3 y el nivel de calcio sérico en el posparto (Özçelik *et al*., 2017). De un total de 20 animales en el periodo seco se dividieron aleatoriamente en dos grupos: el grupo tratamiento, formado por 10 vacas alojadas en corrales abiertos y expuestas a la luz del sol durante 10 días antes del parto, y otras diez vacas control, estabuladas y sin acceso al exterior. Se comprobó que el grupo alojado en el exterior tuvo mayores concentraciones de vitamina D en el momento del parto, así como concentraciones superiores de calcio que el grupo control. Sin embargo, la producción láctea y otros metabolitos analizados (como la glucosa, los beta-hidroxibutirato y los ácidos grasos) no se vieron afectados por la exposición a la luz solar de las vacas del estudio (Özçelik *et al*., 2017).

Como última estrategia en desarrollo se incluye el papel de la serotonina en la mediación de los niveles de calcio circulantes. En un trabajo reciente se ha establecido una correlación positiva entre la serotonina y la proteína relacionada con la hormona PTH (PTHrP) –encargada de iniciar la resorción ósea– y de éstas con las concentraciones de calcio en el momento del parto (Weaver *et al*., 2016). En dicho estudio se mantiene la hipótesis de que la serotonina aumenta el transporte de calcio al interior de las células epiteliales de la glándula mamaria y desde éstas hacia la leche. De este modo, se produce una disminución de la concentración del calcio que dará lugar a la estimulación de la resorción ósea de este mineral; por lo que se produce una correlación negativa entre la concentración de serotonina y la incidencia de hipocalcemia (Weaver *et al*., 2016). Los mecanismos por los que la serotonina actúa sobre los niveles de calcio aún están por descifrar, ya que son bastante complejos.

En la actualidad se está estudiando la suplementación con 5-hydroxi-L-triptófano en el periodo de transición como posible terapia para la hipocalcemia, ya que se ha visto que contribuye a la movilización de calcio desde el hueso en ratas (Laporta *et al*., 2013). El 5-hydroxi-L-triptófano es un precursor de la serotonina, la cual actúa como un regulador de la lactación y un mediador en la resorción ósea. En el estudio realizado por Laporta *et al*. (2013) se quería determinar si la suplementación de la dieta de las vacas paridas con este precursor podría incrementar la resorción ósea y, con ello, mantener unos niveles de calcio iónico apropiados durante los primeros días de lactación. Se demostró que, en ratas, la administración de 5-hydroxi-L-triptófano en el periodo de transición consigue aumentar los niveles de serotonina y de PTHrP, dando lugar a un aumento de la captación de calcio por parte de la glándula mamaria y a un incremento de la resorción ósea (Laporta *et al*., 2013). Por esta razón, se cree que la suplementación con 5-hydroxi-L-triptófano posibilita también en vacas un aumento de la función del sistema serotoninérgico, induciendo la movilización de calcio óseo; no obstante, deben llevarse a cabo más estudios experimentales en vacas para confirmar esta posibilidad.

Conclusiones

A la vista de lo expuesto, se puede decir que la hipocalcemia subclínica es un importante trastorno metabólico mineral durante el periodo de transición de la vaca lechera de alta producción, con una incidencia alrededor del 75% de animales con valores de calcio por debajo de 8,5 mg/dl.

La hipocalcemia subclínica puede tener consecuencias sobre la salud de la vaca, apareciendo un aumento en la incidencia de enfermedades peripartales (cetosis, desplazamiento de abomaso, metritis, retención placentaria etc.).

El diagnóstico más eficaz para monitorizar la hipocalcemia subclínica es la valoración del calcio en sangre, considerándose un valor de alarma una concentración de calcemia inferior a 8,5 mg/dl.

La administración de sales aniónicas o dieta DCAD cuando se aplica, debe comenzar tres semanas antes del parto. Esta estrategia mejora la disponibilidad del calcio en el periodo de transición, consecuencia de la acidosis metabólica que acontece, pero sin olvidar que se debe controlar la acidificación de la dieta mediante el pH urinario, que estará entre 6,2 y 6,8. La revisión de diversos autores indica la fiabilidad y bajo coste económico de ésta medida preventiva.

La administración de bolos o geles orales únicamente tienen utilidad en aquellos animales considerados en riesgo de padecer hipocalcemia, aunque los resultados son contradictorios.

Las nuevas estrategias preventivas revisadas como la serotonina, el anhídrido difructosa III y el 5-hydroxi-L-triptófano están en pleno proceso de desarrollo, por lo que es necesario plantear en un futuro mayor número de estudios y éstos con una mayor profundidad para darles validez externa.

Bibliografía

Bach A, Calsamiglia (2002). Manual de racionamiento para el vacuno lechero. Ed. Servet, Zargoza, España. pp. 75-76.

Barton BA, Jorgensen NA, DeLuca HF (1987). Impact of prepartum dietary phosphorus in take on calcium homeostasis at parturition. Journal of Dairy Science, 70(6): 1186-1191.

Block E (1984). Manipulating dietary anions and cations for prepartum dairy cows to reduce incidence of milk fever. Journal of Dairy Science 67: 2939-2948.

Calsamiglia S, Bach A, de Blas C, Fernández C, García-Rebollar P (2009). Necesidades nutricionales del vacuno lechero durante el secado y la transición. En: Necesidades nutricionales para rumiante de leche. [Ed. Federación española para el desarrollo de la Alimentación Animal (FEDNA)], pp. 28-30. Ediciones Peninsular Sl, Madrid, España.

Chamberlin WG, Middleton JR, Spain JN, Johnson GC, Ellersieck MR, Pithua P (2013). Subclinical hypocalcemia, plasma biochemical parameters, lipid metabolism, postpartum disease, and fertility in postparturient dairy cows. Journal of Dairy Science 96: 7001-7013.

Chan PS, West JW, Bernard JK (2006). Effect of prepartum dietary calcium on intake and serum and urinary mineral concentrations of cows. Journal of Dairy Science 89: 704-713.

Cifuentes M, Rojas CV (2008). Antilipolytic effect of calcium-sensing receptor in human adipocytes. Molecular and Cellular Biochemistry 319: 17-21.

Corbellini C (2000). Influencia de la nutrición en las enfermedades de la producción de las vacas lecheras en transición. En: Book of Abstracts of the XXI Congreso Mundial de Buiatría, 4-8 de diciembre, Punta de Este, Uruguay, pp. 689: 16.

Cravero BF, Pendini CR, Mina R, Carrizo Bosio M, Rodriguez V, Misiunas S, Aimar V, Pozzo L (2002). Efecto del suministro de sales anionicas en el preparto de vacas lecheras en pastoreo de alfalfa. Disponible en: https://es.scribd.com/document/94504624/Efecto-Del-Suministro-de-Sa-

les-Anionicas-en-El-Preparto-de-Vacas-Lecheras (Consultado: 20 febrero 2018).

Curtis CR, Erb HN, Sniffen CJ, Smith RD, Powers PA, Smith MC, White ME, Hillman RB, Pearson EJ (1983). Association of parturient hypocalcemia with eight periparturient disorders in Holstein cows. Journal of the American Veterinary Medical Association 183: 559-561.

De Blas C, Resch C, Amor J, García P (1999). Utilización de sales aniónicas en dietas para vacas secas. Producción Animal 141: 48-58.

DeGaris PJ, Lean IJ (2008). Milk fever in dairy cows: a review of pathophysiology and control principles. The Veterinary Journal 176: 58-69.

Drackley JK (1999). Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier? Journal of Dairy Science 82: 2259-2273.

Ducusin RJ, Uzuka Y, Satoh E, Otani M, Nishimura M, Tanabe S, Sarashina T (2003). Effects of extracellular Ca^{2+} on phagocytosis and intracellular Ca^{2+} concentrations in polymorpho nuclear leukocytes of postpartum dairy cows. Research in Veterinary Science 75(1): 27-32.

Fenwick JC, Vermette MG (1989). Vitamin D3 and the renal handling of phosphate in American eels. Fish Physiology and Biochemistry 7(1-6): 351-358.

Ferguson JD, Galligan DT, Thomsen N (1994). Principal descriptors of body condition score in holstein cows. Journal of Dairy Science 77(9): 2695-2703.

Fürll M, Läkel LJ, Bauerfeld J, Groppel B (1996). Prophylaxis of parturient paresis by means of anions rations. Praktischer Tierarz Collegium Veterinarium 26(77): 31-34.

Gelfert CC, Staufenbiel R (2008). The role of dietary calcium in the use of anionic salts to prevent parturient paresis in dairy cows. Berliner und Münchner Tierärztliche Wochenschrift. 121: 256-262.

Goff JP, Horst RL, Reinhardt TA (1987). The pathophysiology prevention of milk fever. Veterinary Medicine 82: 943.

Goff JP (1992). Cation-anion difference of diets and its influence on milk fever and subsequent lactation: the good and bad news. En: Book of Abstrac Proceding. Cornell. Nutrition. Conference. Cornell, USA., pp. 148-159.

Goff JP, Horst RL (1994). Calcium salts for treating hypocalcemia: carrier effects, acid-base balance, and oral versus rectal administration. Journal of Dairy Science 77: 1451-1456.

Goff JP (2000). Pathophysiology of calcium and phosphorus disorders. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice 16(2): 319-337.

Goff JP, Horst RL (2003). Role of acid-base physiology on the pathogenesis of parturient hypocalcaemia (milk fever) – the DCAD theory in principal and practice. Acta Veterinaria Scandinavica 97: 51-56.

Goff JP (2004). Macromineral disorders of the transition cow. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice 20: 471-494.

Goff JP (2008). The monitoring, prevention, and treatment of milk fever and subclinical hypocalcemia in dairy cows. The Veterinary Journal 176(1): 50-57.

Gohary K, LeBlanc SJ, Lissemore KD, Overton MW, Von Massow M, Duffield TF (2014). Effect of prepartum administration of recombinant bovine somatotropin on health and performance of lactating dairy cows. Journal of Dairy Science 97(10): 6231-6241.

Goings RL, Jacobson NL, Beitz DC, Littledike ET, Wiggers KD (1974). Prevention of parturient paresis by a prepartum, calcium-deficient diet. Journal of Dairy Science 57(10): 1184-1188.

Guterbok WM (2004). Diagnosis and treatment programs for fresh cows. The veterinary clinics of north America: Food Animal Practice 20(3): 605-26.

Green HB, Horst RL, Beitz DC, Littledike ET (1981). Vitamin D metabolites in plasma of cows fed a prepartum low-calcium diet for prevention of parturient hypocalcemia. Journal of Dairy Science 64(2): 217-226.

Grummer RR, Wiltbank MC, Fricke PM, Watter RD, Silva-Del-Rio N (2010). Management of dry and transition cows to improve energy balance and reproduction. Journal Reproduction and Development 56(2010): S22-S28.

Grünberg W, Donkin SS, Constable PD (2011). Periparturient effects of feeding a low dietary cation-anion difference diet on acid-base, calcium, and phosphorus homeostasis and on intravenous glucose tolerance test in high-producing dairy cows. Journal of Dairy Science 94: 727-745.

Horst RL, Goff JP, Reinhardt TA (1990). Advancing age results in reduction of intestinal and bone 1, 25-dihydroxyvitamin D receptor. Endocrinology 126(2): 1053-1057.

Horst RL, Goff JP, Reinhardt TA (1994). Calcium and vitamin D metabolism in dairy cow. Journal of Dairy Science 77:1936-1951.

Horst RL, Goff JP, Reinhardt TA, Buxton DR (1997). Strategies for preventing milk fever in dairy cattle. Journal of Dairy Science 80(7): 1269-1280.

Houe H, Østergaard S, Thilsing-Hansen T, Jørgensen RJ, Larsen T, Sørensen JT, Agger JF, Blom JY (2001). Milk fever and subclinical hypocalcaemia-an evaluation of parameters on incidence risk, diagnosis, risk factors and biological effects as input for a decision support system for disease control. Acta Veterinaria Scandinavica 42:1-29.

Jawor PE, Huzzey JM, LeBlanc SJ, von Keyserlingk MA (2012). Associations of subclinical hypocalcemia at calving with milk yield, and feeding, drinking, and standing behaviors around parturition in Holstein cows. Journal of Dairy Science 95(3): 1240-1248.

Kamgarpour R, Daniel RC, Fenwick DC, McGuigan K, Murphy G (1999). *Post partum* subclinical hypocalcaemia and effects on ovarian function and uterine involution in a dairy herd. The Veterinary Journal 158(1): 59-67.

Kehrli ME, Nonnecke BJ, Roth JA (1989). Alterations in bovine neutrophil function during the periparturient period. American Journal Veterinary Research 50: 207-214.

Kichura TS, Horst RL, Beitz DC, Littledike ET (1982). Relationship between prepartal dietary calcium and phosphorus, vitamin D metabolism, and parturient paresis in dairy cows. The Journal of Nutrition 112(3): 480-487.

Kimura K, Reinhardt TA, Goff JP (2006). Parturition and hypocalcemia blunts calcium signals in immune cells of dairy cattle. Journal of Dairy Science 89(7): 2588-2595.

Kogawa M, Findlay DM, Anderson PH, Ormsby R, Vincent C, Morris HA, Atkins GJ (2010). Osteoclastic metabolism of 25(OH)-vitamin D3: a potential mechanism for optimization of bone resorption. Endocrinology 151: 4613-4625.

Kronqvist C, Emanuelson U, Tråvén M, Spörndly R, Holtenius K (2012). Relationship between incidence of milk fever and feeding of minerals during the last 3 weeks of gestation. Animal 6(8): 1316-1321.

Laporta J, Peters TL, Weaver SR, Merriman KE, Hernandez LL (2013). Feeding 5-hydroxy-l-tryptophan during the transition from pregnancy to lactation increases calcium mobilization from bone in rats. Domestic Animal Endocrinology 44(4): 176-184.

Law FM, Moate PJ, Leaver DD, Diefenbach-Jagger H, Grill V, Ho PW, Martin TJ (1991). Parathyroid hormone-related protein in milk and its correlation with bovine milk calcium. Journal of Endocrinology 128(1): 21-26.

Martig J (2005). Paresia puerperal hipocalcémica. En: Medicina Interna y Cirugía del bovino volumen 2. (Ed. Dirksen G, Gründer HD, Stöber M), pp 1129. Editorial Intermédica, Buenos Aires, República Argentina.

Martín-Tereso J, Martens H (2014). Calcium and magnesium physiology and nutrition in relation to the prevention of milk fever and tetany (dietary management of macrominerals in preventing disease). Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice 30(3): 643-670.

Martín-Tereso J, ter Wijlen H, van Laar H, Verstegen MW (2014). Peripartal calcium homoeostasis of multiparous dairy cows fed rumen-protected rice bran or a lowered dietary cation/anion balance diet before calving. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 98(4): 775-784.

Martinez N, Risco CA, Lima FS, Bisinotto RS, Greco LF, Ribeiro ES, Maunsell F, Galvão K, Santos JE (2012). Evaluation of peripartal calcium status, energetic profile, and neutrophil function in dairy cows at low or high risk of developing uterine disease. Journal of Dairy Science 95(12): 7158-7172.

Martinez N, Sinedino LD, Bisinotto RS, Daetz R, Lopera C, Risco CA, Galvão KN, Thatcher WW, San-

tos JE (2016). Effects of oral calcium supplementation on mineral and acid-base status, energy metabolites, and health of postpartum dairy cows. Journal of Dairy Science 99(10): 8397-8416.

Melendez P, Donovan GA, Risco CA, Hall MB, Littell R, Goff JP(2002). Metabolic responses of transition Holstein cows fed anionic salts and supplemented at calving with calcium and energy. Journal of Dairy Science 85: 1085-1092.

Melendez P, Donovan GA, Risco CA, Littell R, Goff JP (2003). Effect of calcium-energy supplements on calving-related disorders, fertility and milk yield during the transition period in cows fed anionic diets. Theriogenology 60: 843-854.

Miller WJ (1979). Forages and Roughages for dairy cattle. En: Dairy Cattle feeding and nutrition (Ed. Cunha TJ), pp. 221-252. Editorial Academic Press. New York San Francisco.

Mulligan FJ, O'Grady L, Rice DA, Doherty ML (2006). A herd health approach to dairy cow nutrition and production diseases of the transition cow. Animal Reproduction Science 96(3-4): 331-353.

Oetzel GR (1988). Parturient paresis and hypocalcemia in ruminant livestock'. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice 4(2): 351-364.

Oetzel GR, Miller BE (2012). Effect of oral calcium bolus supplementation on early-lactation health and milk yield in commercial dairy herds. Journal of Dairy Science 95(12): 7051-7065.

Østergaard S, Sørensen JT, Hindhede J, Houe H (2004). Control strategies against milk fever in dairy herds evaluated by stochastic simulation. Livestock Production Science 86: 209-223.

Overton TR, Waldron MR (2004). Nutritional Management of Transition Dairy Cows: Strategies to Optimize Metabolic Health. Journal of Dairy Science 87: 105-119.

Özçelik R, Bruckmaier RM, Hernández-Castellano LE (2017). Prepartum daylight exposure increases serum calcium concentrations in dairy cows at the onset of lactation. Journal of Animal Science 95(10): 4440-4447.

Ramberg CF, Johnson EK, Fargo RD, Kronfeld DS (1984). Calcium homeostasis in cows, with special reference to parturient hypocalcemia. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology 246(5): R698-R704.

Razzaghi A, Aliarabi H, Tabatabaei MM, Saki AA, Valizadeh R, Zamani P (2012). Effect of dietary cation-anion difference during prepartum and postpartum periods on performance, blood and urine minerals status of holstein dairy cow. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 25(4): 486-495.

Rerat M, Schlegel P (2014). Effect of dietary potassium and anionic salts on acid-base and mineral status in periparturient cows. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 98(3): 458-466.

Risco C (2004). Management of the postpartum dairy cow to maximize pregnancy rate. Book of Abstracts of the Florida Dairy Reproduction Road Show, 2-5 de marzo, Florida, USA. pp. 10.

Risco C (2015). Calving management from the employee perspective and effect of hypocalcemia on immune function and metritis in dairy cows. Book of Abstracts of the XX Congreso internacional ANEMBE de medicina bovina, 7-8 de mayo, Burgos, España. pp. 58-65.

Rodríguez EM, Aris A, Bach A (2017). Associations between subclinical hypocalcemia and postparturient diseases in dairy cows. Journal of Dairy Science 100(9): 7427-7434.

Rude RK (1998). Magnesium deficiency: a cause of heterogeneous disease in humans. Journal of Bone and Mineral Research 13(4): 749-758.

Sayeed MM (2000). Exuberant Ca^{2+} signaling in neutrophils: A cause for concern. Physiology 15(3): 130-136.

Sachs M, Bar A, Cohen R, Mazur Y, Mayer E, Hurwitz S (1977). Use of 1 alpha-hydroxycholecalciferol in the prevention of bovine parturient paresis. American Journal of Veterinary Research 38: 2039-2041.

Sampson JD, Spain JN, Jones C, Carstesen L (2009). Effects of calcium chloride and calcium sulfate in an oral bolus given as a supplement to post partum dairy cows. Veterinary Therapeutics 10(3).

Sørensen JT, Østergaad S, Houe H, Hindhede J (2002). Expert opinions of strategies for milk fever control. Preventive Veterinary Medicine 55: 69-78.

Stokes RS, Goff JP (2001). Evaluation of Calcium Propionate and Propylene Glycol administered in to the Esophagus of dairy cattle at calving. The Professional Animal Scientist 17: 115-122.

Teramura M, Wynn S, Reshalaitihan M, Kyuno W, Sato T, Ohtani M, Kawashima C, Hanada M (2015). Supplementation with difructose anhydride III promotes passive calcium absorption in the small intestine immediately after calving in dairy cows. Journal of Dairy Science 98(12): 8688-8697.

Thilsing-Hansen T, Jørgensen RJ (2001). Hot topic: prevention of parturient paresis and subclinical hypocalcemia in dairy cows by zeolite A administration in the dry period. Journal of Dairy Science 84(3): 691-693.

Thilsing-Hansen T, Jørgensen RJ, Enemark JM, Larsen T (2002). The effect of zeolite A supplementation in the dry period on periparturient calcium, phosphorus, and magnesium homeostasis. Journal of Dairy Science 85(7): 1855-1862.

Van Saun RJ (2007). Metabolic and nutritional diseases of the puerperal period. En: Current Therapy in Large Animal Theriogenology (Ed. Youngquist RS, Threlfall WR), pp. 355-378. St Louis: Saunders.

Vagnoni DB, Oetzel GR (1998). Effects of dietary cation-anion difference on the acid-base status of dry cows. Journal of Dairy Science 81: 1643-1652.

Weaver SR, Laporta J, Moore SA, Hernandez LL (2016). Serotonin and calcium homeostasis during the transition period. Domestic Animal Endocrinology 56: 147-154.

Weich W, Block E, Litherland NB (2013). Extended negative dietary cation-anion difference feeding does not negatively affect postpartum performance of multiparous dairy cows. Journal of Dairy Science 96(9): 5780-5792.

Weiss WP, Azem E, Steinberg W, Reinhardt TA (2015). Effect of feeding 25-hydroxyvitamin D3 with a negative cation-anion difference diet on calcium and vitamin D status of periparturient cows and their calves. Journal Dairy Science 98(8): 5588-5600.

Wiggers KD, Nelson DK, Jacobsen NL (1975). Prevention of parturient paresis by a low calcium diet prepartum: A field study. Journal of Dairy Science 58: 430-431.

Wilkens MR, Oberheide I, Schröder B, Azem E, Steinberg W, Breves G (2012). Influence of the combination of 25-hydroxyvitamin D3 and a diet negative in cation-anion difference on peripartal calcium homeostasis of dairy cows. Journal of Dairy Science 95(1): 151-164.

(Aceptado para publicación el 4 de mayo de 2018)

Tomate canario de exportación: una evaluación de costes

J.J. Cáceres-Hernández*, D. Godenau, J.I. González-Gómez,
G. Martín-Rodríguez y J.M. Ramos-Henríquez

Facultad de Economía, Empresa y Turismo, Campus de Guajara. Universidad de La Laguna.
38071, La Laguna

Resumen

El objetivo de este trabajo es evaluar los costes de producción de tomate de exportación en Canarias y compararlos con los de sus principales competidores. Se ha adoptado un enfoque de costes basados en las actividades. La información se ha obtenido a partir de las respuestas proporcionadas por una muestra de agricultores y centros de empaquetado a dos cuestionarios relativos, respectivamente, a las fases de cultivo y empaquetado desarrolladas en una campaña agrícola. Finalmente, se ha evaluado el coste de transporte y distribución hasta la venta al mayorista en el destino europeo. El resultado es que, una vez contemplados los costes financieros, un kilogramo de tomate puesto en el punto de venta en destino europeo costaría algo más de 1,05 euros en el caso canario, aproximadamente 80 céntimos de euro para el tomate peninsular y claramente menos de 70 céntimos para el marroquí.

Palabras clave: Tomate, costes basados en actividades, Canarias, Península, Marruecos.

Abstract
Canary tomato exports: a cost assessment

The aim of this paper is to assess the production costs of Canary tomato exports in comparison to its main competitors. The activity-based costing methodology is applied. To gather information about the cultivation and packaging activities throughout an agricultural season, two surveys were conducted for separate samples of farmers and packaging centres, respectively. The cost of transportation and distribution up to the sale to wholesalers at the European destination is also assessed. The result is that, once financial costs are taking into account, a kilogram of Canary tomato located in the European point of sale costs more than 1.05 euros, whereas the same cost for tomato from mainland Spain and Morocco is about 80 and 70 cents of euro, respectively.

Keywords: Tomato, activity-based costing, Canary, Mainland Spain, Morocco.

Introducción

Las cifras de participación del sector primario canario en el valor añadido bruto o en el empleo ponen claramente de manifiesto la pérdida de peso relativo de la actividad agraria desde hace varias décadas. La producción de tomate de exportación llegó a superar al plátano en términos de aportación a la producción final agrícola a principios del presente siglo, pero en la última década ha sufrido un importante retroceso. La evolución reciente

* Autor para correspondencia: jcaceres@ull.es
https://doi.org/10.12706/itea.2018.017

de la superficie de cultivo de tomate de exportación es un indicador inequívoco de esta tendencia recesiva. Las 4.500 ha de mediados de la década de 1990 (Figura 1) han ido reduciéndose paulatinamente hasta situar la superficie cultivada actual claramente por debajo de las 700 ha. Este fenómeno se ha dejado sentir en las cifras de empleo agrario. El tomate es un cultivo intensivo en factor trabajo, hasta el punto que sólo la fuerte crisis que ha experimentado en los últimos años le ha situado por detrás del plátano en términos de mano de obra empleada. Sigue siendo, sin embargo, un cultivo de gran importancia social, sobre todo en aquellos municipios en los que tiene mayor presencia.

Las exportaciones al mercado europeo –su principal destino– han experimentado un descenso significativo. Las más de 300 mil toneladas que todavía se exportaron en el año 2000 se han convertido en menos de 70 mil en 2015 (Figura 1). Lo más preocupante es que esta disminución de exportaciones no puede atribuirse a la reducción de la demanda, sino que responde más bien a la sustitución de la oferta canaria por la de otras procedencias. En el mercado comunitario, Canarias tenía en 1995 un peso algo inferior al de la Península y muy superior al de Marruecos. Sin embargo, en 2015 la exportación canaria representaba ya menos del 10% de la exportación peninsular y menos del 20% de la marroquí.

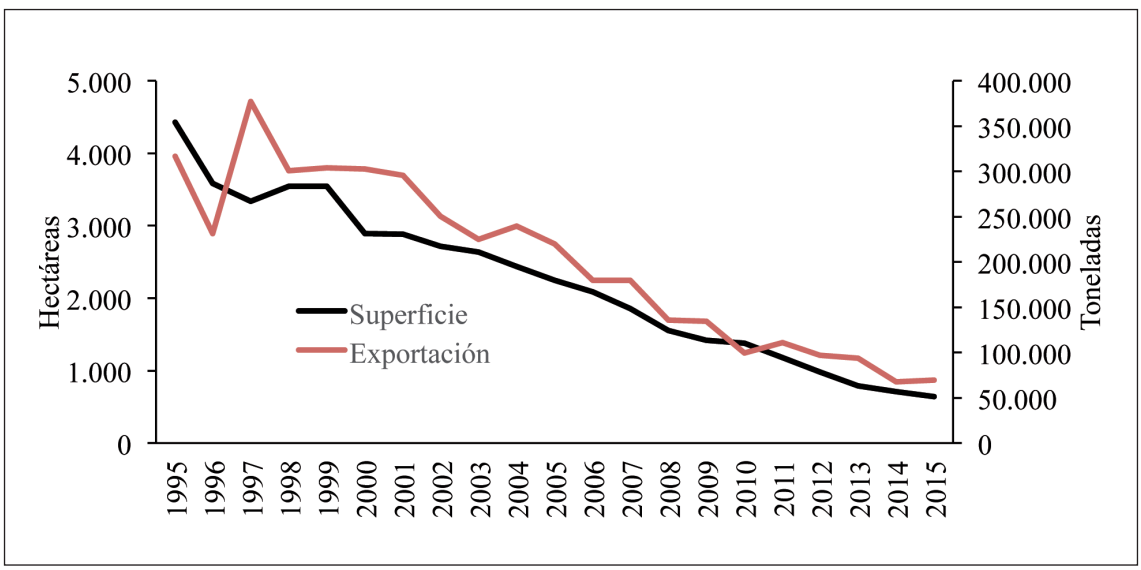


Figura 1. Superficie cultivada y exportaciones de tomate canario.

Fuente: Las superficies de cultivo entre 1995 y 2014 son las dedicadas al tomate de exportación según la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Aguas del Gobierno de Canarias. Las superficies de cultivo en 2015 corresponden a las indicadas por las organizaciones de productores para la campaña 2015/16. Las exportaciones incluyen los envíos a la Península según los datos publicados por el Instituto Canario de Estadística de acuerdo con la información suministrada por la Agencia Española de Administración Tributaria.

Figure 1. Cultivated land area and exports of Canary tomato.

La presencia menguante en los mercados refleja una pérdida de competitividad a la que han contribuido factores exógenos, como la incidencia de determinadas plagas o las dificultades de financiación, pero la explicación más profunda debe buscarse en circunstancias de mercado. El incremento de la oferta extracomunitaria procedente de Marruecos, de la producción norte-europea en el periodo de exportación canaria y, sobre todo, de una exportación peninsular que abarca ya todos los meses del año, provocan la saturación del mercado. La estabilidad de la demanda significa pues un exceso de oferta que empuja las cotizaciones a descender con frecuencia por debajo de los límites de rentabilidad que determinan unos costes en origen crecientes y unos elevados fletes en el transporte marítimo.

Además, es preciso subrayar que se trata de una actividad marcada por la heterogeneidad. Las pequeñas explotaciones conviven con otras de dimensión mucho mayor. Por ello, a pesar de la discontinuidad territorial que caracteriza, en general, a las fincas en las que se ubican las parcelas de la misma explotación, es preciso reconocer que los cosecheros que cuentan con una dimensión productiva relevante poseen tecnologías modernas de cultivo y empaquetado orientadas a satisfacer los estándares de calidad exigidos en mercados crecientemente competitivos. Por otra parte, algunos pequeños agricultores asociados en empaquetados de notable dimensión se benefician de las economías de escala en la comercialización y también de las ventajas en cultivo derivadas, por una parte, de la flexibilidad en el pago de los costes asociados al trabajo propio –más relevante en el caso de pequeños agricultores–, y, por otra, de su posición preferente para acogerse a las ayudas para la modernización de los cultivos. En definitiva, no todas las explotaciones cuentan con la misma capacidad para afrontar el periodo de dificultades que están atravesando. De cualquier modo, un diagnóstico más profundo sobre las posibilidades de supervivencia del cultivo aconseja recurrir al análisis detallado de la estructura de costes de estas explotaciones.

Entre los estudios que han abordado la evaluación de los costes de cultivo, empaquetado y comercialización de los productores canarios de tomate, cabe citar los trabajos de EDEI (1992, 1996), Cáceres-Hernández (2000a, 2000b), Cáceres-Hernández *et al.* (2009, 2010, 2012). Todos ellos identifican la mano de obra como el capítulo principal del coste de cultivo y como un componente importante de los costes de empaquetado. Por tanto, resulta aconsejable que la evaluación de costes, en lugar de derivarse de los balances contables de las explotaciones, descanse en cambio en la aproximación de las unidades necesarias de mano de obra y de todos los demás insumos que exigen las tareas propias del proceso productivo. Por supuesto, se deben tener también en cuenta las inversiones en maquinaria o instalaciones y algunos otros elementos que esas tareas requieren y que son, por tanto, generadores de costes, pero cuyo importe no está directamente vinculado al volumen de actividad de un proceso concreto.

Aunque el análisis de costes basado en las actividades (Hicks, 1997; Kaplan y Cooper, 2000) implica la imputación del coste inherente a cada actividad y la derivación del coste total como resultado de la agregación de los costes imputables a cada una, en este trabajo se ha optado por una aproximación similar que parte de la descripción de las actividades que intervienen en el proceso productivo y de la cuantificación de las horas de actividad correspondientes a cada una, pero que se orienta finalmente a la obtención de una estructura de costes desglosada por insumos y no por procesos.

Desde esta perspectiva, la aproximación a la función de producción asociada a cada proceso productivo se ha efectuado a partir de las

respuestas proporcionadas por una muestra de agricultores y centros de empaquetado a dos cuestionarios relativos, respectivamente, a las fases de cultivo y empaquetado desarrolladas en una campaña agrícola definida entre julio de 2014 y junio de 2015. Esta forma de proceder implica un inevitable margen de error si la estimación de los tiempos de actividad no se realiza con extremo cuidado. Pero si el productor en cuestión participa directamente en la realización de las tareas o, en su defecto actúa como encargado para la gestión del trabajo, entonces el margen de error se moverá entre márgenes estrechos y se podrá, por tanto, conocer con cierta precisión la magnitud del coste y, sobre todo, identificar los elementos sobre los que puede actuarse para reducirlos al mínimo posible.

Una vez evaluadas las necesidades físicas de insumos correspondientes a cada proceso, la aproximación al coste se efectuó tomando la información relativa a precios unitarios de la campaña 2015/16 aportada en las propias encuestas y complementada con la información proporcionada por los proveedores o por documentos oficiales. Finalmente, en el apartado de comercialización sólo se ha evaluado el coste de transporte y distribución hasta la venta al mayorista en el destino europeo. En realidad, asumiendo que la tecnología no ha cambiado entre las campañas 2014/15 y 2015/16, puede considerarse que la estructura de costes finalmente obtenida corresponde a la última de estas dos campañas.

En la sección siguiente se explica la configuración de la muestra utilizada y el método con el que finalmente se dedujeron las estimaciones de costes de cultivo y empaquetado de la sección tercera, que también incluye la aproximación a los costes de transporte y distribución para la producción canaria, así como las estructuras de costes para las producciones peninsular y marroquí. Finalmente, se exponen las conclusiones del trabajo.

Material y métodos

Estructura de costes para la producción canaria

La gran mayoría de la exportación canaria corresponde a tomate redondo y la estructura de costes que se presenta corresponde a esta variedad específica. Por supuesto, la validez de los resultados obtenidos está claramente condicionada por la representatividad de la muestra elegida, en la que, en cualquier caso, están presentes fincas de casi la totalidad de organizaciones de productores que dirigen su oferta a los mercados exteriores, así como la práctica totalidad de los empaquetados de tomates destinados a la exportación.

Para aproximar el coste medio unitario de la producción de tomate redondo en Canarias, se optó por agregar las estimaciones del coste de cultivo hasta la llegada al empaquetado y del coste de comercialización posterior, incluyendo la manipulación en el centro de empaquetado, así como el transporte hasta Europa y la distribución en destino hasta el almacén del mayorista. Para estimar los dos primeros componentes del coste, es decir, costes de cultivo y empaquetado, se elaboró un diseño muestral de fincas y centros de empaquetado ubicados en diferentes zonas de producción y correspondientes a distintas organizaciones de productores.

Dado que las estructuras de costes de cultivo por unidad de superficie y por unidad de producto son diferentes en función del sistema de cultivo, se consideró conveniente establecer una distinción entre lo que se ha denominado sistema moderno, caracterizado por la aplicación de la técnica de descuelgue en cultivo hidropónico en invernaderos de raspa y amagado o de tipo multitúnel, y el sistema tradicional, identificado por la utilización de suelo natural sin descuelgue, habitualmente desarrollado en invernaderos planos. De este modo, y a partir de las super-

ficies de cultivo de uno y otro tipo para la campaña 2015/16 correspondientes a cada una de las organizaciones de productores, el coste medio de cultivo por unidad de superficie para el tomate redondo puede obtenerse como promedio ponderado de los correspondientes costes en cada sistema y, utilizando entonces los rendimientos medios ponderados por las superficies respectivas, se obtiene finalmente el coste medio por unidad de producto.

Pues bien, para aproximar los costes medios de cultivo en cada uno de los dos sistemas considerados, se eligió una muestra de agricultores en cada caso (Tabla 1). Los márgenes de error en la aproximación al coste medio en euros/kg se han deducido a partir del supuesto de que el coste de cultivo por unidad de producto en una explotación se distribuye como una variable aleatoria normal con media y varianza diferente en función del sistema de cultivo. Concretamente, en el caso

Tabla 1. Muestra de explotaciones de cultivo y almacenes de empaquetado
Table 1. Sample of farms and packaging centers

	Explotaciones de cultivo según sistema de cultivo				
	Población[1]	Muestra[2]	Margen error[3]	Superficie encuestas (ha)	Superficie total (ha)[4]
Moderno	117	9	0,0315	14,8854	138,2955
Tradicional	86	13	0,0353	151,8034	410,9919
	Almacenes de empaquetado				
	Población[5]	Muestra[6]	Margen error[7]	Producción encuestas (tn)	Producción total (tn)[8]
Total muestra	15	12	0,0079	59.997	69.990

[1] Se ha identificado la población en términos del número de agricultores que solicitaron la ayuda a la hectárea (acción I.5, PAPAC) en la convocatoria de 2015. El número de agricultores que utiliza cada sistema de cultivo se ha estimado asumiendo proporcionalidad entre el número de solicitudes y la superficie cultivada con cada sistema en cada una de las OPFH.

[2] Se indica el número de fincas para las que se ha deducido la estructura de costes de cultivo en cada sistema.

[3] Se indica el margen de error en la aproximación a la media poblacional con una probabilidad de al menos el 95% en el caso de muestreo aleatorio simple no restringido en población finita.

[4] Se indica la superficie cultivada correspondiente a la campaña 2015/16.

[5] Se ha identificado la población en términos del número de almacenes de empaquetado que manipulan tomate redondo, aunque también puedan trabajar con otros productos.

[6] Se indica el número de almacenes de empaquetado para los que se ha deducido la estructura de costes.

[7] Se indica el margen de error en la aproximación a la media poblacional con una probabilidad de al menos el 95% en el caso de muestreo aleatorio simple no restringido en población finita.

[8] Se indica la producción empaquetada correspondiente a la campaña 2015/16.

del sistema de cultivo moderno, se ha asumido que la desviación típica poblacional es de 5 céntimos de euro, mientras que en el caso del sistema de cultivo tradicional esta desviación típica se ha fijado en 7 céntimos de euro. Asumiendo un tamaño poblacional definido por el número de solicitudes de ayuda a la hectárea en la convocatoria de 2015, y con los tamaños de muestra utilizados y bajo los supuestos considerados, el coste medio de cultivo por kg en cada uno de los dos sistemas puede aproximarse con un margen de error inferior a 4 céntimos de euro por kg y una probabilidad de al menos el 95 por ciento.

En el caso de los empaquetados, la información disponible permitió identificar una población de 15 empaquetados, en algunos de los cuales el tomate redondo no es el único producto manipulado, sino que también se empaquetan otras variedades de tomate o incluso de otros cultivos. La mayor parte de estos almacenes fueron objeto de encuesta y, por tanto, la aleatoriedad en la elección de la muestra es un supuesto difícilmente asumible. Sin embargo, si se asumiera que los almacenes de empaquetado encuestados fueron elegidos por muestreo aleatorio simple no restringido, el margen de error en la aproximación al coste medio en euros/kg –inferior al céntimo de euro– se ha deducido a partir del supuesto de que el coste de empaquetado por kilogramo en un almacén se distribuye como una variable aleatoria normal con desviación típica de 3 céntimos de euro. Ahora bien, al margen de cálculos inferenciales, tanto el tamaño de la población y de la muestra como el peso relativo de la producción empaquetada por los almacenes encuestados en relación con la producción total empaquetada sugieren que la muestra es representativa.

Para estimar los costes de cultivo, se recogió información sobre las características de las fincas explotadas por los agricultores encuestados. Además de su ubicación, tamaño y otros aspectos como el sistema de riego o la superficie de cultivo bajo invernadero, se conoce la producción obtenida y el destino de la misma, de modo que es posible deducir el rendimiento por unidad de superficie, así como la proporción de producto neto que se destina a la exportación.

Con respecto a los insumos consumidos en los procesos de cultivo, el componente fundamental del coste está asociado a la mano de obra. Se solicitaba a los agricultores que indicaran las horas de actividad dedicadas a cada uno de los grupos de tareas realizadas, pero como cabía esperar resulta extraordinariamente difícil cuantificar los tiempos dedicados a cada una de estas tareas. En el caso de que se disponga de personal asalariado, el registro total de horas de actividad en cultivo es una práctica habitual para determinar las remuneraciones, de modo que el total de horas de mano de obra puede interpretarse como una aproximación al número de horas remuneradas, pero podría ser superior al número de horas invertidas en las tareas específicas de cada proceso como consecuencia de la existencia de tiempos de inactividad. Por otra parte, en muchas explotaciones el peso relativo del trabajo propio en el total de horas de actividad es bastante significativo. Precisamente por todas estas limitaciones, los cuestionarios fueron cumplimentados por el propio equipo investigador en presencia del agricultor que dirigía la explotación y se dedicó especial cuidado a la aproximación de las necesidades de mano de obra.

En cualquier caso, la estabilidad relativa en el número de horas por kg correspondiente a las diferentes fincas con el mismo sistema de cultivo sugiere que la estimación efectuada por los agricultores se aproxima bastante a la real. El número promedio de horas de mano de obra por hectárea así calculadas ascendió a 4.775 horas: 6.291 para cultivo moderno y 4.265 en tradicional. La desviación más significativa entre uno y otro sistema corres-

ponde al capítulo de técnicas de cultivo. En este caso, la aplicación del descuelgue significa un incremento notable de las necesidades de mano de obra, también aparejadas al incremento de los rendimientos por hectárea. Precisamente este incremento de rendimientos es el que explica el incremento de productividad por hora de trabajo en cultivo moderno. El cultivo moderno significa un 50% más de horas de trabajo, pero casi se duplican los rendimientos por hectárea, de modo que por hora de trabajo el cultivo moderno obtiene 6 kg más que el cultivo tradicional, con el consiguiente ahorro en costes de mano de obra por unidad de producto.

Estas horas de trabajo pueden corresponder en mayor o menor medida al trabajo propio realizado por el agricultor, que habitualmente no se tiene en cuenta para la evaluación del gasto. Pero resulta evidente que cualquiera de las horas de trabajo implica un coste y, por tanto, se ha optado por valorar cada una de las horas de trabajo registradas como si todas ellas fueran realizadas por trabajadores asalariados que, considerando que trabajan 1.826 horas anuales, se ha estimado que perciben un salario equivalente a 5,77 euros/hora[1]. Y si, dado que es habitual, se considera que el agricultor que dirige la explotación participa como trabajador por cuenta propia en las labores de cultivo, cada una de estas horas tiene un coste adicional en concepto de seguros sociales de 1,80 euros/hora. Las restantes horas de actividad por campaña se remuneran con el mismo salario por hora, pero, asumiendo que el trabajador por cuenta ajena está integrado como trabajador fijo o fijo-discontinuo en el régimen general del régimen especial agrario de la Seguridad Social, se ha estimado que el coste de seguros sociales para la empresa asciende en este caso a 1,32 euros/hora[2].

Por lo que respecta a otros insumos, el consumo medio de agua de riego fue de 7.764 y 6.991 m^3/ha en cultivo tradicional y moderno, respectivamente. Y, aunque existen notables diferencias en el precio del agua en las distintas zonas de producción –desde 39 hasta 91 céntimos de euro por m^3–, el precio medio ponderado de acuerdo con el agua de riego consumida por las diferentes fincas fue de casi 59 céntimos de euro por m^3 en las fincas encuestadas con sistema tradicional, mientras que las fincas con sistema moderno soportaron un precio inferior a los 55 céntimos de euro por m^3. En cuanto a los materiales, el capítulo más significativo corresponde a las semillas. En cultivo moderno, con una densidad de plantación promedio para las fincas encuestadas de 12.300 plantas/ha, se emplea planta injertada con un coste unitario próximo a los 55 céntimos de euro. En los cultivos tradicionales, la densidad de plantación promedio supera las 11 mil plantas/ha y se usa tanto planta injertada, con un coste unitario que oscila entre 50 y 75 céntimos de euro por planta, como planta no injertada, con un coste unitario próximo a los 30 céntimos, de modo que el coste promedio ponderado por planta se ha estimado en 46 céntimos. En cuanto al coste de transporte a empaquetado, sólo se computa el coste imputable a las horas de trabajo, que no se han incluido en el recuento general de mano de obra. Sin embargo, el coste de combustible se incluye junto con los costes de agua y luz, mientras que la amortización del vehículo se incorpora en el capítulo de amortiza-

1. Se ha tomado como referencia la retribución salarial que según el convenio colectivo regional del campo para 2012, prorrogado en 2013 (Resolución 5521 de la Dirección General de Trabajo, BOC 217 de 06/11/2012) y aplicable en la campaña 2015/16, corresponde a un peón sin antigüedad. Se ha contemplado también la prima de asistencia y el plus de distancia, así como dos pagas extras más un mes de vacaciones.

2. Véase Orden ESS/86/2015, de 30 de enero.

ciones. Otro capítulo de menor relevancia es la prima del seguro agrario, que se ha estimado como función del rendimiento en cada finca y del precio medio por kg de tomate conforme a los informes sectoriales de ENESA (Entidad Estatal de Seguros Agrarios). Una significación similar tienen los servicios externos, tales como asesoría y análisis de tierra. También se ha incluido el coste del arrendamiento del terreno más habitual en la zona, que se ha cuantificado en 2.000 euros/ha y que, en el caso de fincas propias, puede interpretarse como un coste de oportunidad por dedicar la tierra al cultivo de tomate en vez de asignarla a otros usos alternativos.

Por otra parte, a la maquinaria e instalaciones utilizadas se le ha imputado un coste en concepto de amortización de acuerdo con los valores contemplados por el Gobierno de Canarias para la concesión de ayudas a la modernización de explotaciones[3]. Por último, se ha optado por incluir un apartado de costes financieros, que se han considerado equivalentes al 2% de todos los gastos anteriormente enumerados.

En cuanto a los costes inherentes a los procesos de empaquetado, los cuestionarios realizados recogían información sobre la dimensión del centro encuestado en términos no sólo del espacio que ocupa, sino especialmente del volumen de fruta manipulado, que permite obtener en mayor o menor medida economías de escala en el uso de las instalaciones que posea. En este sentido, el volumen medio de fruta apta para la comercialización manipulada en los empaquetados consultados fue de más de 5 millones de kg.

Los consumos registrados en los almacenes de empaquetado disponibles en la muestra revelan la existencia de dos componentes fundamentales: la mano de obra y los materiales, especialmente las cajas de cartón. Como en el caso de las encuestas a los agricultores, se solicitaba que se indicaran las horas de actividad dedicadas a cada uno de los grupos de tareas. Y aunque se registró una importante variabilidad en el número de horas de mano de obra por unidad de producto, parece existir cierta correlación entre dicho número y el volumen de fruta manipulado. Ahora bien, también contribuye a la eficiencia en el uso de la mano de obra el grado de especialización en el producto empaquetado. Así, en el caso de algunos almacenes con tamaño relativamente grande la eficiencia no es tan alta como podría esperarse debido a que no se empaqueta exclusivamente tomate redondo. En cualquier caso, en términos medios, se necesitaron algo más de 7 horas de mano de obra por tonelada de tomate apto para la exportación, considerando exclusivamente las horas del personal del almacén de empaquetado, pero no las horas del personal de administración y gestión. Estas horas de trabajo se han valorado considerando un salario promedio de 8 euros/hora, al que se han añadido 0,40 euros por hora en concepto de seguros sociales, de modo que el coste laboral por hora se situaría en torno a 8,40 euros/hora, con un rango entre 6,56 y 9,58 euros/hora en función del centro de empaquetado considerado[4].

En el apartado de materiales, las cajas de cartón son el elemento que más contribuye al

3. Se ha tomado como referencia el anexo de costes máximos contemplados para la concesión de ayudas a la modernización de explotaciones contempladas en el Programa de Desarrollo Rural 2007-2013. Véase Orden 5571 de 16 de diciembre de 2015 y Orden 1316 de 19 de marzo de 2014. Para los sistemas de riego e instalaciones de invernadero más habituales, así como para otras maquinarias, se ha considerado un periodo de amortización de 15 años, mientras que para edificaciones este periodo se ha ampliado a 25 años.

4. Se ha tomado como referencia el salario base semanal contemplado en el convenio colectivo para el empaquetado de tomates de la provincia de Las Palmas de Gran Canaria para la campaña 2012/2013 (BOP 131, de 11 de

coste de empaquetado, con un precio medio de 41 céntimos de euro por cesto de 6 kg, que es, sin embargo, algunos céntimos más barato para los empaquetados con mayor volumen y bastante más alto para almacenes como el ubicado en Fuerteventura, que tiene que sufragar el coste adicional del transporte entre islas. La repercusión de otros materiales es bastante menor, mientras que la repercusión conjunta del consumo de combustibles, agua y luz está bastante por debajo del céntimo de euro por kg. Y en cuanto al transporte de la fruta al muelle de origen, las diferencias encontradas entre unos empaquetados y otros no parecen responder tanto a que se recurra al transporte propio o se contraten servicios externos como a la ubicación de los centros.

También se ha incluido un capítulo específico de costes de administración. Además del material consumido y otros gastos menores, el componente más importante es la mano de obra ligada a las tareas de administración, que incluyen, en su caso, un gerente, además de auxiliares administrativos y, en su caso, algún personal adicional. El coste laboral promedio por hora se ha estimado en 10,27 euros[5].

Por otra parte, a las instalaciones propias del empaquetado y las edificaciones se les ha imputado un coste en términos de amortización. Los valores de la inversión se han deducido directamente de las respuestas recibidas por los responsables de los centros y se ha considerado un periodo de amortización de 25 años para las instalaciones y de 30 años para las edificaciones. Por último, y dado que en la mayoría de los casos el transporte de la fruta a muelle de origen se realiza con servicios externos, se consideró más relevante incluir el capítulo de amortización de los vehículos propios como un componente del coste del transporte propio, de modo que pudiera facilitarse la comparación con los costes de la contratación del servicio. Finalmente, se ha incluido un apartado de costes financieros, que de nuevo se han estimado aplicando un 2% al cómputo global de los restantes componentes del coste de empaquetado.

Una vez empaquetado, el tomate exportado se dirige fundamentalmente al mercado europeo y, dado el carácter insular del territorio canario, se recurre al transporte marítimo para llevar la fruta hasta el destino final. El coste por kg exportado depende del origen y destino de la fruta, así como del sistema de transporte utilizado. Pues bien, se han distinguido tres sistemas: los barcos fletados por FEDEX-ACETO –vinculada a las asociaciones provinciales de exportadores– dirigidos a Southampton o Rotterdam desde el puerto de Las Palmas de Gran Canaria, el transporte marítimo en contenedores a Tillbury, Southampton o Rotterdam desde los puertos de Santa Cruz de Tenerife o Las Palmas de Gran Canaria y, finalmente, el transporte en remolques, que implica el transporte marítimo a puertos peninsulares y luego por carretera hasta los destinos europeos de Southampton o Rotterdam.

---

octubre de 2013) y aplicable en la campaña 2015/16. Se ha contemplado además un complemento personal por asistencia y tres pagas extras, además de las vacaciones. Ahora bien, además de las horas extra, se han contemplado incrementos sobre la retribución en función de la antigüedad de la plantilla en cada centro de empaquetado. Las cuotas a la Seguridad Social se han deducido de acuerdo con el Sistema Especial para las tareas de manipulado y empaquetado de tomate fresco dentro del Régimen General.

5. En función del tamaño del empaquetado, se ha contabilizado el número equivalente de personas contratadas a tiempo completo durante un año y se ha asumido que cada una de estas personas realiza un total de 1.826 horas anuales remuneradas a 7,99 euros/hora (salario correspondiente a un auxiliar administrativo en el convenio colectivo para el empaquetado de plátanos de Tenerife, La Gomera y El Hierro para el año 2012 (BOP 07/05/2012), aplicable a la campaña 2015/16). Y de acuerdo con las bases y tipos de cotización vigentes para el año 2015, se ha estimado que el coste de seguros sociales para la empresa asciende a 2,28 euros/hora.

En el caso de la exportación procedente de Tenerife o Fuerteventura, el transporte en barcos fletados exige primero el transporte marítimo interinsular a Gran Canaria. En el caso del transporte en contenedores, la fruta procedente de Tenerife puede ir directamente a la Península, mientras que la cosechada en Fuerteventura pasa primero por Gran Canaria. Lo mismo sucede con el transporte en remolques, pero, aunque la producción de Tenerife no tendría que pasar por Gran Canaria, se ha considerado esta opción porque se trata de la de menor coste, incluso considerando el importe del transporte marítimo interinsular. Dado que la elección entre sistemas de transporte alternativos no debe descansar sólo en los costes, sino que también deben contemplarse las ayudas al transporte de diferente cuantía en cada caso en función de lo contemplado en la normativa específica, se evalúan también los costes netos del transporte una vez descontado el importe de dichas ayudas[6].

El transporte interinsular se realiza en planchas de 12 metros lineales con capacidad de carga de 21.840 kg (26 pallets de 840 cestos de 6 kg) y, aunque el coste aplicado a los exportadores por la compañía naviera depende, entre otros aspectos, del volumen de otras mercancías que comparten trayecto de ida o de vuelta, las informaciones recabadas de las organizaciones de productores de Tenerife y Fuerteventura permiten asumir un coste de 650 y 600 euros por plancha, respectivamente, una vez descontado el coste del transporte hasta el muelle de origen y que ya se ha contemplado en el coste de empaquetado. Sin embargo, la normativa ministerial establece unos costes tipo algo más elevados para el transporte Fuerteventura-Gran Canaria (57,75 euros por metro lineal de plancha) que para el transporte Tenerife-Gran Canaria (42,86 euros por metro lineal).

En cuanto al transporte marítimo Canarias-Europa a través de barcos fletados por las asociaciones provinciales de exportadores, se ha solicitado información a la empresa FEDEX-ACETO, que ha proporcionado el desglose de gastos correspondientes a cada una de las partidas, incluyendo el flete marítimo, el combustible, el seguro, las operaciones de carga y descarga, las tarifas portuarias, así como los trámites aduaneros. Normalmente, cada uno de los barcos zarpa del puerto de Gran Canaria con destino al puerto de Southampton y luego continúa hasta Rotterdam, o bien, se efectúa el arrastre en camión de la fruta con destino final en territorio continental, lo que implica un sobrecoste en el concepto de flete para este destino final de la fruta. Todos estos conceptos suponen unos costes por pallet de 140 cestos de 6 kg de 155,80 y 158,43 euros, respectivamente, en los envíos a Southampton y Rotterdam. Además, se ha contemplado el coste correspondiente a los gastos inherentes a la gestión efectuada por FEDEX-ACETO para la organización del transporte marítimo de la campaña, que de acuerdo con la información proporcionada por la propia empresa no alcanza el céntimo de euro por kg exportado. En este sistema de transporte, que también es objeto de subvención, se aplica un coste tipo de 9 céntimos de euro por kg.

Si el transporte marítimo se realiza en contenedor, los destinos son diferentes en función de la isla de procedencia del producto. En el caso de Gran Canaria y Fuerteventura,

6. Tanto el transporte marítimo interinsular como el dirigido a la Península o a Europa disfrutan de una subvención al transporte fijada en un máximo del 70% de los conceptos subvencionables, con unos máximos definidos legalmente por los costes tipo establecidos para cada año y sistema de transporte, origen y destino por el Ministerio de Fomento del Gobierno de España. Véase Orden FOM/1182/2016 (BOE 173, de 19 de julio de 2016).

los destinos siguen siendo Southampton y Rotterdam, pero en el caso de Tenerife los envíos se dirigen al mercado británico a través del puerto de Tillbury y en algún caso van a Southampton, pero no suelen terminar en destino continental. En cualquier caso, la capacidad de carga del contenedor suele ser de 20 pallets de 150 cestos de 6 kg más un pallet de 120 cestos de 6 kg, es decir, 18.720 kg. Los costes del transporte marítimo de esta unidad de carga contemplados en las estructuras de costes que se presentan ascienden a 3.455 y 2.511 euros en el transporte a Southampton y Rotterdam, respectivamente, para el caso de la fruta procedente de Gran Canaria o Fuerteventura. En el caso de Tenerife, los costes por contenedor son de 2.363 y 3.178 euros en los envíos a Tillbury y Southampton, respectivamente. Con respecto a los costes tipo aplicables en este caso para la determinación de la ayuda al transporte, la normativa establece un importe de 1.382,54 euros por contenedor.

Finalmente, cuando el sistema de transporte elegido es el remolque, se han utilizado los costes correspondientes a una compañía de transporte que efectúa el transporte marítimo desde Gran Canaria hasta Alicante y que luego continúa por carretera desde Alicante hasta las centrales de distribución en Southampton o Rotterdam. En este caso, y considerando la unidad de carga final en camión de 21.840 kg, resulta que el coste total del transporte marítimo y por carretera asciende a 3.894 euros si el destino final es Southampton y 3.293 euros hasta Rotterdam. Para determinar la subvención en esta modalidad de transporte, se ha considerado el coste tipo del contenedor refrigerado, que asciende, como ya se comentó, a 1.382,54 euros.

Por último, en cuanto a la distribución en destino, existen diferencias de coste en función del puerto europeo de llegada de la fruta y de su destino final. Además de la distancia entre el muelle o el centro de distribución del exportador y el punto de entrega al comprador de la fruta exportada, pueden existir diferencias en el coste de distribución en función de la capacidad de negociación y de la propia capacidad logística del exportador. A pesar de ello, y teniendo en cuenta la información proporcionada por algunos exportadores y recepcionistas en destino, se ha calculado un coste promedio de algo más de 12 céntimos por kg exportado en los envíos a Southampton y de 6,5 céntimos en los envíos a Rotterdam. En los envíos por contenedor a Tillbury desde Tenerife, se ha considerado también un coste por kg de 6,5 céntimos.

Estructura de costes para otras procedencias

La estructura de costes promedio obtenida para la producción canaria permite establecer comparaciones con las producciones de otras procedencias que compiten con el tomate canario en el mercado europeo de invierno, tales como la producción almeriense o la marroquí. Con respecto a la producción de tomate de Almería, se ha obtenido una estructura de costes que puede asumirse que corresponde a un sistema de cultivo tradicional de tomate redondo, con enarenado en invernadero de tipo raspa y amagado, y que constituye una aproximación preliminar a partir de la información registrada, entre otros, en De Pablo y Uribe (2015), Junta de Andalucía (2015) y Pérez-Mesa (2015)[7]. Por otra parte, se ha derivado también una estructura de costes para una explotación almeriense que desarrolla cultivo de tomate redondo liso en hidroponía en invernaderos

7. Véase también Pérez-Mesa *et al.* (2003), CapGemini Consulting y Tragsatec (2009), Manzano y García (2009), MARM (2010), Gázquez *et al.* (2011), Tolón *et al.* (2013) y Valera *et al.* (2014).

tipo multitúnel. Aunque en la producción de tomate en Almería, otras variedades tienen un peso significativo, se ha procurado deducir una estructura de costes comparable con la de similares producciones en Canarias. Con este fin, se utilizará una estructura de costes de cultivo promedio que se ha obtenido como un promedio ponderado de las dos estructuras de costes anteriores, que no se muestran por motivos de espacio.

La evaluación del coste de la mano de obra se ha efectuado siguiendo los mismos criterios explicados para el caso canario, es decir, valorando cada una de las horas de trabajo registradas como si todas ellas fueran realizadas por trabajadores asalariados. En particular, se ha tomado como referencia la retribución salarial que establece el convenio colectivo provincial de trabajo en el campo para 2015 (Resolución 2824/13, B.O.P. de Almería, 77 de 24/04/2013). Considerando entonces que un trabajador fijo realiza 1.826 horas anuales, resulta un salario equivalente a 6,81 euros/hora. Se asume además que el agricultor que dirige la explotación realiza estas horas como trabajador por cuenta propia, de modo que el coste de seguros sociales asciende a 1,80 euros/hora. Para las restantes horas hasta completar las necesarias por campaña, el coste laboral se situaría en 8,37 euros/hora, como resultado de añadir al salario por hora, el coste de seguros sociales para la empresa por hora de un trabajador fijo o fijo discontinuo por cuenta ajena, que asciende a 1,56 euros/hora.

En cuanto al empaquetado, la estructura de costes se ha deducido también a partir de las consultas efectuadas a un centro de empaquetado de la provincia. Como cabía esperar, la mano de obra y los materiales son los componentes fundamentales. El coste de mano de obra corresponde específicamente a las horas dedicadas a las labores específicas de empaquetado, mientras que las horas de trabajo en administración se han considerado en otro apartado. Las horas de trabajo en las labores de empaquetado se han valorado con un salario equivalente a 8,61 euros/hora[8], al que se han añadido unas cuotas a la Seguridad Social que suponen para el empaquetado considerado 0,37 euros por hora.

Por último, y dado que la mayor parte de la fruta exportada desde Almería se envía en camión por carretera, se ha asumido un coste similar al que corresponde a los envíos por carretera desde la Península hasta destino europeo para la producción canaria. Buena parte de la exportación de Almería se dirige al mercado francés, pero en la deducción de un coste medio de transporte comparable con el de la producción canaria se han considerado los pesos relativos de la exportación almeriense a Reino Unido, por un lado, y a Alemania y Países Bajos, por otro. Además, se ha añadido un coste fijo de 5 céntimos por kg en concepto de comisión del receptor de la fruta.

En el caso de Marruecos, la aproximación utilizada se ha deducido teniendo en cuenta la información referida a una explotación particular, así como la registrada, entre otros, en Alaoui *et al.* (2014), Alaoui *et al.* (2015) y Pérez-Mesa (2015)[9]. Concretamente, la estructura de costes corresponde a una explotación con rendimientos de 160 mil kg/ha, incluyendo la producción no exportada[10]. De

8. Se ha considerado el salario base contemplado en el convenio colectivo para el empaquetado de frutas y hortalizas de la provincia de Almería para la campaña 2014/2015 (BOP Almería 28 de 11/02/2013). Además de dos pagas extras, se ha incluido un complemento personal equivalente a un trienio de antigüedad.

9. Véase también Chemnitz y Grethe (2005) y Kellou (2012).

10. Algunos trabajos indican unos rendimientos inferiores en cultivos tradicionales. Por ejemplo, Pérez-Mesa (2015) apunta unos rendimientos medios de 130 mil kg/ha. Sin embargo, en cultivos modernos, este rendimiento puede llegar a superar los 28 kg/planta (Alaoui *et al*. 2014).

acuerdo con la explotación consultada, se necesitan 5 trabajadores por ha para el cultivo de tomate redondo, y cada trabajador trabaja 7 horas diarias 6 días a la semana[11]. Se ha asumido además que se trabajan 38 semanas. Estas horas de trabajo se han remunerado de acuerdo con el salario mínimo agrícola establecido a partir del 1 de julio de 2015 (*Bulletin Officiel* 6272, *edition arabe* de 10 de julio de 2014), que asciende a 69,73 dirhams/jornada, equivalentes a 0,93 euros/hora en jornadas de 7 horas. Además de los salarios, se han añadido los diversos conceptos a cargo del empresario en seguros sociales, que significan unos 19 céntimos adicionales de coste laboral por hora de trabajo.

En cuanto a los costes de los empaquetados marroquíes, y aunque no se dispone de información precisa, se ha asumido que la productividad del personal de empaquetado es de 124 kg/hora, similar a la de un pequeño empaquetado canario y el coste de mano de obra por kg se ha deducido entonces a partir del salario mínimo no agrícola establecido desde el 1 de julio de 2015 (*Bulletin Officiel* 6272, *edition arabe* de 10 de julio de 2014), que asciende a 107,68 dirhams/jornada, equivalentes a 1,25 euros/hora en jornadas de 8 horas. Además de las remuneraciones salariales y, según la normativa vigente, se han estimado unos costes por seguros sociales de 0,26 euros/hora.

Con respecto a los costes de comercialización, se ha considerado el coste de la exportación al mercado europeo, que se realiza mayoritariamente en camión frigorífico desde zonas como Agadir hasta el puerto de Tánger y, después del tránsito marítimo hasta Algeciras, continúa también por carretera hasta el destino final. Según Kellou (2012), el coste del transporte Agadir-Tánger, más el tránsito Tánger-Algeciras, incluyendo las tarifas aduaneras en Marruecos y España, supondría aproximadamente 2.052 euros por contenedor, mientras que el transporte posterior por carretera hasta Perpignan significaría 1.548 euros adicionales. Si se asume una comisión del receptor en destino de 5 céntimos por kg para un contenedor de 21.840 kg, es decir, 1.092 euros por contenedor, el coste total de comercialización hasta Perpignan ascendería a 3.600 euros. Ahora bien, para evaluar el coste de comercialización a los destinos propios de la producción canaria, además del coste hasta Algeciras antes apuntado, se ha añadido el coste del transporte por carretera hasta destinos en el Reino Unido, Alemania u Holanda. Concretamente, se ha añadido el coste de los envíos por carretera desde la Península hasta Reino Unido o Rotterdam considerados para la producción canaria y se han promediado los costes respectivos teniendo en cuenta los pesos relativos de la exportación marroquí a Reino Unido, por un lado, y a Alemania y Países Bajos, por otro. Además, se ha añadido un coste fijo de 5 céntimos por kg en concepto de comisión del receptor de la fruta.

Resultados y discusión

Estimación de costes para la producción canaria

Considerando los rendimientos medios netos por hectárea para las explotaciones encuestadas en cada uno de los dos sistemas de cultivo analizados, se han deducido las estructuras de costes por unidad de producto que refleja la Tabla 2. Como ya se ha comentado,

11. La jornada laboral habitual es de 44 horas/semanales y 2.288 horas/año. Pero en el sector agrícola, el total de horas anuales puede ser de 2.496, y considerando tres semanas de vacaciones, se deduce una jornada semanal de casi 51 horas/semana (6 días a más de 8 horas).

Tabla 2. Estructura de costes de producción canaria hasta la venta al mayorista en destino
Table 2. Canary production cost structure up to the sale to wholesalers at destination

Costes de cultivo de tomate redondo hasta entrada en almacén de empaquetado						
Sistema de cultivo	Moderno		Tradicional		Promedio(1)	
Rendimiento neto (kg/ha)	200.198		110.354		132.974	
Conceptos de costes	€/ha	€/kg	€/ha	€/kg	€/ha	€/kg
Mano de obra	45.510	0,2273	31.136	0,2821	34.755	0,2614
Agua	3.813	0,0190	4.562	0,0413	4.374	0,0329
Fertilizantes	8.875	0,0443	5.549	0,0503	6.387	0,0480
Fitosanitarios	4.047	0,0202	4.485	0,0406	4.375	0,0329
Materiales	9.808	0,0490	6.823	0,0618	7.574	0,0570
Transporte a empaquetado	1.032	0,0052	848	0,0077	894	0,0067
Combustibles, agua, luz…	3.121	0,0156	1.603	0,0145	1.985	0,0149
Seguro agrario	1.006	0,0050	554	0,0050	668	0,0050
Servicios externos	1.045	0,0052	1.347	0,0122	1.271	0,0096
Renta de la tierra	2.000	0,0100	1.873	0,0170	1.905	0,0143
Amortizaciones	18.630	0,0931	9.566	0,0867	11.848	0,0891
Costes financieros	1.978	0,0099	1.367	0,0124	1.521	0,0114
Subtotal cultivo	100.866	0,5038	69.713	0,6317	77.557	0,5832
Costes de empaquetado de tomate redondo						
	Mínimo (€/kg)		Máximo (€/kg)		Promedio(2)	
Volumen neto (kg)	21.972.132		420.000		5.428.368	
Horas/tn	4,29		9,82		7,32	
Kg/hora	233,35		101,82		136,68	
Conceptos de costes	€/6kg	€/kg	€/6kg	€/kg	€/6kg	€/kg
Mano de obra	0,2462	0,0410	0,4773	0,0796	0,3686	0,0614
Materiales	0,4779	0,0796	0,5111	0,0852	0,5393	0,0899
Combustibles, agua y luz	0,0383	0,0064	0,0948	0,0158	0,0416	0,0069
Transporte muelle origen	0,0786	0,0131	0,0330	0,0055	0,0610	0,0102
Servicio reciclado	0,0097	0,0016	0,0029	0,0005	0,0057	0,0010
Administración	0,1673	0,0279	0,2751	0,0459	0,1113	0,0186
Amortizaciones	0,0634	0,0106	0,1097	0,0183	0,0894	0,0149
Costes financieros	0,0216	0,0036	0,0301	0,0050	0,0243	0,0041
Subtotal empaquetado	1,1030	0,1838	1,5339	0,2557	1,2414	0,2069

Tabla 2. Estructura de costes de producción canaria hasta la venta al mayorista en destino (continuación)
Table 2. Canary production cost structure up to the sale to wholesalers at destination (continuation)

Costes de transporte y distribución en Europa (€/kg)				
Conceptos de costes	Gran Canaria	Tenerife	Fuerteventura	Canarias
Transporte marítimo interinsular		0,0113	0,0275	0,0017
Transporte marítimo (a Península o Europa)	0,1773	0,1471	0,1886	0,1756
Transporte terrestre (de Península a Europa)	0,0089	0,0020	0,0000	0,0081
Arrastre muelle-almacén distribuidor	0,0958	0,0868	0,0650	0,0941
Subtotal comercialización	0,2819	0,2472	0,2811	0,2795
Ayuda transporte	0,0870	0,0874	0,1092	0,0878
Coste neto	0,1950	0,1598	0,1719	0,1918

(1) Se trata de un promedio ponderado por las superficies dedicadas a cada sistema de cultivo.

(2) Se trata de un promedio ponderado por los volúmenes manipulados en cada uno de los centros de empaquetado.

el principal componente del coste de cultivo es la mano de obra, que supone, en promedio, casi 35 mil euros por ha y algo más de 26 céntimos de euro por kg. Ahora bien, como ya se ha apuntado, las mayores necesidades de mano de obra por unidad de superficie en cultivo moderno hacen que el montante de este capítulo supere en casi 15 mil euros al correspondiente al cultivo tradicional. Sin embargo, a igualdad de costes laborales por hora de trabajo, la diferencia en rendimientos por unidad de superficie hace que el coste de la mano de obra por kg de producto apto para la exportación sea casi 6 céntimos de euro más bajo en el sistema moderno.

Otro capítulo relevante es el consumo de fertilizantes y productos fitosanitarios, pese a su gran variabilidad en productos elegidos y dosis aplicadas. Los fertilizantes en el cultivo moderno suponen un coste que oscila entre 8 y 11 mil euros/ha, mientras que en el cultivo tradicional el coste medio alcanza los 5.500 euros/ha. Por su parte, en cultivo moderno el coste por hectárea en productos fitosanitarios se mueve entre 2.500 y 6.500 euros, con un promedio cercano a los 4.000 euros. Y en cultivo tradicional, esta horquilla oscila también en un rango similar, aunque el promedio está próximo a los 4.500 euros/ha.

Destaca también la contribución del capítulo de amortizaciones, que, a pesar de la innegable arbitrariedad de los criterios utilizados para cuantificarlas, constituyen un ingrediente cuya relevancia es difícilmente discutible. Como cabía esperar, en el cultivo moderno, con estructuras de invernadero más caras e instalación de hidroponía, el coste por hectárea casi duplica al correspondiente al cultivo tradicional. A pesar de ello, y de nuevo como resultado de la diferencia de rendimientos, la repercusión en el coste por kg está próxima a los 9 céntimos de euro en ambos casos.

En resumen, un kilogramo de tomate apto para la exportación puesto en la puerta del empaquetado tiene un coste promedio superior a los 58 céntimos de euro. Si bien en términos de coste por hectárea el cultivo mo-

derno resulta 30 mil euros más caro que el tradicional, los rendimientos por encima de 200 mil kg en el primer caso frente a los poco más de 100 mil kg en el segundo de los sistemas considerados implican finalmente un coste por kg en sistema moderno muy próximo a los 50 céntimos de euro, mientras que en el sistema tradicional este coste supera los 63 céntimos de euro.

La Tabla 2 muestra también la estructura de costes de empaquetado. En concreto, el coste por kilogramo correspondiente a cada capítulo de la estructura de costes se ha deducido como un promedio ponderado de los costes por unidad de producto obtenidos para cada centro de empaquetado. Las ponderaciones son los volúmenes de producto manipulados en cada centro. Se muestran además las estructuras de costes correspondientes a los centros de empaquetado con costes mínimo y máximo por unidad de producto. En términos medios, el empaquetado de un kilogramo de tomate apto para la exportación cuesta algo más de 20,5 céntimos de euro.

En cuanto al coste de transporte y distribución en Europa, en la Tabla 2 se indica que el coste promedio para Canarias supondría casi 28 céntimos de euro por kg exportado, y si se recibieran las ayudas al transporte contempladas en la normativa vigente en la campaña en cuestión, el coste neto se situaría cerca de los 20 céntimos de euro por kg. Por tanto, de acuerdo con las estimaciones obtenidas, los costes de producción hasta situar el producto canario exportado en el punto de venta al mayorista en destino se sitúan casi 7 céntimos por encima del euro por kg.

Comparación de costes con otras procedencias

En cuanto a las producciones almerienses, las cifras totales de costes de cultivo recogidas en la Tabla 3, similares a las consideradas en otros estudios[12], son claramente inferiores a las correspondientes a los cultivos canarios y resulta bastante claro que el capítulo fundamental de costes vuelve a ser el de la mano de obra. Ahora bien, aunque las diferencias de rendimiento según sistema de cultivo pueden ser superiores a las que se deducen de una información cuya representatividad es dudosa[13], cabría pensar que las diferencias de coste de mano de obra respecto a la producción canaria no están tanto en la productividad por unidad de superficie como en la productividad por hora de trabajo. Nótese que el promedio de horas de actividad por hectárea es bastante inferior al deducido para el caso canario[14]. Otros elementos que explican los menores costes de las producciones al-

12. Según Pérez-Mesa (2015), los costes de cultivo de tomate en Almería se situarían en torno a 41 céntimos de euro por kg, mientras que según De Pablo y Uribe (2015), los costes de cultivo promedio para los cultivos de tomate almeriense en invernadero de raspa y amagado rondarían los 47 céntimos de euro por kg.

13. Aunque Pérez-Mesa (2015) apunta unos rendimientos medios de 14 kg/m^2, otros autores señalan rendimientos diferentes. Según Valera *et al*. (2014), en cultivo de ciclo largo con invernadero tipo Almería, el rendimiento es de 15,19 kg/m^2, 15,95 kg/m^2 o 16,24 kg/m^2, en función del tipo concreto, mientras que, considerando diferentes tipos de invernadero, en cultivo de ciclo largo se obtienen unos rendimientos medios de 16,79 kg/m^2.

14. Según De Pablo y Uribe (2015), en los invernaderos de Almería se requieren menos de 3.000 horas por ha para un rendimiento entre 110 mil y 140 mil kg/ha. En cuanto a las horas de recolección, las necesidades por hectárea varían con el rendimiento y también con el tipo de invernadero. Pérez-Mesa *et al*. (2003) apuntaban 1.232 horas para la recolección en invernadero parral plano multicapilla con un rendimiento de 12,26 kg/m^2, mientras que, según De Pablo y Uribe (2015), se requieren 909,65 horas/ha para un rendimiento por ha entre 110 mil y 140 mil kg en invernadero de raspa. En cambio, para Manzano y García (2009), se requieren 567 horas de recolección por hectárea en invernadero multitúnel para un rendimiento de 18 kg/m^2.

Tabla 3. Estructuras de costes de producción hasta la venta al mayorista en destino (€/kg)
Table 3. Production cost structures up to the sale to wholesalers at destination (€/kg)

Conceptos de costes	Canarias	Almería	Marruecos
Cultivo			
Mano de obra	0,2614	0,1962	0,0559
Agua	0,0329	0,0150	0,0033
Fertilizantes	0,0480	0,0417	0,0363
Fitosanitarios	0,0329	0,0187	0,0120
Materiales	0,0570	0,0375	0,0424
Transporte a empaquetado	0,0067	0,0170	0,0052
Combustibles, agua, luz y basura	0,0149	0,0028	0,0090
Seguro agrario	0,0050	0,0083	0,0023
Servicios externos	0,0096	0,0071	0,0019
Renta de la tierra	0,0143	0,0112	0,0029
Amortizaciones	0,0891	0,0831	0,0492
Costes financieros	0,0114	0,0088	0,0044
Subtotal cultivo	0,5832	0,4476	0,2247
Empaquetado			
Mano de obra	0,0614	0,0816	0,0106
Materiales	0,0899	0,0731	0,0901
Combustibles, agua y luz	0,0069	0,0074	0,0076
Transporte fruta a muelle de origen	0,0102	0,0000	0,0098
Servicio reciclado desechos	0,0010	0,0006	0,0007
Administración	0,0186	0,0220	0,0074
Amortizaciones	0,0149	0,0220	0,0567
Costes financieros	0,0041	0,0041	0,0037
Subtotal empaquetado	0,2069	0,2109	0,1865
Comercialización			
Transporte entre islas	0,0017		
Transporte marítimo	0,1756		
Transporte terrestre	0,0081	0,0945	0,2022
Arrastre almacén y comisión	0,0941	0,0500	0,0500
Subtotal comercialización	0,2795	0,1445	0,2522
Total costes	1,0697	0,8029	0,6635
Ayudas públicas			
Ayuda I.2.2	0,0360		
Ayuda I.5	0,0579		
Ayuda al transporte	0,0878		
Total ayudas	0,1817		
Coste total neto	0,8880	0,8029	0,6635

merienses tienen que ver con el precio más bajo de insumos como el agua de riego, los fertilizantes y productos fitosanitarios o materiales de cultivo como las plantas, las colmenas o incluso las trampas.

Aunque la magnitud final de los costes de empaquetado es similar a la deducida para Canarias, en el caso almeriense el coste de la mano de obra es más alto que el de los materiales, mientras que en los empaquetados canarios ocurre lo contrario. Los empaquetados almerienses utilizan sus instalaciones para el empaquetado de tomates de distintas variedades, tamaños y formatos comerciales, lo que incrementa las necesidades de mano de obra por tonelada. Además, los materiales suelen ser más baratos. El precio de la caja para el empaquetado consultado se situaba tres céntimos por debajo del promedio registrado para los empaquetados canarios[15].

Por su parte, los reducidos costes laborales por hora de trabajo explican que, a pesar de la baja productividad por hora de trabajo, las producciones marroquíes cuenten con una ventaja competitiva sustancial en costes de cultivo frente a las producciones canarias o peninsulares[16]. Los bajos salarios se reflejan también en los costes de empaquetado. De acuerdo con las hipótesis consideradas, el coste de la mano de obra del personal de empaquetado ascendería a poco más de un céntimo por kg. Sin embargo, el coste de los materiales es tan o más elevado que en los cultivos canarios y, finalmente el coste total de empaquetado por kg se situaría próximo a los 19 céntimos de euro.

Por último, los productores peninsulares cuentan con una clara ventaja competitiva en términos de costes de transporte y distribución favorecida por la ubicación geográfica de los orígenes y destinos de la producción.

Aunque la estimación obtenida para las producciones peninsulares o marroquíes tiene bases empíricas menos sólidas, sí parece señalar con claridad qué capítulos de costes reflejan desventajas competitivas para la producción canaria (Tabla 3). De hecho, ni siquiera las ayudas públicas existentes son suficientes para compensar el diferencial de costes frente a estas otras producciones. Los cálculos que se muestran se han efectuado considerando un importe de la ayuda por hectárea de 7.700 euros, de modo que el diferencial respecto a las producciones peninsulares o marroquíes podrá verse amortiguado en función de los resultados de las negociaciones relativas al importe de esta ayuda, así como de los acuerdos finalmente concretados en relación con las ayudas al transporte.

Aproximación a los márgenes brutos para la producción canaria

Los diferenciales de costes con respecto a otras procedencias apuntan una debilidad competitiva que sólo puede compensarse si se obtienen cotizaciones remuneradoras, de modo que, aunque no sea el objetivo del trabajo, se ha optado por incluir una primera aproximación a los márgenes brutos obtenidos por los agricultores a partir de una estimación de sus

15. La cifra finalmente deducida para el coste de empaquetado de tomate redondo en Almería, en torno a 21 céntimos, es algo más baja que la considerada por De Pablo y Uribe (2015), entre 22,5 y 27,5 céntimos de euro por kg, pero no se están refiriendo exclusivamente al empaquetado de tomate redondo liso. De hecho, y seguramente por esta misma razón, estos autores deducen costes algo más altos para los insumos en empaquetado (entre 9 y 11,5 céntimos de euro por kg) y para la mano de obra directa en empaquetado (entre 9 y 10 céntimos de euro por kg). En el caso de la mano de obra, las cifras proporcionadas por estos autores se aproximarían a las obtenidas en la estructura de la Tabla 3 si se añaden los costes de mano de obra en administración.

16. El diferencial de costes de la mano de obra entre Marruecos y algunos países europeos ha sido señalado en un informe elaborado por la Federación Nacional de Productores de Hortalizas de Francia. Véase FNPL (2017).

ingresos de mercado, que resultan de descontar del precio de venta al mayorista en destino los márgenes correspondientes a las fases de empaquetado y comercialización.

Los precios medios de venta mayorista de acuerdo con los informes de mercado de las asociaciones provinciales de exportadores canarios apuntan cierto estancamiento de las cotizaciones en las últimas campañas. Para la campaña 2014/15, última de la que se dispone de los precios semanales registrados según estas fuentes en el Reino Unido y en el mercado continental europeo, el precio promedio resultante de ponderar por los volúmenes semanales exportados se situó algo por debajo de los 80 céntimos de euro por kg, lo que significa un precio neto de poco más de 50 céntimos por kg si se descuentan los costes de transporte y distribución en destino. En la campaña 2015/16, según las informaciones proporcionadas por un exportador individual, el precio neto de venta mayorista osciló, según el cliente final, entre 43 y 57 céntimos de euro por kg exportado, con un precio medio de 50 céntimos de euro. Se ha utilizado el rango de precios anteriormente comentado para deducir entonces la aproximación al rango de precios percibidos por el agricultor que se muestra en la Tabla 4, una vez descontados los costes medios de empaquetado evaluados para el conjunto de la producción canaria.

Tabla 4. Estimación de margen bruto para el agricultor según sistema de cultivo (euros/kg)
Table 4. Estimates of farm gross margins by cultivation system (euros/kg)

	Mínimo	Máximo	Promedio
Precio neto mayorista[(1)]	0,4350	0,5733	0,5035
Precio agricultor[(2)]	0,2281	0,3664	0,2966
Margen bruto con ayudas (a)[(3)]			
Moderno	-0,1495	-0,0112	-0,0810
Tradicional	-0,2461	-0,1078	-0,1776
Promedio	-0,2095	-0,0711	-0,1410
Margen bruto con ayudas (b)[(4)]			
Moderno	-0,0835	0,0548	-0,0150
Tradicional	-0,1253	0,0130	-0,0568
Promedio	-0,1095	0,0288	-0,0410

(1) Precio de venta mayorista una vez descontados los costes de transporte y distribución en destino.

(2) Precio percibido por el agricultor una vez descontados los costes de empaquetado del precio neto de venta mayorista.

(3) Margen bruto con ayudas según tipo de cultivo: se obtiene restando al precio percibido por el agricultor el coste de cultivo y añadiendo la ayuda I.5 (variable según rendimientos en cada sistema) y la ayuda al transporte.

(4) Margen bruto con ayudas sin computar el coste de cultivo de la mano de obra propia (1.826 horas).

Considerando además las ayudas públicas que repercuten directamente en el ingreso percibido por el agricultor, es decir, la ayuda a la hectárea –que implica una ayuda por kg variable según rendimiento– y la ayuda al transporte –que a efectos de cálculo se ha situado en el nivel potencial contemplado en la Tabla 3–, y teniendo en cuenta los costes de cultivo en sistema moderno y tradicional, se han deducido los márgenes brutos con ayudas que se muestran en la Tabla 4. De acuerdo con estos márgenes, ni siquiera las explotaciones mejor posicionadas serían rentables, de modo que la explicación a la supervivencia de algunas explotaciones puede sustentarse en la percepción de la cuantía de los niveles de gastos por parte del agricultor. Desde este punto de vista, la mano de obra propia no requiere el pago mensual de salarios y su coste de oportunidad puede ser valorado muy por debajo del salario de convenio.

La Tabla 4 muestra también los márgenes resultantes de considerar unos costes laborales aminorados en proporción al peso relativo de la mano de obra propia. En concreto, se ha asumido la hipótesis de que la mano de obra propia realiza 1.826 horas anuales –es decir, una persona a tiempo completo–, y teniendo en cuenta las necesidades de mano de obra en cultivo moderno o tradicional, se ha aplicado la proporción resultante en cada caso al coste laboral en cada sistema. Por supuesto, esta hipótesis no es capaz de recoger la situación de las diferentes explotaciones, cuya dimensión y organización empresarial puede determinar el mayor o menor peso relativo de la mano de obra propia, así como el coste por hectárea de los correspondientes seguros sociales del trabajador por cuenta propia, pero sí sugiere que sólo algunas consideraciones de este tipo pueden dar lugar a estrechos márgenes de rentabilidad, al menos en caso de que se obtengan buenas cotizaciones.

Conclusiones

Los costes de producción de tomate redondo de exportación en Canarias son más elevados que los de sus principales competidores en el mercado europeo de invierno. Ahora bien, el coste medio obtenido no es capaz de reflejar la situación de distintas zonas de producción con condicionantes agronómicos específicos o incluso de explotaciones pertenecientes a diferentes organizaciones de productores y con prácticas diferenciadas. Las medidas adoptadas en el desarrollo de las tareas de cultivo para mejorar el rendimiento o la calidad de la fruta pueden traducirse en significativas desviaciones del coste por unidad, que estarán también estrechamente vinculadas con la productividad por hora de trabajo, puesto que la mano de obra es el principal componente del coste de cultivo. A modo de aproximación a estas diferencias, puede tenerse en cuenta la diferencia en costes para explotaciones con cultivos modernos y tradicionales, asumiendo que tienen los mismos costes de empaquetado y comercialización.

Aunque habitualmente se considera que las explotaciones de mayor tamaño son las más eficientes, la aproximación realizada pone de manifiesto determinadas ventajas en aquellas fincas de dimensión lo suficientemente pequeña para que el trabajo propio constituya una parte significativa de las necesidades de mano de obra. Estas explotaciones tienen mayor margen de maniobra para ajustar sus ingresos y costes y, por tanto, resultan más resilientes cuando concurren varias campañas consecutivas con cotizaciones inferiores a las esperadas. Sin embargo, también pueden existir economías de escala asociadas a cualquier componente generador de costes fijos, cuyo impacto por unidad de producto o superficie juega en contra de la pequeña dimensión. Así, en los empaquetados se apre-

cian economías de escala y aquellos agricultores con fincas pequeñas que se asocian para el empaquetado y la comercialización se encuentran en una posición más ventajosa que la de otras explotaciones que gestionan el cultivo en superficies más extensas con dominio del trabajo asalariado. Por otra parte, en relación con el empaquetado, no se ha contemplado la incidencia del patrón estacional de los volúmenes manipulados, que puede traducirse en cambios no despreciables en el coste de la mano de obra. Los trabajadores acostumbrados a clasificar la fruta con estándares de calidad muy precisos no son fácilmente sustituibles en las semanas en las que el volumen manipulado exige mayor demanda de mano de obra. Y en estas circunstancias el obligado recurso a las horas extraordinarias produce un incremento de los costes laborales.

En cualquier caso, y con la cautela que exigen las limitaciones señaladas, las desventajas en costes para la producción canaria obligan a reflexionar sobre la capacidad de sostener una estrategia competitiva en los costes unitarios de producción. A largo plazo, parece más apropiado pensar en aquellos elementos que ayuden a la diferenciación del producto y, por tanto, a obtener precios remuneradores de unos costes de producción más elevados que los de otras procedencias. En este sentido, el concepto de calidad no debe limitarse a las cualidades organolépticas del producto, sino también a otras características valoradas por el mayorista que compra directamente al exportador, tales como la seguridad alimentaria o las garantías de suministro en términos de la cantidad y calidad exigida por el cliente. Las condiciones laborales, mejores que las de los trabajadores marroquíes, o la aplicación de prácticas de cultivo respetuosas con el medio ambiente, así como el seguimiento de sistemas de trazabilidad que otorguen confianza sobre el control de las garantías sanitarias en todas las fases del proceso productivo, también pueden ser un elemento que ayude a mejorar la disposición a pagar por parte del consumidor final.

El mercado europeo de tomate se abastece de producciones de diferentes procedencias. Además de las tradicionales, las ofertas de países como Turquía o Polonia son cada vez más relevantes y ayudan al desplazamiento de producciones del norte de Europa que extienden sus periodos de producción hacia el invierno, ayudadas por la tecnología e incluso por la benignidad de las temperaturas en determinados años. Por tanto, la diferenciación del producto canario en términos de la estación ya no proporciona la exclusividad de antaño.

Muchas de estas producciones compiten en un segmento de bajos precios. Pero existen otros segmentos que valoran un producto que se aleje del estándar en tanto que *commodity* y que están dispuestos a pagar un precio más alto por un producto que perciben como distinto en algún sentido. Por ejemplo, algunos consumidores europeos están dirigiendo su atención hacia mercados de proximidad y no sólo porque busquen productos de temporada con los que pretenden recuperar el sabor tradicional, sino también porque consideran que esta forma de proceder es una actitud más responsable socialmente. Todo ello sugiere que es preciso tener en cuenta la segmentación del mercado y orientar la producción canaria hacia aquellos segmentos dispuestos a pagar un precio remunerador. Ahora bien, el tomate canario parece tener un margen de maniobra limitado para su diferenciación vía calidad comercial –tanto en términos de cualidades organolépticas y precios como del recurso a la producción ecológica o a la distribución al margen de los canales masivos– en estos grupos de consumidores del norte europeo. Además, estos segmentos de mercado pueden tener un tamaño más reducido y concentrado en determinados periodos del año diferentes para distintos productos.

Por todo ello, cabe plantearse la necesidad de diseñar una estrategia integral para la producción agraria de Canarias que busque aportar rentas a los agricultores a través de la diversificación de su oferta en términos de una más amplia gama de productos y mercados. Esta estrategia tendrá que combinar un redimensionamiento selectivo con la reorientación comercial hacia la diversificación y diferenciación. Con respecto al posicionamiento de mercado, el mercado interior de Canarias, con una elevada proporción del consumo turístico, está cobrando mayor interés relativo en el contexto de deterioro de los márgenes en la exportación.

Agradecimientos

Los resultados mostrados en este trabajo son fruto de un contrato de investigación financiado por la Consejería de Agricultura Ganadería, Pesca y Aguas del Gobierno de Canarias. Los autores desean agradecer sinceramente las gestiones para la obtención de información realizadas por Domingo Mendoza y por Elvira Butler (delegada de PROEXCA en Marruecos), así como la colaboración prestada por parte de todos los agricultores, organizaciones de productores y empresas consultadas. Finalmente, los autores también desean dejar constancia de su agradecimiento por las sugerencias efectuadas por dos evaluadores anónimos.

Bibliografía

Alaoui SM, Salghi R, Abouatallah A, Jaouhari N, Hammouti B (2014). Impact of drip irrigation scheduling on vegetative parameters in Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under unheated greenhouse. International Journal of Engineering Research and Applications 4(1, version 3): 71-76.

Alaoui SM, Salghi R, Abouatallah A, Ayoub M (2015). Impact of drip irrigation scheduling on fruit quality parameters and water use efficiency on tomato plant (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under unheated greenhouse. Journal of Material and Environmental Science 6(2): 315-321.

Cáceres-Hernández JJ (2000a). La Exportación de Tomate en Canarias. Elementos para una estrategia competitiva. Ediciones Canarias, Santa Cruz de Tenerife, 366 pp.

Cáceres-Hernández JJ (2000b). Costes de producción y exportación de tomate en Canarias. Estudios Agrosociales y Pesqueros 186: 175-201.

Cáceres-Hernández JJ, Ramos-Henríquez JM, González-Gómez JI, Martín-Rodríguez G, Morini-Marrero S (2009). Elección del calendario óptimo de exportación del tomate canario. Economía Agraria y Recursos Naturales 9(2): 105-124.

Cáceres-Hernández JJ, González-Gómez JI, Nuez-Yánez JS, Ramos-Henríquez JM (2010). Impacto de la reforma del Régimen Especial de la Seguridad Social Agraria en la agricultura canaria. Economía Agraria y Recursos Naturales 10(2): 183-196.

Cáceres-Hernández JJ, González-Gómez JI, Martín-Rodríguez G, Morini-Marrero S, Nuez-Yánez JS, Pérez-Moriana ED, Ramos-Henríquez JM (2012). Análisis de Costes, Precios y Competitividad en la Agricultura Canaria de Exportación. Memoria científica del Proyecto de Investigación PI2008/126. Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información del Gobierno de Canarias.

CapGemini Consulting, Tragsatec (2009). Estudio de la Cadena de Valor y Formación de Precios del Tomate. Observatorio de Precios de los Alimentos. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 57 pp.

Chemnitz C, Grethe H (2005). EU trade preferences for Moroccan tomato exports- who benefits? XIth Congress of the European Association of Agricultural Economists, 23-27 de Agosto, Copenhagen, Dinamarca. 16 pp.

De Pablo J, Uribe J (2015). Control system of management for intensive cultivation activity in tomato production: Spanish case. Journal of Agricultural Science and Technology 17: 11-21.

EDEI (1992). Estudio sobre los Costes del Proceso de Producción y Comercialización para la Exportación del Tomate de la Provincia de Las Palmas. EDEI Consultores, SA. Las Palmas.

EDEI (1996). Estudio Económico del Sector Exportador de Tomate en las Islas Canarias. EDEI Consultores, SA. Las Palmas.

FNPL (2017) Livre Blanc. Maintenir et Développer la Production Légumière en France. Fédération Nationale des Producteurs de Légumes. Les Producteurs de Légumes de France.París, Francia. 9 pp.

Gázquez JC, Baeza E, López JC, Meca DE, Pérez C, Fernández MD, Magán JJ (2011). Estudio comparativo de tres estrategias de producción de tomate para el área mediterránea: ciclo largo, doble ciclo e interplanting. Actas de Horticultura 60: 199-204.

Hicks DT (1997). El Sistema de Costes Basado en las Actividades (abc): guía para su implantación en pequeñas y medianas empresas. Ed. Marcombo. 300 pp.

Junta de Andalucía (2015). Costes de producción: campaña 2014/15. Tomate larga vida. Ciclo largo. Observatorio de precios y mercados de la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural de la Junta de Andalucía, 4 pp.

Kaplan RS, Cooper R (2000). Coste y Efecto. Ediciones Gestión 2000. 339 pp.

Kellou I (2012). Logistique de la filière marocaine d'exportation de tomates fraîches: des enjeux économiques et environmentaux. Centre International de Hautes Études Agronomiques Méditerranéenes. Les notes d'alerte du CIHEAM 80 – Mayo 2012. 11 pp.

Manzano F, García A (2009). Técnicas de estudio de tiempos para la planificación de la mano de obra en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) de invernadero. Agrociencia 43: 267-277.

MARM (2010). Resultados Técnico-económicos de Explotaciones de Invernadero de Andalucía en la Campaña 2009-2010. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino del Gobierno de España, 41 pp.

Pérez-Mesa JC, De Pablo J, Escudero MC (2003). Costes de producción y utilización de mano de obra en tomate: un estudio empírico para el cultivo bajo plástico en Almería. Anales de Economía Aplicada. XVII Reunión Anual Asepelt-España, 18-21 de junio, Almería, 18 pp.

Pérez-Mesa JC (2015). Competencia del modelo almeriense: Turquía e Israel. Ciclo de Jornadas Técnicas Modelo Almería. 5 de marzo, Almería, 33 pp.

Tolón A, Lastra XB, Fernández VJ (2013). Huella hídrica y sostenibilidad del uso de los recursos hídricos. Aplicación al poniente almeriense. Estudios previos y medidas de eficiencia. Revista Electrónica de Medio Ambiente 14(1): 56-86.

Valera DL, Belmonte LJ, Molina FD, López A (2014). Los Invernaderos de Almería. Análisis de su Tecnología y Rentabilidad. Cajamar Caja Rural. Almería. 504 pp.

(Aceptado para publicación el 14 de febrero de 2018)

Imagen y posicionamiento del sector vitivinícola en las redes sociales: Un estudio exploratorio en las bodegas de Castilla y León en España

B. Urbano-López de Meneses*

Área de Economía, Sociología y Política Agraria, Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal, Universidad de Valladolid, Avda. de Madrid, nº 57, 34004 Palencia

Resumen

El uso creciente y generalizado de las redes sociales hace necesario conocer el impacto y mejor manejo de este competitivo instrumento de marketing. El objetivo de este estudio exploratorio es conocer la imagen que diferencia a las bodegas con más actividad en las redes sociales. Se ha analizado la imagen proyectada por las bodegas en las redes sociales empleando la herramienta digital Tagxedo.com y el posicionamiento según su propia actividad en las redes utilizando el programa Howsociable.com. Mediante un análisis de componentes principales se redujeron las variables de imagen y un test chi-cuadrado reveló la imagen que diferenciaba a las bodegas con más actividad en las redes. Se concluyó que la imagen proyectada por las bodegas es en técnicas de elaboración y de comunicación. Las bodegas tienen una baja actividad en las redes y las más activas tienen un posicionamiento similar a otras bodegas de resto del mundo. Las bodegas más activas en las redes no tienen una imagen diferenciada, tan sólo por su historia, confirmando la falta de estrategia diferencial en las redes. El trabajo propone un plan estratégico para bodegas en redes sociales.

Palabras clave: Marketing del vino, ACP, Tagxedo, Howsociable, diferenciación, plan estratégico en redes.

Abstract
Wine image and positioning on social media: An exploratory examination of "Castilla y León" wineries in Spain

The explosion in the use of social media makes necessary to bridge the gap between the impact and performance of social media as a marketing tool. The aim of this exploratory examination is to analyze the image of active wineries on social media. The wineries image was studied using Tagxedo.com, while Howsociable.com was used to analyze the positioning of wineries according to their activity on social media. A Principal Component Analysis (PCA) was used to reduce the image variables and a chi-squared test revealed the image that differentiates the wineries with best positioning on social media. The results show that the wineries image on social media is based on the production process and the winery communication. There is a low activity of wineries on social media and most active wineries are positioned similarly to other international wineries. No differentiated image was found, except for history, confirming the lack of strategy on social media. A strategic plan on social media for wineries is proposed.

Keywords: Wine Marketing, PCA, Tagxedo, Howsociable, differenciation, Estrategic plan on social media.

* Autor para correspondencia: beaturb@iaf.uva.es
https://doi.org/10.12706/itea.2018.018

Introducción

El vino es un producto experiencial (Bruwer y Alant, 2009) y así lo refleja la evolución de su imagen. En los últimos diez años se ha pasado de una comunicación centrada en el producto a una promoción aumentada por el vínculo con el medio, el territorio, la historia, los eventos, la cultura, etc. (Williams, 2001), pero poco se sabe de la imagen que proyectan las bodegas en los nuevos medios de comunicación como las redes sociales. Las redes sociales se han posicionado como un importante instrumento de marketing (Vinography, 2012; Dolan *et al.*, 2017) pero cuyo desconocimiento y falta de estrategia (Reyneke *et al.*, 2011; Tsimonis y Dimitriadis, 2014) puede truncar la eficacia de este medio. Diversos autores señalan que las redes sociales sirven para promocionar los vinos (Chu y Kim, 2015), permitir a los consumidores la generación de contenidos, proponer innovaciones del producto, crear cultura de marca (Schembri y Latimer, 2016) e incluso generar mensajes negativos sobre la marca (Floreddu y Cabiddu, 2016). Sin embargo, poco se conoce de la relación entre la imagen proyectada por la bodega y su posicionamiento en las redes sociales.

La imagen del sector vitivinícola en las redes sociales

Las redes sociales son un instrumento eficaz para crear, mantener y mejorar la imagen de una bodega (Capitello *et al.*, 2014; Dolan *et al.*, 2017). Se sabe, por una parte, que las redes sirven parar informar y dar a conocer a un amplio público la calidad y singularidad de los caldos, tanto por su medio natural de producción (variable MED en adelante) (Gokcekus y Finnegan, 2013) como por las técnicas de elaboración y crianza (TEC) (Johnson y Bruwer, 2007). La singularidad de un caldo deriva de un territorio, cultura, economía, paisaje y comunidad siendo cada vez más importante el origen (OR) (Mtimet y Albisu, 2006; Espejel *et al.*, 2011) y la historia (HIST) en la decisión de compra (Gokcekus y Finnegan, 2013). A un consumidor chino, por ejemplo, le importa significativamente más el país y lugar de origen de un vino que la marca o el precio (Gokcekus y Finnegan, 2013). Por otra parte, las redes son eficaces para persuadir al consumidor en su proceso de compra y cerrar ventas (VEN) (Bruwer y Wood, 2005) y/o reservas de enoturismo (TUR) (Harridge-March y Quinton, 2005). Los consumidores valoran positivamente la conveniencia de las compras de vino en la red, siendo habitual que los compradores de vinos *on-line* vivan en los centros de las ciudades con difícil acceso y aparcamiento (Harridge-March y Quinton, 2005). Las compras en la red son una oportunidad para las bodegas ya que se ha constatado que las compras de vino por internet son de mayor volumen y valor que en las tiendas físicas (Lockshin y Corsi, 2012). Finalmente, las redes proyectan una imagen de modernidad creando comunidades, promoviendo la retroalimentación con los consumidores de vino (RED) (Mangold y Faulds, 2009) y tal como indican los autores, transmitiendo sensaciones y vivencias (SEN) (Vinography, 2012). Sin embargo poco se conoce sobre la combinación de imágenes, mix de imagen, proyectada por las bodegas en las redes y mucho menos de su relación con la actividad de la bodega en este medio (Mangold y Faulds, 2009; Dolan *et al.*, 2017).

El posicionamiento del vino en las redes sociales

Las redes sociales son un instrumento de comunicación de gran alcance y bajo coste (Dolan *et al*., 2017) que conectan a un tercio de la población mundial. Se estima que en Facebook (Koetsier, 2013) están presentes 15 millones de marcas y llega a millones de consumidores y que Twitter lo utilizan 280 mi-

llones de personas al mes (Stieglitz *et al.*, 2014). Burson-Marsteller (2012), una de las agencias publicitarias mayores del mundo, encontró que el 87% de las 100 grandes empresas mundiales utilizaban al menos una red social y que la más utilizada por las marcas era Twitter (82%), seguida por un canal propio de Youtube (79%) y una página en Facebook (74%), con un promedio de 152.146 usuarios y 6.100 personas hablando de la marca. La cuota del vino en las redes sociales es importante al ser la bebida más consultada en las redes (Storchmann, 2012) y las bodegas el tercer tema con más interés en Pinterest. Se ha demostrado que 700.000 personas ven al mes videos relacionados con el vino (Newman, 2010), que cada día se envían más de 7.000 tweets de vino y hay más de 300 apps de vino para el iPhone. Se estima que el 90% de los consumidores de vino utilizan Facebook 6,2 horas a la semana (Thach *et al.*, 2016) y los tweets de los críticos de vinos en el Reino Unido tienen más de 24.000 seguidores (Reyneke *et al*., 2011). La explosión del uso de internet ha propiciado el intercambio de opiniones en las redes entre los consumidores de vino, que no sólo consideran las opiniones de los expertos en sus decisiones de compra sino también del resto de público (Gokcekus y Finnegan, 2013). Se estima que existen unos 1.300 blogs de vino y los veinte primeros tienen más seguidores que la versión digital de la famosa revista de vino *Wine Spectator* (Quint, 2010). Por ello en los últimos años hay un interés creciente entre los investigadores y las empresas por conocer el impacto y posicionamiento en las redes sociales. Se han utilizado diferentes métodos para medir el impacto y la actividad en las redes siendo el más habitual el recuento de mensajes y del número de seguidores en las redes (Wallace *et al.*, 2014; Floreddu y Cabiddu, 2016). Se han estudiado las conversaciones en las redes o blogs para analizar el grado de interacción de los usuarios con las marcas (Vinography, 2012; Dolan *et al.*, 2017) y algunos autores incluso han clasificado los mensajes considerando usuarios positivos, neutros o negativos hacia la marca (Floreddu y Cabiddu, 2016). Cuando el objeto es la promoción de ventas, la medida directa de los usuarios que cerraron la compra es el mejor indicador del impacto de los mensajes en la red (Lockshin y Corsi, 2012) mientras que si el objetivo es la creación de una comunidad de usuarios e imagen es más difícil valorar su conversión en beneficios económicos (Bruwer y Wood, 2005). Para medir la actividad también se han utilizado el tiempo de respuesta a los usuarios (Kolb y Thach, 2016; Floreddu y Cabiddu, 2016) y los movimientos registrados por las propias redes, tanto a los que tienen acceso los administradores de la red, analizando los picos de actividad de empresas y usuarios (Dolan *et al.*, 2017), como a las que proporcionan herramientas creadas al efecto como Howsociable.com (Reyneke *et al.*, 2011). Los resultados coinciden en la baja actividad e interacción de los usuarios con las bodegas (Forbes *et al*., 2015) y que a las bodegas les falta estrategia para posicionarse mejor en las redes sociales (Lockshin y Corsi, 2012).

La diferenciación del vino en las redes sociales

Con el objeto de aprovechar todas las oportunidades que ofrecen las redes sociales, las bodegas deberían conocer bien las redes y diseñar una estrategia de marketing acorde con este medio (Lockshin y Corsi, 2012; Capitello *et al.*, 2014). La estrategia debe apoyarse en la diferenciación, diferencias sustanciales de la bodega y sus vinos respecto de otras bodegas del medio (Wilson y Quinton, 2012). En este sentido, muchos autores lamentan la falta de estrategia de las bodegas y de conexión con los usuarios en las redes sociales (Thach, 2009; Lockshin y Corsi, 2012; Wilson y Quinton, 2012; Kolb y Thach, 2016). Por su parte, las bodegas reconocen que la actividad

en las redes sociales mejora las ventas (Szolnoki *et al.*, 2014) y les gustaría aumentar su actividad pero no saben cómo hacerlo (Forbes *et al.*, 2015). Los investigadores tras analizar miles de tweets, señalaron que las bodegas deben centrarse en el mensaje y el perfil de usuarios que tienen en sus redes (Wilson y Quinton, 2012). La apariencia, actividad y presentación también juega un papel importante en atraer seguidores a las redes de la bodega (Bruwer y Wood, 2005). Se puede comenzar analizando las redes y siguiendo los foros de vino ya que las opiniones de los usuarios pueden servir para mejorar. Además, las bodegas pueden dar opiniones, puntualizar sobre la marca, patrocinar eventos, concursos y ofertas en los foros que se lo permitan (Dean y Forbes, 2016). Las bodegas deben crear y mantener un diálogo con los usuarios en las redes (Reyneke *et al.*, 2011). Thach *et al.* (2016) recomiendan a las bodegas comenzar por Facebook y contestar a los mensajes de los visitantes en Tripadvisor y Yelp, porque demostraron que el uso de varias redes, en vez de una única, mejora significativamente las ventas. La estrategia digital debe tener en cuenta, además del mensaje de concienciar sobre la marca y mejorar las ventas, cómo conectar con un público más amplio (Olsen *et al.*, 2007; Atkin y Thach, 2012). En este sentido, se ha comprobado que los mayores se interesan en las redes por la región vitivinícola, la añada y el origen mientras que los más jóvenes se interesan por el contenido de alcohol, los premios, los colores y la presentación de la botella (Atkin y Thach, 2012). Los jóvenes necesitan más información, por su menor conocimiento de vinos y su mayor indecisión en la elección del vino adecuado, especialmente en vinos para regalar o para ocasiones especiales (Olsen *et al.*, 2007), además están más preocupados por un precio adecuado y la producción sostenible frente a los más mayores (Atkin y Thach, 2012). Sin embargo, poco se ha analizado cómo las bodegas pueden usar las redes sociales para comunicar mejor su imagen (Dolan *et al.*, 2017). Las bodegas necesitan desarrollar una estrategia de imagen y posicionamiento apropiado en las redes sociales (Tsimonis y Dimitriadis, 2014) diferenciando mensajes y usuarios (Floreddu y Cabiddu, 2016). En este sentido, Tsimonis y Dimitriadis (2014) propusieron un modelo de comunicación en las redes que incluía tres fases, i) la definición de los objetivos de la comunicación en las redes, ii) la identificación de los resultados esperados y iii) la fijación de las variables del plan de comunicación que se deben utilizar para conseguir los objetivos y resultados esperados.

En este contexto, los objetivos del presente estudio son: i) analizar la imagen de las bodegas en las redes sociales, ii) posicionar las marcas por su propia actividad en las redes e iii) identificar la imagen que diferencia a las bodegas con más actividad propia en las redes sociales con la finalidad de averiguar si estas bodegas se diferencian por la imagen que proyectan. Como estudio exploratorio, se observaron las bodegas de Castilla y León.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en cuatro etapas. En una primera etapa se hizo el seguimiento de 207 redes sociales del vino –Facebook (118), Twitter (64) e Instagram (25)– de 200 bodegas de la Comunidad Autónoma de Castilla y León con el objeto de hacer una primera aproximación a la imagen y posicionamiento de las bodegas en las redes sociales. Se recogieron indicadores clave de desempeño *Key Performance Indicator* (KPI) en las redes sociales, de enero a marzo de 2016. KPI cuantitativos como el número de seguidores y seguidos, tweets, hagstags, "me gusta", etc. y cualitativos como los temas comentados, idiomas en la red, perfil de los usuarios, tipo de comunicación, etc.

En una segunda fase del trabajo se contó la frecuencia de términos más repetidos en la web y redes sociales, con objeto de caracterizar la/s imagen/es proyectada/s por cada bodega. Para ello se utilizó la herramienta informática Tagxedo.com que cuenta las veces que se repiten en una página web o red social los términos de la misma. Tagxedo es una de las herramientas 2.0 más conocidas para crear nubes de palabras interactivas que obtiene el tamaño de palabra en la nube en función de la frecuencia absoluta de la palabra en páginas web y redes sociales. Se recogieron y analizaron 177.181 términos válidos, tras eliminar preposiciones y conjunciones, presentes en páginas web y redes sociales de las 200 bodegas. A continuación los términos obtenidos se etiquetaron según los 9 conglomerados de imagen de bodega obtenidos de la revisión de antecedentes, Origen (OR), Medio (MED), Premiada (PR), Técnica (TEC), Historia (HIST), Ventas (VEN), Enoturismo (TUR), Sensaciones (SEN) y Redes (RED). A cada bodega se le asignaron los grupos encontrados en sus redes. A continuación un diagrama de caja-bigotes permitió analizar la dispersión y la simetría de las imágenes proyectadas por las bodegas en las redes sociales. Para cada una de las imágenes encontradas se representaron los cuartiles y los valores mínimo y máximo de los datos sobre un rectángulo vertical. El diagrama de caja-bigotes se realizó utilizando la herramienta informática SPSS v.23.0. La tercera etapa del trabajo analizó comparativamente el posicionamiento de las bodegas en las redes sociales a través de la herramienta digital Howsociable.com que midió la actividad propia de la marca a través de la web social. La puntuación otorgada por Howsociable proporcionó el nivel de actividad propia de las bodegas y de otras regiones vitivinícolas de referencia según los antecedentes (Reyneke *et al.*, 2011) durante la semana del 15 de mayo al 22 de mayo de 2017, siendo la semana la unidad de medida de la herramienta Howsociable.com; se comprobaron pocas diferencias en mediciones tomadas en diferentes semanas. El rango fue de 0 a 10. Una puntuación de cero significó que hubo cero o casi cero actividad de la marca en las redes. Una puntuación de 10 significó que la marca prácticamente había saturado la web social. La puntuación es calculada por Howsociable.com a partir de la actividad propia de la marca en 36 sitios web populares entre los que se encuentran Facebook, Twitter, LinkedIn, Gloogle+, YouTube, Tumblr, Yfrog, Lockerz, Blogger, WordPress, GetGlue, Amazon, eBay, Instagram, Twitpic, Apple, Etsy, etc. Tras recopilar las puntuaciones de actividad en las redes, las bodegas se ordenaron según su actividad en redes y se representó gráficamente el posicionamiento o lugar que ocupan las bodegas de Castilla y León con respecto a bodegas de resto del mundo, recopiladas de trabajos previos (Reyneke *et al.*, 2011). Las bodegas se agruparon utilizando un análisis clúster jerárquico con el que se obtuvieron conglomerados según la actividad en las redes. Se obtuvieron tres conglomerados. El análisis de conglomerados jerárquico parte de todas las bodegas y analiza los dos casos más próximos, en términos de distancia, que quedan agrupados por su similitud en actividad en las redes sociales. Así, sucesivamente hasta lograr un único conglomerado heterogéneo y por ello se denomina jerárquico. Para los conglomerados obtenidos se representó el dendograma de agrupación de las bodegas mediante la herramienta informática SPSS v.23.0.

La cuarta etapa del trabajo relacionó la imagen con el posicionamiento en las redes. Mediante un análisis de componentes principales (ACP) se redujo la dimensión y número de variables de imagen en las bodegas con mayor posicionamiento en redes sociales. Los coeficientes factoriales de las variables determinaron las correlaciones entre las variables y los componentes principales. La matriz tuvo tres columnas como componentes prin-

cipales y nueve filas correspondientes a las variables estandarizadas que se calcularon mediante la expresión:

$$X_{ij} = a_{il} \times Z_{lj} + \ldots + a_{ik} \times Z_{ik} = \Sigma^{k}_{s=1}\, a_{is} \times Z_{sk}$$

Donde *a* eran los coeficientes y los *Z* los valores estandarizados de imagen de bodega en cada uno de los sujetos de la muestra. El gráfico rotado reveló las imágenes en las que se diferenciaban las bodegas con presencia en las redes, por presentar los eigen vectores más elevados. Un test chi-cuadrado (χ^2) permitió obtener la probabilidad que las imágenes obtenidas sean la imagen proyectada por las bodegas con más actividad en redes sociales. Para el tratamiento de los datos se empleó la herramienta SPSS v23.0 y se obtuvieron las tablas de contingencia entre imagen categorizada Z(IMAGEN) y posicionamiento en las redes. La metodología desarrollada incluyó, i) la caracterización de la imagen proyectada por las bodegas en las redes sociales, ii) el posicionamiento de las bodegas según su actividad en las redes y iii) la imagen que diferencia a las bodegas con mayor actividad en las redes (Figura 1).

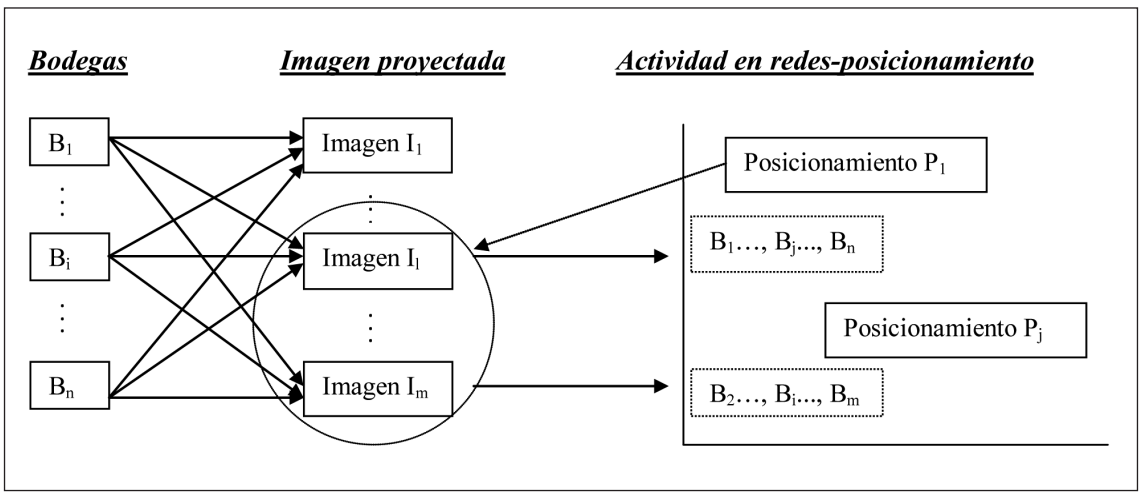


Figura 1. Modelo conjunto de relación entre la imagen y el posicionamiento de las bodegas en las redes sociales.
Figure 1. Relationship between the brand image and the winery positioning on social media.

Resultados y discusión

Imagen proyectada en las redes

El seguimiento de los mensajes en las redes sociales en el primer trimestre de 2016 confirmó que los mensajes se referían fundamentalmente a la información de vinos (71,82%), seguido de temas variados sobre la bodega, el sector, la vendimia u otras circunstancias que se dieron en la campaña (22,73%) y en menor medida opiniones sobre temas de otros sectores (5,45%). Los temas tratados en los post se referían a la publicidad de tienda, restaurante o posada de la bodega, visitas a las bodegas, dar a conocer las prácticas ecológicas, biodinámicas de producción de la bodega, introducir la tienda *on-line* o bien divulgar la responsabilidad social de la institución y en menor medida fidelizar a los

usuarios en las redes sociales. Por ello se puede confirmar, como ya afirmaron otros autores, que los mensajes en las redes combinan la calidad de los caldos acompañada de paisajes naturales, gastronomía, organización de eventos, educación y cultura (Wilson y Quinton, 2012).

El recuento de términos por Tagxedo reveló que las bodegas utilizan una combinación de imágenes o mix de imagen en las redes sociales. Aparte de las palabras genéricas que sirven para referenciar al usuario con la empresa, a través del nombre de la marca, y el tipo de actividad, con palabras como vino, bodega, etc. y que fueron las más abundantes en las redes (35,1%), se encontraron bodegas que proyectaban hasta seis grupos de imágenes propuestos y en contraste alguna bodega tan sólo utilizaba un par de ideas como las técnicas de elaboración y las ventas. Se comprueba que los grupos de imágenes encontrados siguen el modelo de la teoría de los usos y las gratificaciones (Katz *et al.,* 1974; Dolan *et al.*, 2017) que establece cuatro motivaciones de los usuarios para conectarse en las redes sociales (Dolan *et al.*, 2017): i) información, ii) entretenimiento, iii) remuneración y/o iv) socialización. En este sentido, nuestros resultados muestran que las bodegas proyectaban i) información, el origen, el medio y la historia; proyectaban ii) entretenimiento a través de las visitas y las sensaciones de los vinos; proyectaban iii) remuneración a través de las ventas y los premios; y proyectaban iv) socialización a través de la creación de comunidades y clubs de vinos en las redes (Tabla 1). Por ello se puede concluir que el mix de imagen de las bodegas cumple con su cometido principal de poder conectar a los usuarios. Sin embargo, se observa una gran indefinición en la imagen proyectada y algunas bodegas debieran ajustar su estrategia de imagen de marca en las redes con las motivaciones de los usuarios en la red. En este sentido, muchos autores (Dolan *et al.*, 2017) constataron la baja interacción de los usuarios con las redes del vino comprobando que tan sólo el 1% de ellos interacciona con los mensajes enviados por la bodega. Por ello, habría que tener una imagen de marca bien definida, con un público destinatario bien caracterizado y utilizando las redes más adecuadas en las que se encuentren nuestros destinatarios que permitan interesarles y comprometerles.

La imagen proyectada que más se encontró fue de técnicas de elaboración y crianza, seguida de la comunicación y de información sobre el origen (Tabla 2) coinciden con los datos presentados por Dolan *et al.* (2017) que encontraron que en las redes predominaba información sobre vino, elaboración y producto (18,9%) seguido de comunicación de eventos (17,3%) y en menor medida ofertas y descuentos de venta (5,9%).

El diagrama de caja (Figura 2) muestra que la imagen de técnicas de elaboración es utilizada simétricamente por todas las bodegas de la muestra, existen además algunas bodegas que presentan esta imagen de manera muy repetida. En el caso de la imagen de redes se observa que abundaban en mayor medida, las bodegas que proyectaban esta imagen con alta frecuencia y no se encontró tanta dispersión de bodegas con un uso mucho mayor o menor. La imagen de origen es más utilizada por un mayor número de las bodegas y existen algunas bodegas que se dispersan.

Posicionamiento de las bodegas en las redes sociales

Los indicadores clave de desempeño revelaron que las bodegas en Facebook tenían una media de 2,98 seguidores, la bodega que más seguidores tenía eran 5, y un promedio de 109,27 comentarios o hagstags (máximo de 2.343 hagstags). Las bodegas en Instagram tuvieron un promedio de 133,04 publicaciones propias en el trimestre; la bodega con más publicaciones tuvo 573. Las bodegas seguían

Tabla 1. Imagen proyectada por las bodegas en Castilla y León en páginas web y redes sociales: frecuencia de términos por conglomerados (Frec.)
Table 1. Projected image by wineries in Castilla y León on webpages and social networks: frequency of concepts by image conglomerates

	Frec.		Frec.		Frec.
Genérica		*Origen (OR)*		*Medio (MED)*	
Marca propia	25.573	Denominación D.O.	8.774	Viñedo	5.839
Vino	17.636	Localidad	4.730	Riberas	2.590
Bodegas	16.020	España	303	Finca	1.524
Grupo	1.664			Tierra	698
Compañía	719			Pagos	594
Cooperativa	494	*Premiada (PR)*		Entorno	583
		Premios, medallas	2.065	*Terroir*	509
		Puntos	832	Castilla	318
		Concursos	628	Naturaleza	241
Técnica (TEC)		*Historia (HIST)*		*Ventas (VEN)*	
Método Elaboración	8.614	Historia	6.011	Tienda	2.965
Variedades	7.746	Estrategia/Objetivos	2.939	Comprar/Disponib	1.839
Tinto/Blanco/Rosado	5.161	Tradición/Experiencia	2.047	Pedidos	1.238
Crianza/Reserva	3.316	Familia	1.100	Precios	971
Calidad	2.186	Responsabilidad	420	Distribuidores	143
Ecológico	1.049	Fundación/Baco	410		
Vitivinicultura	899	Colección	403		
Innovación	788				
Enoturismo (TUR)		*Sensaciones (SEN)*		*Redes (RED)*	
Idiomas	4.493	Experiencias	809	Noticias/Info	4.680
Visitas	2.153	Personalidad/Alma	738	Contacto	3.669
Enoturismo	1.941	Sabor	566	*On-line*, web	2.495
Restaurante	1.566	Descubrimientos	563	Facebook/Twitter	2.454
Spa, otros servicios	1.343	Amor/Vida/Felicidad	456	Galería	1.356
Alojamiento	1.335	Mundo	453	Actividades,cursos	1.065
Instalaciones	657	Esencia/sensaciones	427	Club	728
Cata	226	Pasión	230		
		Poemas	199		

Fuente: elaboración propia a partir de recuentos realizadas por la herramienta Tagxedo.

Tabla 2. Frecuencia, promedio y margen de error de cada imagen en las bodegas presentes en redes sociales calculado sobre el número de bodegas que presentan dicha imagen
Table 2. Average and margin error of the image of wineries on social media, calculated among wineries that presented the image

Imagen (IMAGEN)	Frecuencia	%	Media ± MErr
Genérica	62.106		
Técnica (TEC)	29.759	25,86	239,6 ± 30,82
Redes (RED)	16.447	14,29	154,2 ± 21,88
Origen (OR)	13.807	12,00	119,3 ± 20,56
Enoturismo (TUR)	13.714	11,92	115,0 ± 24,70
Historia (HIST)	13.330	11,58	121,1 ± 17,67
Medio (MED)	12.896	11,21	120,7 ± 16,93
Ventas (VEN)	7.156	6,22	58,3 ± 15,22
Sensaciones (SEN)	4.441	3,86	36,8 ± 10,98
Premiada (PR)	3.525	3,06	28,9 ± 9,81

Nota: MErr: margen de error es la diferencia del valor y la media, dividido entre el cociente de la desviación típica y la raíz cuadrada del tamaño de la muestra.

Fuente: elaboración propia basada en frecuencias de Tagxedo en las bodegas presentes en redes.

unos 741,42 usuarios de promedio y tuvieron una media de 7 seguidores; la más seguida tuvo 111 seguidores. En el trimestre publicaron una media de 2.839 tweets y la bodega que más tweets propios publicó fueron 15.500. Los temas más twitteados eran por igual la relevancia de los vinos y de entretenimiento. Coincidiendo con otros autores los mensajes más seguidos eran aquellos que se esforzaban en sus respuestas (Newman, 2010). Las bodegas tenían en Twitter una media de 3 seguidores, la bodega con más seguidores tenía 5, y han seguido un promedio de 1.635 tweets. En el trimestre las bodegas tuvieron una media de 3 "me gusta" y la que más tuvo fueron 6. El posicionamiento en la web reveló baja actividad de las marcas analizadas en las redes sociales. Tan sólo 28 marcas tuvieron actividad propia en la web social durante la semana de análisis (Tabla 3).

Diecinueve marcas presentaron una actividad de 0,1 constatando su presencia en dicha semana en YouTube, LinkedIn, Google+ y Foursquare. Se encontró un buen posicionamiento para bodegas como Torres, con presencia en Twitter, Facebook, YouTube y LinkedIn; la bodega Terna, con presencia en YouTube, LinkedIn y Google+; y la bodega Pagos del Rey.

En la agrupación clúster de las bodegas según su actividad en las redes Facebook, Twitter, LinkedIn, YouTube y Google+ se obtuvieron dos conglomerados y un tercer "outlier". El primer conglomerado de uso "alto" de estas redes estaba formado por once de las bodegas del mundo analizadas y entre ellas cinco bodegas de la muestra de Castilla y León. El segundo conglomerado de uso "medio" de estas redes sociales está formado por seis bodegas del mundo analizadas y entre ellas dos bodegas de Castilla y León. El tercer grupo,

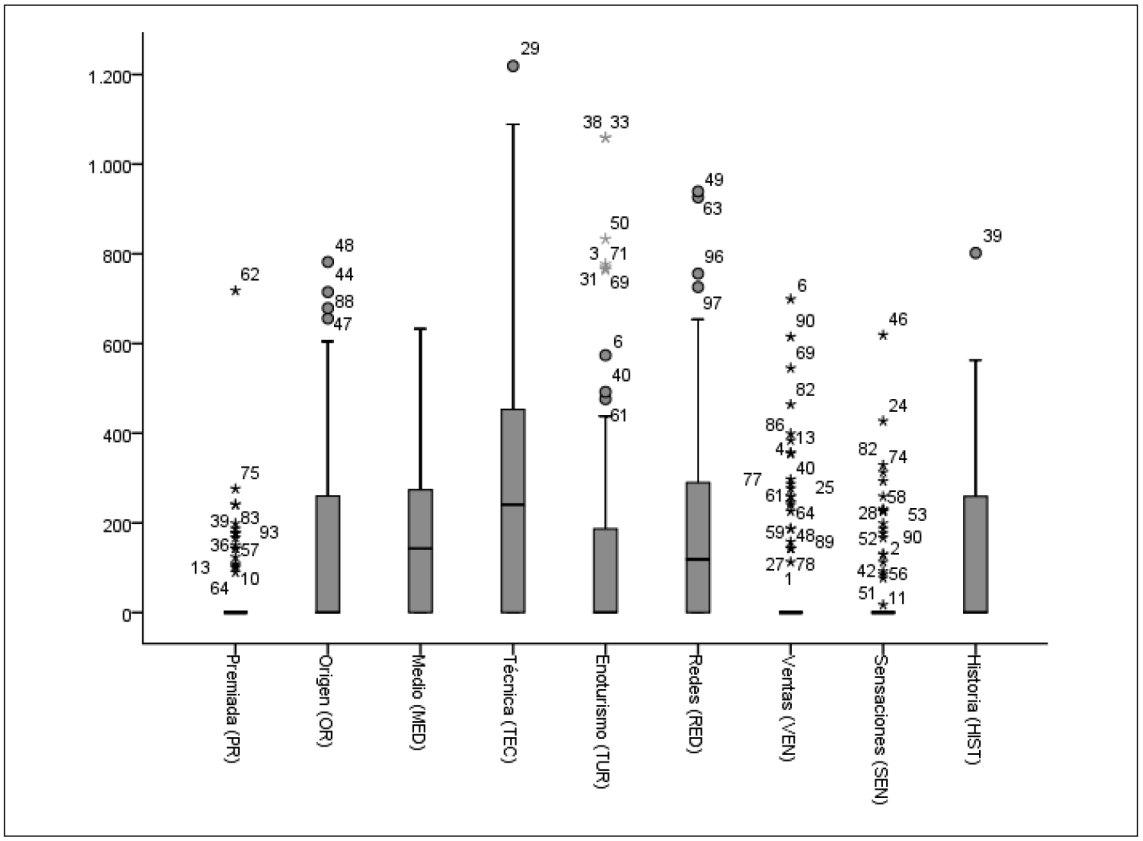


Figura 2. Diagrama de caja-bigotes de las imágenes proyectadas por las bodegas en las redes sociales.

Notas: la caja representa el intervalo entre el primer y tercer cuartil; la línea gruesa dentro de la caja es la media; los puntos representan bodegas de la muestra en que la imagen es extremadamente alta o "outliers".

Fuente: elaboración propia basada en recuentos realizados con la herramienta Tagxedo.

Figure 2. Boxplots of wineries images on social media.

Notes: the boxplot represents the first and third quartile; the line in the boxplot is the average; the stars and points are wineries of the sample with images extremely high or outliers.

Source: own elaboration based on counts conducted with Tagxedo.

formado por dos bodegas y una de ellas de la muestra son bodegas con un uso "muy alto" de las redes consideradas. Se observa que en todos los conglomerados estaban presentes las bodegas de muestra de Castilla y León, incluso en el "outlier" por lo que se confirma que la actividad de las bodegas de la muestra en las redes sociales es equiparable al de bodegas de otras regiones vitivinícolas notorias de resto del mundo (Figura 3).

La representación de la comparativa del posicionamiento de las bodegas de Castilla y León (España) respecto del resto del mundo se puede observar en figura 4.

Tabla 3. Actividad en las redes según Howsociable.com, de las bodegas con mayor actividad propia, en la semana del 15/05 al 22/05
Table 3. Wineries Howsociable.com scores with highest social network coverage between 15/05 and 22/05

Bodega	Twitter	Facebook	YouTube	LinkedIn	Google+	Total
Castilla León						
Torres	4,4	4,9	3,2	2,8		6,0
Terna			3,0	3,7	0,1	4,8
Pagos del Rey			1,9	2,3	0,1	3,7
Belondrade			1,0	2,6	0,1	3,0
Vega Sicilia			3,0	2,5	0,1	2,8
Matarromera	0,9	1,9	1,1	1,8		2,3
Emilio Moro	0,8	2,2	1,9	1,6		1,9
Naia			0,1	0,1	0,1	1,6
Resto del mundo						
Barefoot (USA)			5,1	4,6	1,9	6,7
Ridge (USA)			0,1	0,1	2,2	1,6
St. Supery (USA)			1,0	2,6	0,1	3,0
Blosson Hill (UK)			3,1	2,3	0,1	2,7
Campo Viejo (ESP)			3,1	3,3	0,1	3,5
Casillero (Chile)			3,2	2,0	0,1	3,5
Cono Sur (Chile)	1,1	2,2	0,1	0,1	0,1	1,5
Concha y Toro (Chile)	2,8	4,0	1,9	2,4		4,4
Margaux (Francia)	1,1	2,2	2,0	2,4		4,6
Lafite (Francia)			1,9	1,7		2,9
M. Chapoutier (Francia)			1,1	1,1	0,1	1,3

Fuente: elaboración propia basada en puntuaciones recogidas por Howsociable.com.

Se concluyó que muchas bodegas podrían mejorar su posicionamiento aumentando su actividad en las redes y además si considerasen algunas estrategias en las redes. Se confirmó que las bodegas no tienen una estrategia clara en las redes sociales (Reyneke *et al.*, 2011). Las bodegas deben considerar, para posicionarse en las redes, que los videos son lo más visto y que los vídeos mejor posicionados son los cómicos en lugar de los formativos por lo que deben ser creativos (Newman, 2010). Deben considerar que los post que contienen fotos son los que más se comentan y tienen el mayor número de "me

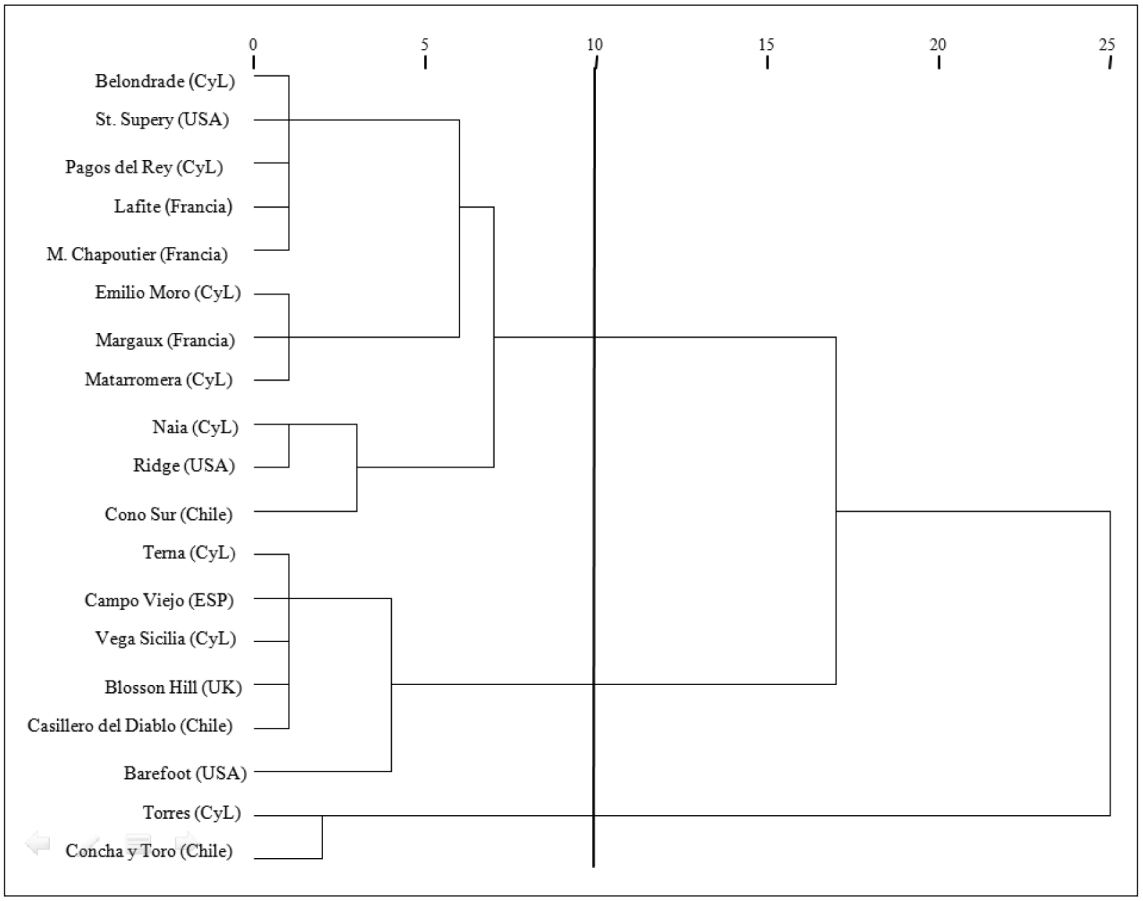


Figura 3. Clúster jerárquico de agrupación de las bodegas según su actividad en Facebook, Twitter, YouTube, LinkedIn y Google+. Método de agrupación Ward.
Figure 3. Cluster analysis of wineries on Facebook, Twitter, YouTube, LinkedIn and Google+. Ward method.

gusta" (Dolan *et al.*, 2017). Los mensajes mejor posicionados son aquellos que recomiendan y aconsejan sobre vinos y que ayudan al usuario en su decisión de compra, según los blogs más seguidos (Newman, 2010). Sin duda, las bodegas tienen una oportunidad de posicionarse mejor en Facebook ya que los tres usuarios más seguidos en esta red son bodegas, no críticos ni personalidades del mundo del vino, que hablan con los consumidores sobre sus experiencias y les invitan a volver (Newman, 2010).

Imagen diferenciada de las bodegas con mejor posicionamiento

La reducción de las variables de imagen mediante el ACP, para definir la imagen de las bodegas en las redes sociales reveló un primer componente que explica las imágenes de historia, enoturismo, el medio natural y las sensaciones. El segundo componente explica las redes, las ventas y el origen. El primer componente se refiere a una imagen clásica que contiene una combinación de tradición,

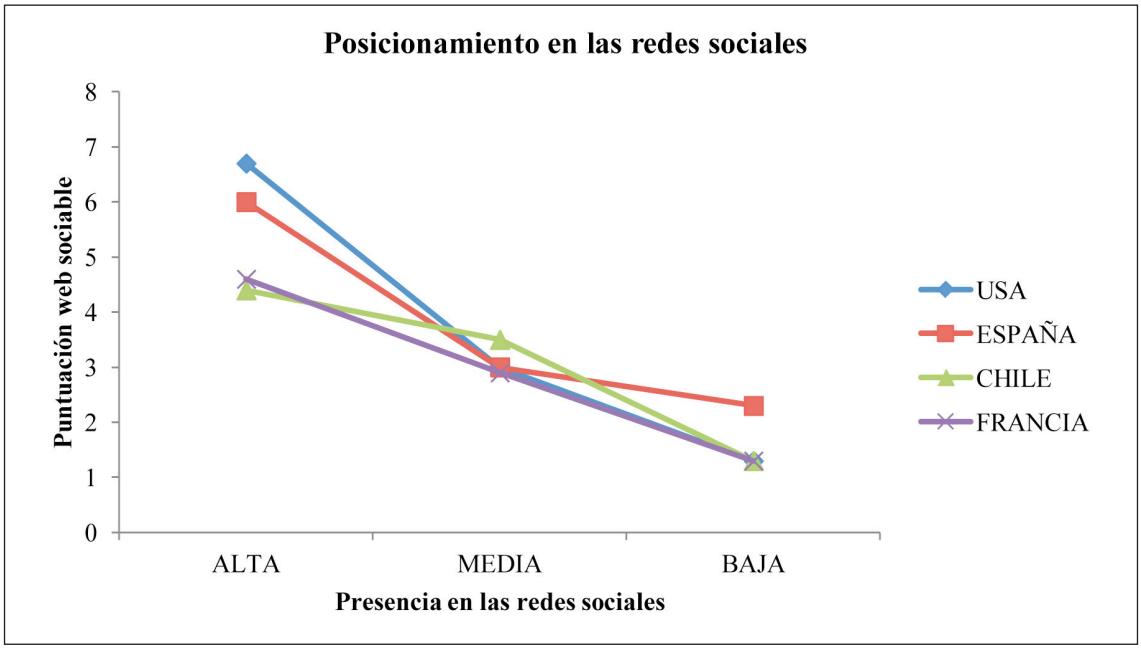


Figura 4. Posicionamiento de las bodegas con actividad en las redes sociales por países. Puntuaciones obtenidas por Howsociable.com.
Figure 4. Wineries social media positioning by country. Scores by Howsociable.com.

enoturismo y sensaciones. El segundo componente por su parte es una imagen orientada a las ventas que combina la denominación de origen (Gokcekus y Finnegan, 2013) y otros instrumentos de ventas y comunicación en redes que podrán convertirse en futuras ventas (OEMV, 2014) (Tabla 4).

El análisis ACP revela una imagen muy similar para todas las bodegas con actividad en redes, con medias y desviaciones parecidas y poca diferenciación en la imagen que proyectan (Figura 5). Las bodegas tan sólo se diferencian mediante una correlación positiva en la imagen de historia y con correlación negativa en enoturismo.

El análisis de significación reveló significación entre la presencia en las redes y la historia de la bodega y no relación entre la presencia y la imagen de enoturismo por lo que

Tabla 4. Análisis de Componentes Principales con valores estandarizados
Table 4. Principal Component Analysis (PCA)

IMAGEN estandarizada	Componente		
	1	2	3
Z(ORIGEN)	0,122	0,158	0,659
Z(MEDIO)	0,446	0,346	-0,465
Z(HISTORIA)	0,718	-0,229	0,130
Z(SENSACIONES)	0,454	0,237	0,048
Z(VENTAS)	-0,433	0,203	-0,401
Z(REDES)	0,055	-0,802	-0,090
Z(TURISMO)	-0,766	-0,255	-0,045
Z(TECNICA)	0,180	0,722	-0,016
Z(PREMIOS)	0,077	0,019	0,824

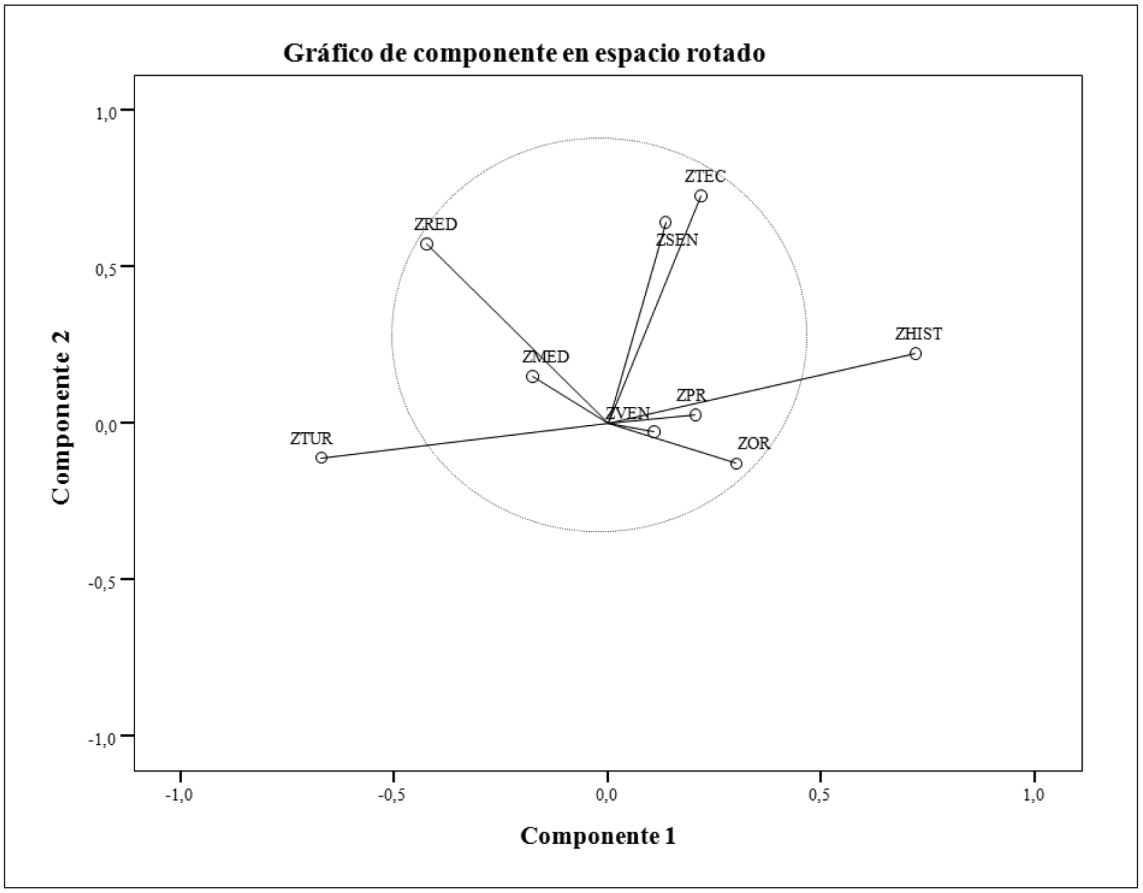


Figura 5. Componentes Principales (ACP) de la imagen de las bodegas activas en redes sociales en espacio rotado.

Notas: en el centro del grupo las imágenes similares para las bodegas activas en las redes sociales y alejadas las imágenes diferenciadas con correlación positiva HIST y negativa TUR.

Figure 5. Rotated Principal Components Analysis (PCA).

Notes: at the centre, similar images, at the extremes, differentiated positive correlated image HIST and negative correlated image TUR.

se descartó el turismo como imagen que diferencia a las bodegas con mejor posicionamiento en las redes (Tabla 5).

Los residuos tipificados mayores de 1,96 revelaron que existe una alta probabilidad que una bodega que tengan alta presencia en las redes se diferencie únicamente por su imagen de historia (r.t.c. = 2,9). En este punto sería aconsejable diseñar un plan estratégico en las redes para aprovechar mejor el potencial de este medio. Se trata de diferenciar a las bodegas en este medio con una adecuada estrategia. La estrategia debe incluir además del manejo de big data para segmentar,

Tabla 5. Estadístico chi-cuadrado de significación entre las imágenes que diferencian a las bodegas y la presencia en las redes sociales (*p-valor)*
*Table 5. Significance chi-square analysis between the social media presence and the differentiation images on social media (*p-value)

	IMAGEN	ACTIVIDAD REDES		*p-valor*
		Sí	No	
HISTORIA	Frecuencia (%)	48,15	51,85	0,022
	r.t.c.	2,9	-2,9	
TURISMO	Frecuencia (%)	37,04	62,96	0,806
	r.t.c.	-0,2	0,2	

r.t.c.: residuos tipificados y corregidos.

orientar y posicionar la imagen de la bodega en las redes con técnicas de marketing específicas para las redes sociales (Floreddu y Cabiddu, 2016) (Figura 6). El plan estratégico en redes comenzará con un análisis del entorno, siguiendo las redes, los comentarios, la competencia y la actual estrategia seguida por la bodega en los medios. A continuación la bodega definirá cuáles son los objetivos que desea conseguir, por ejemplo, aumentar la visibilidad, interactuar con los públicos objetivos y la sociedad, llegar a nuevos nichos de mercado, etc. En función de los objetivos se plantearán los resultados que desea alcanzar, fidelizando a los consumidores, aumentando las ventas, mejorando su imagen y reputación, etc. A continuación se decidirán los instrumentos y las acciones que se llevarán a cabo para conseguir los resultados esperados. Se deberá elegir las redes más adecuadas, por ejemplo Facebook si la bodega desea interactuar con los usuarios, Twitter para difundir mensajes cortos o YouTube para el envío visual de publicidad (Tsimonis y Dimitriadis, 2014). En la elección de las redes también se tendrá en cuenta el área geográfica donde se desee actuar, Facebook en América, Europa, Oceanía, parte de Asia y África y Twitter en Japón (Web empresa 2.0., 2015) y el público destinatario. Las bodegas pueden enviar invitaciones e imágenes a los dispositivos móviles de los posibles visitantes que por geolocalización se encuentren en la zona de la bodega (Wilson y Quinton, 2012). Pueden segmentar a los usuarios en sus redes, con los datos sociodemográficos que proporcionan al darse de alta en Facebook, y enviarles mensajes de la imagen más adecuada al perfil del usuario (Bruwer y Li, 2007). Los motores de búsqueda como Google permiten guardar las palabras más buscadas por el usuario y enviarle publicidad según los contenidos y vinos que le interesen (Bauer *et al.,* 2011). Además, las cookies de internet permiten al administrador del sistema enviar mensajes y publicidad de los vinos o productos cuya compra el usuario haya interrumpido (Barber, 2010). En la implementación del plan se deberán combinar las acciones *off-line* y *on-line* de la bodega de manera que se apoyen y potencien entre ellas (Tsimonis y Dimitriadis, 2014) y considerar una combinación adecuada de todos los instrumentos de marketing que se realizan en la bodega incluyendo promoción de ventas, relaciones públicas y publicidad. Además, se diseñará una programación de actividades espacial y temporalmente que permita aprovechar las redes. Las bodegas pueden comprar palabras

clave y búsquedas en las redes y recibir toda la información que se publica sobre ellas para segmentar y orientar su imagen (Labroo *et al.*, 2008). Las bodegas pueden además considerar que la actividad en las redes es mayor durante la semana que en fin de semana y los sábados son el día de menor actividad en las redes (Dolan *et al.*, 2017). Los usuarios ven más las fotos los lunes y cliquean más "me gusta" los jueves. Los usuarios tienen más actividad en las redes de 8.00 am a 11.00 am (Dolan *et al.*, 2017). Además, el plan incluirá un programa de evaluación y seguimiento que permitirá ajustar la estrategia en función de la consecución o no de los objetivos y los resultados esperados (Figura 6).

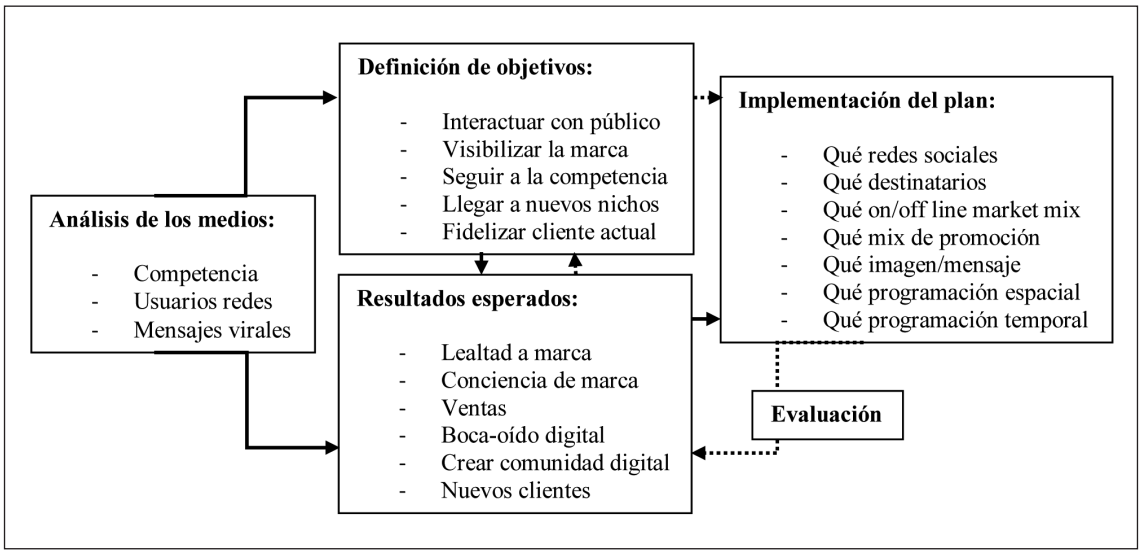


Figura 6. Plan estratégico en redes sociales para bodegas.
Figure 6. Strategic plan in social media for wineries.

Conclusiones

El trabajo desarrolla un modelo de evaluación de la imagen y el posicionamiento de marcas en las redes sociales y un análisis exploratorio en las bodegas de la Comunidad Autónoma de Castilla y León en España. La metodología desarrollada emplea dos herramientas informáticas para contar las imágenes proyectadas por las empresas en las redes sociales y la actividad de las empresas en 36 redes sociales, que permite ordenar las empresas según su actividad en las redes y relacionarlo con la imagen proyectada por las empresas. En futuras líneas de trabajo el modelo podría considerar la percepción de la marca por los usuarios de las redes considerando la percepción mental de la marca por los consumidores. Igualmente, sería de interés en futuras investigaciones consultar a los usuarios el posicionamiento de las marcas que sería de gran utilidad para las empresas. La aplicación a bodegas de Castilla y León reveló que las bodegas activas en las redes proyectan una imagen poco diferenciada. Las bodegas pueden mejorar su posicionamiento en las redes sociales tanto aumentando la actividad en las redes como en la es-

trategia de manejo de las redes. Las bodegas necesitan elaborar una estrategia sólida en las redes que combine la tradición y la modernidad que le permitan segmentar, orientar y posicionar las bodegas en las redes y usuarios más adecuados. El plan estratégico en redes debe incluir un análisis del entorno y el actual uso de las redes por la bodega, una definición de objetivos y resultados que se quieran alcanzar con el plan, así como un plan de actividades con la elección de las redes más adecuadas, el mensaje y la combinación con otros instrumentos de marketing en línea y fuera de ella. La evaluación continuada permitirá segmentar redes y usuarios ajustando el plan en las redes a los objetivos y recursos de la bodega.

Implicaciones prácticas

Los resultados pueden ayudar a las bodegas y a los investigadores a conocer cómo llegar mejor a las redes sociales y a los usuarios de redes. Los resultados les ayudaran a elaborar una estrategia basada en la diferenciación en las redes sociales y les permitirán desarrollar técnicas para un mejor posicionamiento. El trabajo pretende contribuir al desarrollo del conocimiento del vino en las redes sociales y del mejor manejo de las mismas para aprovechar todas las oportunidades que de este medio como instrumento de marketing. El modelo desarrollado podría, en futuras líneas de investigación, ser aplicado a otros sectores de actividad para medir la proyección y lugar que ocupan diferentes marcas en las redes sociales. También podría emplearse en el análisis entre sectores de actividad para mediante benchmarking mejorar la actuación en las redes sociales de sectores con menos o peor manejo de estas tecnologías.

Bibliografía

Atkin T, Thach L (2012). Millenial wine consumers: Risk perception and information search. Wine Economics and Policy, 1: 54-62.

Barber N (2010). "Green" wine packaging: targeting environmental consumers. International Journal of Wine Business Research, 22(4): 423-444.

Bauer C, Greve G, Hopf G (2011). Online targeting und controlling. Gabler Verlag, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH. Wiesbaden.

Bruwer J, Wood G (2005). The Australian Online Wine-buying Consumer: Motivational and Behavioural Perspectives. Journal of Wine Research, 16(3): 193-211. DOI: 10.1080/09571260600556666

Bruwer J, Li E (2007). Wine-Related Lifestyle (WRL) Market Segmentation: Demographic and Behavioural Factors. Journal of Wine Research, 18(1): 19-34.

Bruwer J, Alant K (2009). The hedonic nature of wine tourism consumption: an experiential view. International Journal of Wine Business Research, 21(3): 235-257.

Burson-Marsteller (2012). Global social media check-up 2012. Disponible en: http://www.burson-marsteller.fi/meista/thought-leadership/burson-marsteller-global-social-media-check-up-2012/ (consultado: 1 de marzo de 2018).

Capitello R, Agnoli L, Begalli D, Codurri S (2014). Social media strategies and corporate brand visibility in the wine industry. EuroMed Journal of Business, 9(2): 129-148. DOI: 10.1108/EMJB-10-2013-0046

Chu SC, Kim Y (2015). Determinants of consumer engagement in electronic word-of-mouth (eWOM) in social networking sites. International Journal of Advertising, 30(1): 47-75.

Dean DL, Forbes SL (2016). Are Customers Having E Conversations about Your Wine? The Importance of Online Discussion Forums as Electronic Word of Mouth for Wine Marketers. En: Successful Social Media and Ecommerce Strategies in the Wine Industry (Ed. Szolnoki G, Thach L, Kolb D), pp. 115-132. Palgrave Macmillan. DOI: 10.1057/9781137602985.0011

Dolan R, Conduit J, Fahy J, Goodman S (2017). Social media: communication strategies, engagement and future research directions. International Journal of Wine Business Research, 29(1): 2-19. DOI: 10.1108/IJWBR-04-2016-0013

Espejel J, Fandos C, Flavián C (2011). Antecedents of consumer commitment to a PDO wine: an empirical analysis of Spanish consumers. Journal of Wine research, 22: 205-225.

Floreddu PB, Cabiddu F (2016). Social media communication strategies. Journal of Services Marketing, 30(5): 409-503.

Forbes SL, Goodman S, Dolan R (2015). Use of social media in the Australian and New Zealand wine industries. Australian and New Zealand Grapegrower and Winemaker, 619: 95-97.

Gokcekus O, Finnegan CM (2013). Did the Great Recession change the regional reputation premium for wine in the US?. Wine Economics and Policy, 2(1): 27-32. DOI: 10.1016/j.wep.2013.05.004

Harridge-March S, Quinton S (2005). Initiation of trust and management of risk in on-line retailing: UK on-line wine market. International Journal of Wine Marketing, 17: 5-20.

Johnson R, Bruwer J (2007). Regional brand image and perceived wine quality: the consumer perspective. International Journal of Wine Business Research, 19(4): 276-297. DOI: 10.1108/17511060710837427

Katz E, Blumler J, Gurevitch, M (1974). Utilization of mass communication by the individual. En: The uses of mass communication: Current perspectives on gratifications research (Eds. Blumler J, Katz E), pp. 19-34. Sage Publications, Inc.

Koetsier J (2013). Facebook: 15 million businesses, companies, and organizations now have a Facebook page. Disponible en: https://venturebeat.com/2013/03/05/facebook-15-million-businesses-companies-and-organizations-now-have-a-facebook-page/ (consultado: 1 de marzo de 2018).

Kolb D, Thach L (2016). Analyzing German winery adoption of Web 2.0 and social media. Journal of Wine Research, 27(3): 226-241. DOI: 10.1080/09571264.2016.1190324

Labroo AA, Dhar R, Schwarz N (2008). Of frog wines and Frowning Watches: Semantic Priming, Perceptual Fluency, and Brand Evaluation. Journal of Consumer Research, 34(6): 819-831.

Lockshin L, Corsi AM (2012). Consumer behaviour for Wine 2.0: A review since 2003 and future directions. Wine Economics and Policy, 1: 2-23.

Mangold MG, Faulds DJ (2009). Social media: the new hybrid element of the promotion mix. Business Horizons, 52(4): 357-365.

Mtimet N, Albisu LM (2006). Spanish Wine Consumer Behavior: A Choice Experiment Approach. Agribusiness, 22(3): 343-362. DOI: 10.1002/agr.20090

Newman K (2010). How wine lovers use social media: wine and social media have created an incredible force within the industry. Disponible en: http://www.winemag.com/2010/02/17/how-wine-lovers-use-social-media (consultado: 1 de marzo de 2018).

OEMV (2014). Informe: Consumo de vino en España y el vino en las redes sociales. Observatorio Español del Mercado del Vino.

Olsen JE, Thach L, Nowak L (2007). Wine for my generation: exploring how US wine consumers are socialized to wine. Journal of Wine Research, 18(1): 1-18.

Quint BR (2010). Wine Education Network - Market Enablers - Information Overload. Disponible en: http://www.linkedin.com/groups/Market-Enablers-Information-Overload-3984584.S.94617231 (consultado: 1 de marzo de 2018).

Reyneke M, Berthon PR, Pitt LF, Parent M (2011). Luxury wine brands as gift: ontological and aesthetic perspectives. International Journal of Wine Business Research, 23(3): 258-270. DOI: 10.1108/17511061111163078

Schembri S, Latimer L (2016). Online brand communities: constructing brand communities: constructing and co-constructing brand culture. Journal of Marketing Management, 32(7-8): 628-651.

Stieglitz S, Dang-Xuan L, Bruns A, Neuberger C (2014). Social Media Analytics. Business & Information Systems Engineering, 6(2): 89-96.

Storchmann K (2012). Wine Economics. Journal of Wine Economics, 7(1): 1-33. DOI:10.1017/jwe.2012.8

Szolnoki G, Taits D, Nagel M, Fortunato A (2014). Using social media in the wine business: an exploratory study from Germany. International Journal of Wine Business Research, 26: 80-96. DOI: 10.1108/IJWBR-09-2013-0031

Thach L (2009). Wine 2.0-the next phase of wine marketing? Exploring us winery adoption of wine 2.0 components. Journal of Wine Research 20: 143-157. DOI: 10.1080/09571260903169548

Thach L, Lease T, Barton M (2016). Exploring the impact of social media practices on wine sales in US wineries. Journal of Direct, Data and Digital Marketing Practice, 17: 272-283. DOI: 10.1057/dddmp.2016.5

Tsimonis G, Dimitriadis S (2014). Brand strategies in social media. Marketing Intelligence & Planning. 32(3): 328-344. DOI: 10.1108/MIP-04-2013-0056

Vinography (2012). Social Media and the Wine Industry: A New Era. Disponible en: http://www.vinography.com/archives/2012/02/social_media_and_the_wine_indu.html (consultado: 1 de marzo de 2018).

Wallace E, Buil I, De Chernatony L, Hogan M (2014). Who "likes" you… and why? A typology of Facebook fans. Journal of Advertising Research, 54(1): 92-109.

Web empresa 2.0. (2015). 5 herramientas de analítica web para medir resultados *on-line*. (Web log post). Disponible en: http://www.webempresa20.com/blog/herramientas-de-analitica-web.html (consultado: 1 de marzo de 2018).

Williams P (2001). Positioning Wine Tourism Destinations: An Image Analysis. International Journal of Wine Marketing, 13(3): 42-58. DOI: 10.1108/eb008726

Wilson D, Quinton S (2012). Let's talk about wine: does Twitter have value?. International Journal of Wine Business Research, 24(4): 271-286. DOI: 10.1108/17511061211280329

(Aceptado para publicación el 12 de marzo de 2018)

PREMIOS DE PRENSA AGRARIA 2018 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 2018. 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:

Acepto recibir información relacionada con la actualidad de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario: ❑ Sí ❑ No

Asociación Interprofesional Para el Desarrollo Agrario – NIF: G50202530. Dir. Postal: Avda. Montañana 930 (CITA Aragón)
Teléfono: 976 716 305. Correo electrónico: administracion@aida-itea.org

"En nombre de la empresa tratamos la información que nos facilita con el fin de prestarles el servicio solicitado, realizar la facturación del mismo. Los datos proporcionados se conservarán mientras se mantenga la relación comercial o durante los años necesarios para cumplir con las obligaciones legales. Los datos no se cederán a terceros salvo en los casos en que exista una obligación legal. Usted tiene derecho a obtener confirmación sobre si en Asociación Interprofesional Para el Desarrollo Agrario estamos tratando sus datos personales por tanto tiene derecho a acceder a sus datos personales, rectificar los datos inexactos o solicitar su supresión cuando los datos ya no sean necesarios".

NORMAS PARA LOS AUTORES (actualizado febrero de 2018)

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

2. Tipos de manuscritos

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

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

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

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

3. Preparación del manuscrito

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

Todos los manuscritos incluirán, en la primera página:

Título: será lo más conciso posible. No incluirá 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 60 en las revisiones bibliográficas. En el manuscrito, se mantendrá el orden cronológico en caso de citar varios autores. Las **citas en el texto** deben hacerse siguiendo los siguientes ejemplos:

  *un autor (Padilla, 1974)

  *dos autores (Vallace y Raleigh, 1967)

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

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

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

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

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

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

Al final del trabajo se referenciarán en orden alfabético, por autor, todas las citas utilizadas en el texto. 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 114
Número 3
Septiembre 2018

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