itea

información técnica económica agraria

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO



Volumen 115

Número 3

Septiembre 2019

aida-itea.org

itea

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

2019- AÑO L Vol. 115 N.º 3 http://dx.doi.org/10.12706/itea	**DIRECCIÓN Y REDACCIÓN** Avda. Montañana, 930 50059 ZARAGOZA (ESPAÑA) Tel.: 34-976 716305 Fax.: 34-976 716335 E-mail: direccion@aida-itea.org	Depósito legal: Z-577-82 ISSN: 2386-3765 INO Reproducciones, S.A. Pol. Malpica, calle E, 32-39 (INBISA II, nave 35) 50016 Zaragoza

DIRECTOR: Albina Sanz, 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
Ana Isabel Sanjuán, 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-itea/presentacion-itea

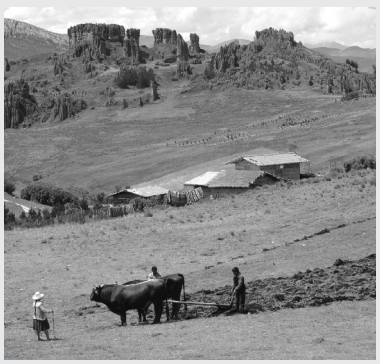


Foto y Texto de Jordi Bartolomé

Foto tomada en los Andes peruanos, en la región de Cajamarca, durante la celebración de un Congreso Internacional sobre Investigación Científica celebrado el 2016 en la ciudad de Chota.

Editorial

¿Investigación para la sostenibilidad?*

En el editorial de diciembre de 2017 [ITEA-Información Técnica Económica Agraria, Volumen 113 (4)] traté de plantear el riesgo que suponía un próximo colapso energético, al acercarse la escasez de los combustibles fósiles (y otros minerales y elementos escasos) y la necesidad de reconducir un cambio total de nuestros modos de vida, buscando un equilibrio con la capacidad de nuestro planeta.

En estos momentos, un año y medio después de esa reflexión, parece existir una mayor concienciación sobre la problemática del cambio climático, y empiezan a definirse políticas sobre la contaminación atmosférica, los plásticos, energías renovables, etc. Sin embargo, las alarmas sobre la urgencia de frenar dicho cambio climático se han disparado y se estiman periodos muy cortos para poder reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), si se quiere limitar la subida de temperatura a 1,5 °C, como recomienda encarecidamente el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC). De tal manera, y en mi modesta opinión, detener el cambio climático se ha convertido en la primera urgencia planetaria, por delante de la amenaza del colapso energético.

Hoy me centraré en el tema de nuestro modelo agroalimentario, porque su modificación ayudaría a una reducción notable de las emisiones GEI, amén de otras ventajas (salud pública, contaminación ambiental, etc.). Aunque también ha mejorado su divulgación por aspectos de salud o de consumo, intentaré resumir los detalles principales para describir la situación y cómo se propone reconducirla.

El modelo productivo agropecuario actual, se inicia en la segunda mitad del pasado siglo, pasando de un modelo que prácticamente mantenía los procesos ecológicos a otro que hoy denominamos intensivo o convencional, que se basa en la aplicación de insumos, y que es dependiente de múltiples intereses (industria transformadora, mercados mundiales, organizaciones de comercio y políticas agrarias de carácter nacional e internacional) (1).

En última instancia, se ha hecho dependiente de un enorme consumo energético en: mecanización, uso de fertilizantes, tratamientos con agroquímicos, transporte de ingentes cantidades de materias primas, procesado de los alimentos primarios, envasado, red de frío, distribución, etc. Ha sido la abundancia y un precio asequible del petróleo lo que ha permitido el desarrollo de dicho modelo de producción desde los años 70 del pasado siglo (2).

El modelo de alimentación de los países desarrollados se podría caracterizar por un elevado consumo de carne y de alimentos procesados. El consumo de carne es cinco veces superior en los países desarrollados que en los países en desarrollo.

---

* La opinión expresada en este editorial corresponde a la del propio autor, y no necesariamente coincide con la de la revista ITEA o la asociación AIDA. El editorial no se ha sometido a una revisión por pares, dado que se trata estrictamente de una opinión y no un artículo científico-técnico.

Este modelo alimentario ha condicionado de tal manera la producción agraria que la producción ganadera ocupa el 70% de las tierras dedicadas a la agricultura, y el ganado consume un 35% de la producción de granos en su alimentación (3).

Del mismo modo y globalmente, casi el 60% de la biomasa extraída de nuestros agrosistemas debe destinarse a la alimentación animal (4).

Datos de la FAO (2013) indican que el sector de la agricultura, incluyendo el cambio de uso de la tierra (deforestación) y actividades como la fabricación de fertilizantes, representa un 30% del total de las emisiones de gases de efecto invernadero, y que existe una profunda relación entre la producción y consumo de distintos tipos de alimentos y la generación de GEI (3). Alguna estimación más reciente, cuando se incluyen todos los aspectos que afectan a nuestros sistemas agroalimentarios, desde la deforestación para obtener tierras de cultivo hasta el procesado, empaquetado, transporte, etc., (incluyendo el desperdicio alimentario), llegan a cifrarlo en 43-57% del total de emisiones de GEI (2018) (5).

Centrándonos en el tema del tipo de dieta de nuestros países desarrollados, se puede indicar, respecto al consumo de carne, y tomando dos situaciones extremas: que un consumidor con elevado consumo de carne (>100 g/día) produce 2,5 veces más GEI que un vegano (4). E igualmente, y desde el punto de vista energético, se observa que en los países con un nivel de renta por encima de los 12.000 dólares/año, se consumen unas 500 kcal per cápita y día por encima de las necesidades nutricionales (3), lo que da lugar a los graves problemas de sobrepeso y obesidad.

Algunos análisis han permitido evaluar el impacto ambiental que podría esperarse del cambio de dietas, llegando a reducir un 20-30% la emisión de gases de efecto invernadero (3), amén de un efecto positivo sobre la salud pública, dado que existe una sólida evidencia científica que muestra que, comparado a una dieta occidental, una dieta como la mediterránea o vegetariana comporta un menor riesgo de obesidad, de diabetes tipo II, de enfermedades cardiovasculares, así como un menor riesgo de padecer algunos tipos de cáncer (especialmente de colon y recto, y probablemente de estómago y mama en mujeres postmenopáusicas) (3).

Además de la importancia de la agricultura, y particularmente de la ganadería, en la generación de GEI (6), no podemos olvidar un aspecto también importante: el del enorme desperdicio de alimentos que se produce a lo largo de la cadena alimentaria. La FAO en el 2011 estimó el desperdicio de alimentos en una cuantía de 1.300 millones de toneladas, con una huella de carbono del orden de 3.300 millones de toneladas de CO_2. La tierra utilizada para cultivar esos alimentos no consumidos supone casi un 30% de la tierra agraria del planeta (7).

Para revertir la situación, el sistema agroalimentario actual, con sus graves impactos ambientales y sociales, debería reducir dichos impactos hasta permitir la conservación de los ecosistemas, realizando como primera medida una transición en sentido inverso, hacia una agricultura y ganadería ecológicas (4). Esa transición en la producción agropecuaria, nos conduciría a lo que se denomina agroecología, que no se queda sólo en una producción ecológica, sino que plantea un modelo productivo alternativo a través de una acción social colectiva (4).

Esa misma transición es igualmente defendida por autores como Olivier De Schutter, Relator Especial de Naciones Unidas para el Derecho a la Alimentación (2008-2014) (8), quien afirma que: la agroecología no es sólo una serie de técnicas agronómicas sino que también lleva a replantear el conjunto de la cadena agroalimentaria y las relaciones entre los acto-

res (productores y consumidores). No es solamente una lucha por unas técnicas agronómicas más respetuosas con el medio ambiente, sino también una lucha por otras redes de producción y modos de remuneración de los productores.

Para **la transición del modelo actual de producción agraria a la agroecología,** el mismo De Schutter (8) indica "*que es un aspecto clave, y que es preciso sostener financieramente esta transición, con por ejemplo un subsidio al nivel de al menos el 80% de la renta anterior, durante cuatro años, con un proyecto razonable de ejecución"* (ahí entrarían las posibilidades de la Política agraria común de la Unión Europea-PAC). Además, el autor indica la conveniencia de al mismo tiempo, "*desarrollar los mercados, las estructuras".* De Schutter indica que *"una política agroecológica, que tiene tres componentes, difusión del conocimiento, sostenimiento del desarrollo económico, y desarrollo de estructuras, permitirá realizar esa transición".*

Estas mismas o similares propuestas se materializan en España en la coalición "Por otra PAC", que agrupa hasta 37 organizaciones y que fueron presentadas en la sede del Ministerio de Agricultura el pasado mes de marzo (9).

La reflexión que me ha llevado a escribir esta editorial la resumiría en los siguientes puntos:

Es determinante para el futuro frenar el cambio climático, si queremos sostener en nuestro planeta la vida humana en su dimensión actual. Y realizarlo en un plazo muy breve. Desde mi posición de modesto observador, no científico, he de reconocer que no soy muy optimista con las políticas que, tanto el sistema económico como los gobiernos, plantean frente a la situación. Aun así, creo que todos, y muy especialmente los habitantes de los países desarrollados (que somos los mayores emisores de GEI), tenemos una responsabilidad personal en ayudar a los cambios indicados.

Transcribo, como final, un párrafo del Informe "Educación para la Sostenibilidad en España" (2019) (10), que anima al estamento investigador a su transición hacia la sostenibilidad:

> *"El cambio social hacia la sostenibilidad solo será posible si se produce un cambio en la priorización de las políticas que se aplican por parte de los dirigentes, políticos y gestores actuales. No podemos esperar a que las nuevas generaciones lleguen a tomar el poder de las decisiones. La mayoría de los problemas necesitan soluciones inmediatas. Los rectores de las universidades e investigadores e investigadoras de calidad son personas con gran relevancia y prestigio social. Tanto unos como otros deben convertirse en actores protagonistas de la película de transición a la sostenibilidad que debe acontecer en sus campus universitarios, pero sobre todo deben desempeñar un papel imprescindible en el teatro global, incentivando y sensibilizando a los líderes sociales y responsables de la adopción de decisiones que cambiarán el futuro de nuestro mundo".*

F. Orús Pueyo (mayo de 2019)

Bibliografía

(1) L. Lassaletta Coto (2004). Agricultura intensiva, alteración de ciclos biogeoquímicos y cambio global. II Jornadas Técnicas de Ciencias Ambientales.

(2) R. Fernández Durán y González Reyes (2014). En la espiral de la energía. Volumen II.

(3) C.A. González Svatetz (2017). Modelo alimentario y cambio climático (Rev. Papeles de relaciones ecosociales y cambio global, Nº 139, La alimentación en disputa).

(4) M. González de Molina (2017). Politizar el consumo es la manera más eficaz de construir mayorías de cambio en torno a un régimen alimentario alternativo (Idem Rev. Citada).

(5) A. Müller y P. Sukhdev (2018). The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB). Measuring what matters in agriculture and food systems: a synthesis of the results and recommendations of TEEB for Agriculture and Food s Scientific and Economic Foundations Report. Geneva. UN Environnement.

(6) M. Delgado Cabeza (2017) Reestructuración del sistema agroalimentario globalizado en el capitalismo terminal. (Idem Rev. citada).

(7) M. Mestre Monserrat y V. Martínez Sánchez (2017). Desperdicio alimentario, análisis de una problemática poliédrica. (Idem Rev. citada).

(8) O. de Schutter, Green European Journal, 20 Nov 2018. "Pour une alimentation durable, tout un système à reviser".

(9) Ch. G. Heraldo de Aragón, 31.03.2019. Una PAC se retrasa y otra llega.

(10) J. Benayas y C. Marcén (Coords.), Abril 2019. Hacia una Educación para la sostenibilidad. Red española para el desarrollo sostenible (REDS), y la colab. del CENEAM y Ecoembes.

Sumario

Producción Vegetal

Modelos de predicción del índice de madurez de abonos orgánicos producidos con tres procesos de transformación.
Predictive models of maturity index of organic fertilizers produced with three transformation processes.
R. Sánchez-Rosales, O.A. Hernández-Rodríguez, J.A. Jiménez-Castro, D.L. Ojeda-Barrios, V.M. Guerrero-Prieto y R.A. Parra-Quezada 198

Nota técnica: Evaluación del potencial biofertilizante de cinco especies de *Trichoderma* en la producción de maíz elotero nativo e híbrido bajo condiciones de campo.
Evaluation of the biofertilizer potential of five species of Trichoderma *in the production of native ear corn and hybrid under field conditions.*
J.A. Vázquez-Martínez, J.C. González-Cárdenas, R. Chiquito-Contreras, W. Sangabriel-Conde y G. Alvarado-Castillo 213

Producción Animal

Relación de temperatura rectal y frecuencia respiratoria con temperaturas de pelo obtenidas por termografía en ovejas gestantes estresadas por calor.
Relationship of rectal temperature and respiratory frequency with hair coat temperatures obtained by thermography in heat-stressed pregnant ewes.
R. Vicente-Pérez, U. Macías-Cruz, L. Avendaño-Reyes, A. Correa-Calderón, C. Luna-Palomera y A.J. Chay-Canul 219

Conversión de las explotaciones de vacuno de leche a la producción de leche A2 ante una posible demanda del mercado: posibilidades e implicaciones.
Conversion to A2 milk production with regard to a possible market demand for dairy farms: possibilities and implications.
L. Alfonso, O. Urrutia y J.A. Mendizabal 231

Economía Agraria

Comportamiento de los consumidores españoles y los factores determinantes de su disposición a pagar por el aceite de oliva ecológico.
Spanish consumers' behaviour and the determining factors of their willingness to pay for organic olive oil.
A. Yangui, J.M. Gil y M. Costa-Font 252

Caracterización de los intermediarios en el mercado del melocotón mexicano.
Intermediaries characterization in the Mexican peach market.
B. Sánchez-Toledano, J.A. Zegbe, V. Cuevas-Reyes, D. Camarena-Gómez y M. López-Santiago 270

Modelos de predicción del índice de madurez de abonos orgánicos producidos con tres procesos de transformación

R. Sánchez-Rosales, O.A. Hernández-Rodríguez*, J.A. Jiménez-Castro, D.L. Ojeda-Barrios, V.M. Guerrero-Prieto y R.A. Parra-Quezada

Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua, Ciudad Universitaria s/n Campus 1, Chihuahua, CP 31310, México

Resumen

Los residuos orgánicos sometidos a procesos de descomposición controlada reducen los riesgos de contaminación y adquieren valor agronómico. El principal indicador de calidad de un producto de compostaje es el índice de madurez, que se determina con diferentes parámetros físicos, químicos y biológicos, resultando un proceso muy complejo. Los modelos matemáticos han demostrado ser una herramienta eficiente para evaluar numerosas interacciones entre variables con fines diagnósticos y predictivos. El objetivo fue generar los modelos de predicción del índice de madurez de abonos orgánicos producidos a partir de estiércol vacuno y aserrín de pino sometidos a vermicompostaje, semicompostaje y compostaje. Una mezcla de residuos orgánicos con relación carbono/nitrógeno de 25 fue sometida por separado a tres procesos de transformación durante 183 días. Se monitoreó la temperatura ambiental, temperatura de los residuos orgánicos, nitrógeno total, carbono orgánico, pH, relación carbono/nitrógeno, actividad enzimática de ureasa y fitotoxicidad. Se realizó un análisis multivariado revelando gran interacción entre variables. El análisis de componentes principales permitió detectar que la relación carbono/nitrógeno, pH y temperatura de los residuos orgánicos fueron las variables de mayor interacción para predecir el índice de madurez. Se observaron similitudes entre vermicompostaje y semicompostaje, pero diferencias con compostaje, generando dos modelos predictivos. La aplicación de las ecuaciones generadas permitió estimar el índice de madurez a partir de los 155 días para vermicompostaje y semicompostaje, y de los 183 días para compostaje. La aplicación de estos modelos permitirá predecir el tiempo óptimo para obtener características de madurez en productos sometidos a procesos de transformación.

Palabras clave: Vermicompostaje, semicompostaje, compostaje, análisis multivariado.

Predictive models of maturity index of organic fertilizers produced with three transformation processes

Abstract

Organic waste subjected to controlled decomposition processes reduces risks of contamination and acquires agronomic value. The main indicator of quality of a composting product is maturity index, which is determined with different physical, chemical and biological parameters, resulting in a very complex process. Mathematical models have proven to be an efficient tool to evaluate numerous interactions between variables for diagnostic and predictive purposes. The objective was to generate prediction models of maturity index of organic fertilizers produced from organic waste subjected to vermicomposting, semicomposting and composting. A mixture of bovine manure and pine sawdust, with a carbon/nitrogen ratio of 25, was subjected separately to three transformation processes for 183 days. Environmental tem-

* Autor para correspondencia: aernande@uach.mx

Cita del artículo: Sánchez-Rosales R, Hernández-Rodríguez OA, Jiménez-Castro JA, Ojeda-Barrios DL, Guerrero-Prieto VM, Parra-Quezada RA (2019). Modelos de predicción del índice de madurez de abonos orgánicos producidos con tres procesos de transformación. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 115(3): 198-212. https://doi.org/10.12706/itea.2018.033

perature, organic waste temperature, total nitrogen, organic carbon, pH, carbon/nitrogen ratio, enzymatic activity of urease and phytotoxicity were monitored. A multivariate analysis was performed revealing a great interaction among the variables. Analysis of principal components allowed detecting that the carbon/nitrogen ratio, pH and temperature of organic residues were variables with greatest interaction to predict maturity index. Similarities were observed between vermicomposting and semicomposting, but differences with composting, generating two predictive models. Application of the generated equations allowed estimating the maturity index from 155 days for vermicomposting and semicomposting, and from 183 days for composting. Application of these models will allow predicting optimal time to obtain maturity characteristics in products subjected to transformation processes.

Keywords: Vermicomposting, semicomposting, composting, multivariate analysis.

Introducción

Las actividades agrícolas generan grandes cantidades de residuos orgánicos que impactan negativamente en suelo, agua o atmósfera cuando no son manejados adecuadamente (Flotats-Ripoll y Solé-Mauri, 2008; Ho *et al*., 2010). Por esta razón, los residuos orgánicos deben ser sometidos a procesos de descomposición controlada con lo que adquieren características de un importante valor agronómico al suministrarse al suelo y mejorar su estabilidad, la capacidad de retención de agua y mantener la reserva y disponibilidad de nutrientes (Barral *et al*., 2009), mientras que en plantas favorecen el proceso fotosintético, y en semillas estimulan la germinación y la rizogénesis, incrementando la producción de los cultivos (Canellas *et al*., 2015).

Los procesos de compostaje (CP), vermicompostaje (VC) y semicompostaje (SC) son útiles para obtener abonos orgánicos de calidad a partir de la degradación de residuos orgánicos hasta llegar a la formación de moléculas polimerizadas estables (Martínez-Blanco *et al*., 2010). Si bien, CP y VC son prácticas de referencia frecuente, el SC se trata de un sistema de transformación de tipo aeróbico que no atiende totalmente las características de CP ni de VC; al ocurrir en volúmenes menores a 1 m^3 no alcanza la fase termófila (Black *et al*., 2014), el contenido de humedad se mantiene entre 50 a 60% (Castillo *et al*., 2010), y sus productos han demostrado un importante estímulo en la germinación de semillas de lechuga y tomate (Hernández-Rodríguez *et al*., 2017). Dichos procesos de transformación presentan amplias diferencias derivadas de las singularidades de cada sistema, de las condiciones ambientales, así como del origen de los residuos, lo que se ve reflejado en las características de los abonos obtenidos (Hubbe *et al*., 2010). Sin embargo, los productos inmaduros pueden provocar problemas de contaminación por presencia de nitratos y fosfatos (Flotats-Ripoll y Solé-Mauri, 2008), ligninas, aceites aromáticos y resinas (Achten y Hofmann, 2009), también pueden poseer características de pH ácido y alto contenido de sales que afecten a los cultivos (Ho *et al*., 2010). Por lo que el principal requisito para el uso seguro de un producto de compostaje es observar alto grado de estabilidad y madurez, lo que implica disminución de la actividad microbiológica, en el primer caso (Bazrafshan *et al*. 2016) y ausencia de compuestos fitotóxicos y contaminantes, así como la existencia de sustancias promotoras de germinación y crecimiento en el segundo, confiriéndole importancia agronómica (Martínez-Balmori *et al*., 2014).

Los criterios usados frecuentemente para evaluar estabilidad y madurez poseen correspondencia, debido a que los materiales fitotóxicos son producto de la actividad microbiana en la materia orgánica (MO) inestable

(Selim *et al*., 2012), de ahí que temperatura, actividad enzimática o valoraciones respirométricas, son herramientas usadas para determinar estabilidad, aunque de manera indirecta, reflejan el estado de madurez, (Li *et al*., 2013). De igual manera la ausencia de cambios en los valores de pH y conductividad eléctrica (CE) durante el compostaje han sido relacionados con madurez (De Gannes *et al*., 2018). Además, el descenso de la relación carbono/nitrógeno (C/N) ha sido un valor usado frecuentemente para determinar la madurez de un compost, aunque se ha recomendado integrar otros parámetros como índice de germinación y NH_4/NO_3 (De Gannes *et al*., 2018); de esta manera los índices de madurez de productos sometidos a compostaje se han desarrollado a partir de estos indicadores, así como la relación entre compuestos aromáticos/compuestos alifáticos y parámetros de humificación (Fukushima *et al*., 2018).

Un abono maduro se caracteriza por presentar una temperatura estable, ausencia de olores desagradables, color de marrón a negro, valores de C/N menores a 13, un índice de germinación (IG) mayor a 80% (Zucconi *et al*., 1981), sin cambios significativos en los valores de pH, en la emisión de CO_2, en el consumo de O_2 y en la actividad enzimática, entre otros aspectos. Sin embargo, habitualmente sólo se utiliza C/N para determinar el grado de madurez de los abonos (Iglesias-Jiménez *et al*., 2008), lo que no ha sido suficiente ya que se ha afirmado que se deben considerar diferentes criterios, representando un procedimiento muy complejo, pero fundamental, para definir el momento en el que el producto puede ser aplicado sin riesgo para los cultivos y el suelo (Majlessi *et al*., 2012). Por ello, se hace necesario desarrollar herramientas que permitan involucrar indicadores físicos, químicos y biológicos para realizar un diagnóstico integral de los productos durante el proceso (Komilis y Tziouvaras, 2009).

Los modelos matemáticos han sido aplicados para entender la dinámica de los residuos orgánicos durante procesos de transformación de compostaje a partir de la interacción de diferentes indicadores (Komilis y Tziouvaras, 2009), demostrando ser muy valiosos por su valor explicativo y diagnóstico cuando existe gran variedad de observaciones, de diversidad de residuos, de condiciones ambientales, así como de procesos de transformación (Ho *et al*., 2010). Sin embargo, la elaboración de las ecuaciones predictivas no es una práctica frecuente en la evaluación de compostaje y vermicompostaje (Li *et al*., 2013), por lo que existe la posibilidad de que sea una instrumento desaprovechado entre los productores, de manera que este trabajo aportaría una herramienta viable de fácil aplicación para realizar de manera indirecta el diagnóstico preciso de madurez en una mezcla de residuos orgánicos, optimizando la operación de los procesos de transformación (Magrí-Aloy *et al*., 2007). Por lo que el objetivo de este trabajo fue generar los modelos de predicción del índice de madurez de abonos orgánicos producidos a partir de estiércol vacuno y aserrín de pino sometidos a vermicompostaje, semicompostaje y compostaje. Los aportes de este trabajo permitirán ofrecer a los productores un enfoque alternativo para la toma de decisiones en la elaboración de abonos orgánicos de calidad.

Material y métodos

El experimento se estableció en las instalaciones de la Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, México, ubicado en las coordenadas: 28° 39 25,3" N, 106° 05 13,5" O, con clasificación climatológica BSh, según Köppen modificado por García (García, 1981), con temperatura máxima de 34 °C y mínima de 9,6 °C, así como 403 mm al año de precipitación pluvial. La duración del experimento

fue de 183 días, llevándose a cabo de abril a octubre del 2014. Para la elaboración de las mezclas iniciales se utilizó como fuente de nitrógeno, estiércol vacuno de ganado de engorda, alimentado con alfalfa deshidratada, proveniente del rastro Tipo Inspección Federal de la ciudad de Chihuahua, el cual fue recogido de los corrales de descanso después de 35 días de su deposición conservado a temperatura ambiente a la sombra. Como fuente de carbono se utilizó aserrín de pino proporcionado por una comercializadora maderera local.

La caracterización del contenido de carbono orgánico total (COT), nitrógeno total (Nt) y humedad de los residuos orgánicos empleados, se realizó para calcular la cantidad de cada uno de ellos en la preparación de una mezcla inicial con C/N igual a 25, recomendado para obtener abonos de calidad en procesos de CP, VC (Sharma y Garg 2018) y SC (Castillo *et al*., 2010) (Tabla 1).

Esta mezcla se sometió por separado a tres procesos de descomposición: VC, SC y CP; para los dos primeros se usaron contenedores plásticos con capacidad de 60 L con seis perforaciones de 0,5 cm de diámetro en la base para permitir el drenaje, y para el CP se llenaron cajas tipo pallet de 84 x 115 x 115 cm, con una capacidad de 1110,9 L (Sánchez-Rosales *et al*., 2017). En el VC se inocularon 10 lombrices adultas de la variedad roja californiana (*Eisenia foetida* [Savigny, 1826]) por litro de sustrato a los seis días de compostaje (DDC) (Castillo *et al*., 2010). Los riegos se aplicaron diariamente en VC para mantener la humedad entre 75 a 85% (Castillo *et al*., 2010) y a criterio para mantener la humedad de 50 a 60% en SC y CP, lo que se determinó mediante la prueba al tacto (NRAES 1999; Soto y Muñoz, 2002). Las mezclas sometidas a SC y CP se removieron mecánicamente cada 28 días para homogenizar el contenido y reducir la formación de zonas anaerobias (Sánchez-Rosales *et al*., 2017).

Tabla 1. Características de los residuos orgánicos utilizados para la elaboración de la mezcla inicial sometida a transformación.
Table 1. Characterization of the waste used for the preparation of the initial mixture subjected to transformation.

Ingrediente	Humedad (%)	Nt (%)*	COT(%)*	C/N
Estiércol vacuno	20,3 ± 0,5	1,6 ± 0,1	23,0 ± 0,5	14,8 ± 0,5
Aserrín de pino	3,8 ± 0,1	0,66 ± 0,0	47,6 ± 1,8	71,1 ± 2,6

Nt: nitrógeno total. COT: carbono orgánico total. C/N: relación carbono/nitrógeno. * Base seca. ($P \leq 0,05$).

Se tomaron muestras a los 4, 35, 68, 98, 127, 141, 155, 169 y 183 DDC. Una parte de la muestra se secó a la sombra a temperatura ambiente, se tamizó en malla No. 20 (1 mm de diámetro) y se empacó en bolsas de polietileno hasta su análisis químico. Para la determinación de la actividad enzimática de ureasa (AEU) se reservó muestra fresca en refrigeración a 4 °C. Las variables evaluadas fueron: temperatura ambiental con un termómetro de máximas y mínimas (Fisher Scientific, Pittsburgh, Pennsylvania, USA); temperatura de los sustratos (Temp) con termómetro de pistilo a un rango mínimo de -20 °C y máximo de 110 °C. En los residuos orgánicos se cuantificó por triplicado: Nt por el

método Micro-Kjeldahl (APHA 1992); COT con el método de Walkley-Black por oxidación de dicromato de potasio (ASTM 2001); pH con potenciómetro Fisher Scientific Accument AB15 US, en dilución con agua desionizada en relación 1:10 (p/v); AEU midiendo el amonio liberado después de la incubación de la muestra con una disolución de urea a 37 °C durante 120 minutos, según el método de Kandeler *et al*., (1999); fitotoxicidad mediante el IG en semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) expuestas a extractos acuosos de los residuos en transformación, usando el método descrito por Zucconi *et al*., (1981) a partir de los 141 DDC, ya que, Hernández-Rodríguez *et al.* (2011) encontraron valores de IG inferiores al 100% en compost de 130 días elaborados a partir de mezclas de gallinaza, aserrín y esquilmos de maíz en condiciones similares a las de este estudio, lo que sugiere que después de ese día, los residuos presentan menor riesgo de fitotoxicidad.

El experimento consistió en tres tratamientos con tres repeticiones y tres mediciones analíticas. Se utilizó un diseño de parcelas divididas con observaciones a través del tiempo, quedando definido el efecto de parcela principal por el tratamiento de descomposición de los residuos orgánicos, y la sub-parcela por la medición en el tiempo.

La evaluación estadística se realizó en dos etapas, en la primera se ajustó el modelo de parcelas divididas en el tiempo (ANOVA) y la comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$); en la segunda etapa se realizó la matriz de correlaciones y el análisis de componentes principales. Con los resultados de componentes principales se elaboraron los modelos predictivos de madurez mediante modelos no lineales de tipo exponencial negativo. Para el análisis estadístico se utilizó el programa SAS (Statistical Analysis System) versión 9.0.

Resultados

El detalle de las temperaturas registradas se presenta en la Figura 1. En los residuos orgánicos sometidos a CP se presentó la fase termófila desde los 4 a los 105 DDC, con el posterior enfriamiento de los residuos, en tanto que la Temp de la mezcla en VC y SC tuvo un comportamiento similar a la temperatura ambiental lo que está relacionado con los volúmenes de residuos orgánicos utilizados (Castillo *et al*., 2010).

Las medias de las variables analizadas en los residuos en estudio se presentan en la Tabla 2. El porcentaje de Nt en los residuos en transformación en los tres procesos a través del tiempo, presentó incremento paulatino siendo significativo a los 68 DDC para VC y CP, y a los 35 DDC para SC; en este mismo sentido se observaron también diferencias a los 98 y 155 DDC.

En cuanto a la concentración de COT en los residuos orgánicos se registraron descensos en los tres procesos, a los 68 DDC en VC y CP, con cambios posteriores no significativos, en tanto que el descenso en SC se registró a los 35 DDC con cambios subsecuentes no significativos, momento en el que también se observaron significancias entre VC, SC y CP.

El valor de C/N de los residuos orgánicos es el reflejo del contenido de Nt y COT, por lo que se vincula de manera directa con estos resultados; en este estudio mostró disminución a través del tiempo en los tres procesos. En VC y CP la disminución significativa fue detectada a los 68 DDC y los cambios posteriores no fueron significativos, mientras que en los residuos orgánicos transformados mediante SC se observó disminución significativa de C/N desde los 4 a los 169 DDC.

Los valores de pH en los residuos sometidos a VC registraron un descenso significativo

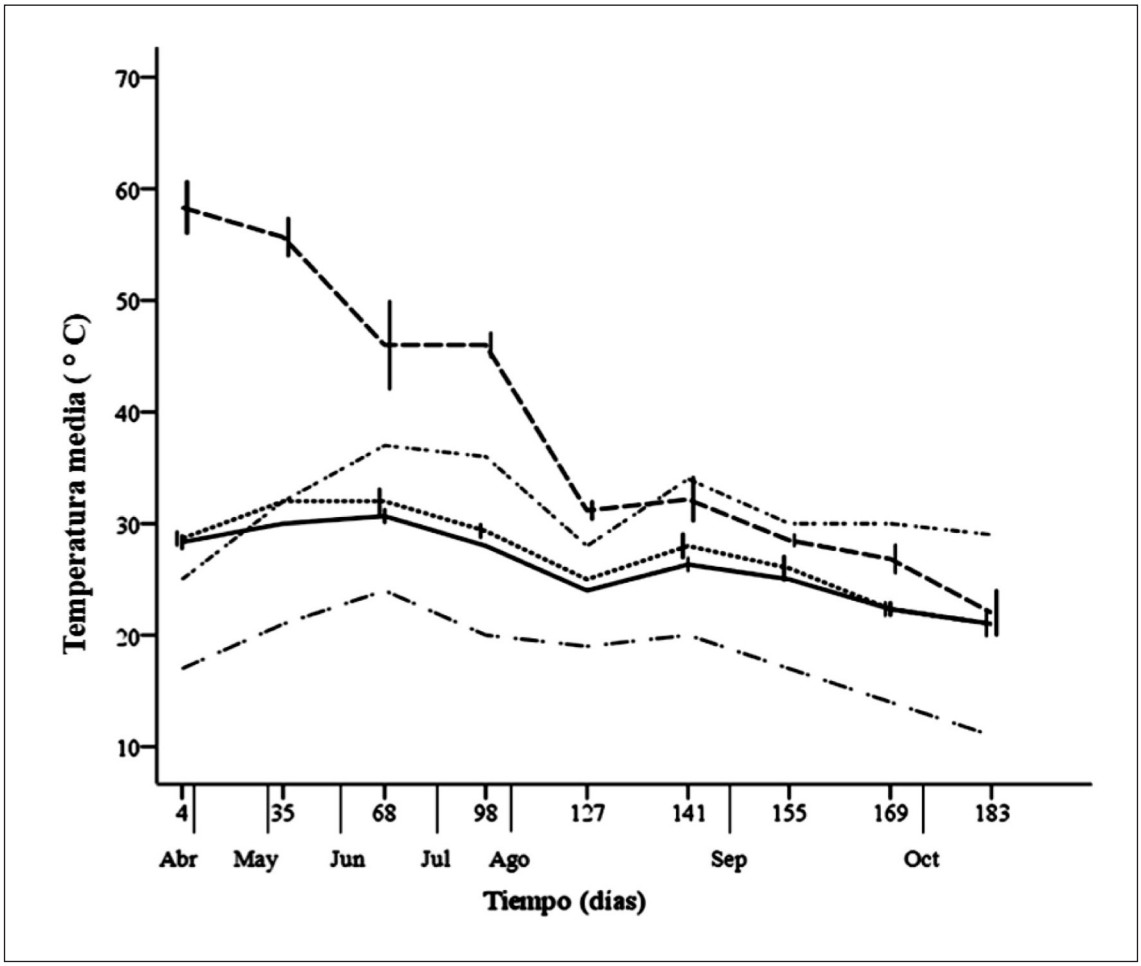


Figura 1. Variación de la temperatura ambiental y de los residuos orgánicos sometidos a tres procesos de transformación.

— Vermicompostaje, ···· Semicompostaje, – – – Compostaje, · – · – • Temperatura máxima ambiental, · — · — · Temperatura mínima ambiental.

Figure 1. Variation of environmental temperature and that of organic waste subjected to three transformation processes.

— Vermicomposting, ···· Semicomposting, – – – Composting, · – · – • Maximum temperature, · — · — · Minimum temperature.

Tabla 2. Análisis de varianza y medias de parámetros de los residuos orgánicos durante el proceso de transformación.
Table 2. Analysis of variance and mean of parameters of organic waste during transformation process.

	Días de compostaje								
Sistemas	4	35	68	98	127	141	155	169	183
	Nitrógeno total (%)*								
VC	1,4 ± 0,1^{Aa}	1,5 ± 0,2^{Ba}	1,8 ± 0,1^{Ab}	1,7 ± 0,1^{Bb}	1,7 ± 0,1^{Ab}	1,7 ± 0,1^{Bb}	1,7 ± 0,0^{Bb}	1,6 ± 0,1^{Ab}	1,8 ± 0,1^{Ab}
SC	1,4 ± 0,2^{Aa}	1,7 ± 0,0^{Abc}	1,7 ± 0,1^{Abc}	1,7 ± 0,1^{Bbc}	1,8 ± 0,1^{Bbc}	1,8 ± 0,0^{Bbc}	1,8 ± 0,1^{Bbc}	1,7 ± 0,1^{Ab}	1,9 ± 0,1^{Ac}
CP	1,5 ± 0,1^{Aa}	1,6 ± 0,1^{Aab}	1,7 ± 0,1^{Ab}	1,5 ± 0,0^{Aa}	1,6 ± 0,0^{Aab}	1,5 ± 0,1^{Aab}	1,6 ± 0,1^{Aab}	1,5 ± 0,0^{Aab}	1,7 ± 0,1^{Ab}
	Carbono orgánico total (%)*								
VC	29,9 ± 2,8^{Aa}	28,9 ± 1,9^{Ba}	21,2 ± 0,6^{Cb}	23,4 ± 1,3^{Ab}	20,3 ± 1,3^{Abc}	18,1 ± 2,8^{Bc}	23,2 ± 0,6^{Abc}	20,3 ± 3,4^{Abc}	23,2 ± 0,6^{Bb}
SC	30,1 ± 2,6^{Aa}	25,8 ± 2,2^{Bab}	25,7 ± 1,2^{Bb}	23,9 ± 2,4^{Bbc}	21,8 ± 2,2^{Bbc}	19,6 ± 0,6^{Abc}	22,6 ± 1,3^{Abc}	16,6 ± 1,2^{Bc}	23,2 ± 0,1^{Bb}
CP	28,8 ± 0,9^{Aa}	23,6 ± 0,3^{Ab}	18,3 ± 0,9^{Ac}	19,9 ± 1,7^{Ac}	18,0 ± 2,0^{Ac}	21,5 ± 3,1^{Abc}	20,7 ± 2,3^{Abc}	19,2 ± 2,1^{Ac}	19,1 ± 1,2^{Ac}
	Relación Carbono/Nitrógeno								
VC	21,1 ± 1,0^{Aa}	20,2 ± 3,0^{Aa}	12,1 ± 0,7^{Bbc}	14,2 ± 1,2^{Ab}	12,4 ± 1,2^{Ab}	10,6 ± 2,5^{Bc}	13,3 ± 0,2^{Ab}	12,5 ± 2,6^{Abc}	12,9 ± 1,1^{Ab}
SC	21,6 ± 1,3^{Aa}	15,7 ± 1,2^{Bb}	15,6 ± 1,5^{Ab}	13,8 ± 1,6^{Ab}	12,1 ± 0,4^{Abc}	10,9 ± 0,2^{Bcd}	13,0 ± 1,1^{Abc}	9,8 ± 0,3^{Bd}	12,3 ± 0,5^{Ac}
CP	19,6 ± 1,6^{Aa}	14,6 ± 1,3^{Bb}	11,1 ± 0,^{Bc}	13,6 ± 1,0^{Abc}	11,5 ± 1,3^{Ac}	14,5 ± 3,3^{Ab}	13,5 ± 2,5^{Abc}	12,8 ± 1,4^{Abc}	11,2 ± 1,3^{Ac}
	pH								
VC	8,9 ± 0,1^{Aa}	7,7 ± 0,2^{Cb}	7,6 ± 0,1^{Cb}	7,1 ± 0,2^{Cc}	7,3 ± 0,1^{Cc}	7,5 ± 0,2^{Bbc}	7,6 ± 0,1^{Cb}	7,3 ± 0,1^{Bc}	7,5 ± 0,1^{Cbc}
SC	8,6 ± 0,1^{Aa}	8,1 ± 0,2^{Bb}	7,9 ± 0,4^{Bb}	7,5 ± 0,0^{Bc}	7,9 ± 0,2^{Bb}	7,6 ± 0,1^{Bc}	8,1 ± 0,1^{Bb}	7,6 ± 0,2^{Bc}	7,9 ± 0,2^{Bb}
CP	8,8 ± 0,2^{Aa}	8,9 ± 0,4^{Aa}	8,9 ± 0,2^{Aa}	8,9 ± 0,2^{Aa}	9,6 ± 0,3^{Ab}	8,2 ± 0,3^{Ac}	9,6 ± 0,0^{Ab}	8,9 ± 0,2^{Aa}	9,6 ± 0,2^{Ab}
	Actividad enzimática de ureasa (μmoles de N-NH4+/g)								
VC	461 ± 297^{Aab}	496 ± 62^{Aa}	402 ± 58^{Aab}	554 ± 58^{Aa}	436 ± 32^{Aab}	464 ± 73^{Aab}	465 ± 56^{Aa}	460 ± 22^{Aab}	301 ± 43^{Ab}
SC	289 ± 66^{Aa}	609 ± 119^{Ab}	437 ± 36^{Aab}	566 ± 136^{Aab}	525 ± 154^{Aab}	405 ± 99^{Aab}	284 ± 169^{Ac}	424 ± 39^{Aab}	197 ± 39^{Bc}
CP	598 ± 176^{Aab}	651 ± 230^{Aab}	352 ± 96^{Ab}	620 ± 143^{Aab}	819 ± 302^{Aa}	634 ± 325^{Aab}	371 ± 108^{Aab}	411 ± 89^{Aab}	307 ± 41^{Ab}
	Índice de germinación (%)								
VC	–	–	–	–	–	96,8 ± 11,4^{Aa}	146,1 ± 22,7^{Ab}	132,8 ± 1,9^{Bb}	100,2 ± 0,9^{Aa}
SC	–	–	–	–	–	137,5 ± 5,7^{Bab}	152,9 ± 17,7^{Ab}	116,9 ± 9,7^{Aa}	102,8 ± 8,4^{Aa}
CP	–	–	–	–	–	124,3 ± 17,5^{Ba}	156,6 ± 39,3^{Ab}	105,7 ± 11,5^{Aac}	96,8 ± 12,8^{Ac}

VC: Vermicompostaje. SC: semicompostaje. CP: compostaje. * Base seca.

Valores con letras mayúsculas superíndices distintas (ABC) son significativamente diferentes para tratamiento y con letras minúsculas superíndices distintas (abcd) significativamente diferentes para tiempo, según prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

para VC a los 98 DDC. Ascensos y descensos significativos fueron observados en SC hasta los 183 DDC, en tanto que en los residuos del CP los valores de pH observados aumentaron significativamente de los 98 a los 127 DDC, con cambios posteriores no significativos.

Un incremento significativo de la AEU se presentó durante el tiempo en los tres procesos; los mayores valores de la AEU se registraron a los 98, 35 y 121 DDC en las mezclas de VC, SC y CP, respectivamente, en tanto que se registró el rango significativo menor a los 183 DDC para VC, SC y CP.

La fitototoxicidad de los residuos es indirectamente proporcional al IG, el cual mostró un incremento en los tres procesos a los 155 DDC respecto a lo observado a los 141 DDC, siendo significativo en VC y CP, disminuyendo posteriormente. En VC y CP estos cambios no tuvieron significancia desde los 169 DDC y en los residuos de SC fue después de los 155 DDC.

El modelaje estadístico se inició con la identificación de los indicadores asociados con el índice de madurez a partir del análisis de correlaciones entre los parámetros evaluados (Tabla 3), con lo que se evidenciaron aquellos que presentaron los valores mayores de correlación, siendo estos Temp, pH, C/N, COT y Nt. Se consideró omitir los valores referentes a COT y Nt, usando C/N, ya que esta representa la proporción del valor numérico del contenido de COT y Nt, y es usada frecuentemente para evaluar la madurez de los productos del compostaje (Raj y Antil, 2011).

Los valores de correlación entre los tres parámetros seleccionados fueron positivos para VC y SC, lo que se relaciona con la disminución de las medias de las tres variables durante el tiempo (Tabla 3). Para el CP el valor de correlación entre C/N y Temp fue positivo, mientras que los valores de las correlaciones entre pH con C/N y Temp fueron negativos, observándose que mientras C/N y Temp disminuyen, el pH se mantiene constante o aumenta.

Posteriormente se procedió a realizar el análisis de componentes principales, lo que permitió cuantificar la significancia de las variables seleccionadas por su participación en explicar el índice de madurez de los residuos orgánicos a través del tiempo (Tabla 4), lo que se evaluó por medio de los eigenvalores y los eigenvectores. Este análisis permitió agrupar las variables de mayor correlación por bloques o componentes principales (CPRIN), logrando con el CPRIN 1 una explicación de aproximadamente el 70% del índice de madurez, lo que es considerado un valor razonable de correlación (Montanero, 2008).

Para generar las ecuaciones de los modelos de predicción del índice de madurez, se utilizó el CPRIN 1 con una constante aditiva, mediante el procedimiento de estimación de modelos no lineales ajustando el modelo exponencial negativo, según la siguiente ecuación:

$$Yt = a + be^{-ct} + Ei$$

Donde:

Y = Índice de Madurez

t = Tiempo (días)

a = Parámetro del modelo

b = Parámetro del modelo

e^{-ct} = Exponente del parámetro del modelo por el tiempo

Ei = Incertidumbre

Los valores para cada uno de los parámetros de estimación fueron similares para VC y SC, por lo que se decidió elaborar un modelo conjunto; por otro lado, en CP la variación entre los intervalos de confianza fue tan amplia, que el modelo de predicción no logró ajustarse satisfactoriamente, aun así, la línea de predicción pasó por el medio de las observaciones (Tabla 5).

De acuerdo a estos resultados se elaboraron las ecuaciones de los modelos predictivos del

Tabla 3. Matriz de correlaciones de las variables observadas en residuos orgánicos sometidos a tres procesos de transformación.
Table 3. Matrix of correlations with variables observed in organic waste subjected to three transformation processes.

	COT	Nt	C/N	pH	AEU	Temp
			VC			
COT	1					
Nt	-0,5839	1				
C/N	0,9227	-0,8357	1			
pH	0,6866	-0,5370	**0,7194**	1		
AEU	0,0686	-0,0871	0,0688	-0,1595	1	
Temp	0,3734	-0,3461	**0,4279**	**0,3589**	0,2753	1
			SC			
COT	1					
Nt	-0,4008	1				
C/N	0,9082	-0,7278	1			
pH	0,6600	-0,4980	**0,7481**	1		
AEU	0,0917	-0,2402	0,1346	-0,1853	1	
Temp	0,5214	-0,4310	**0,5184**	**0,1877**	0,4487	1
			CP			
COT	1					
Nt	-0,2305	1				
C/N	0,9258	-0,4656	1			
pH	-0,3997	0,1674	**-0,4468**	1		
AEU	0,0819	-0,0191	-0,0049	0,1826	1	
Temp	0,6961	0,0030	**0,6183**	**-0,6583**	0,1992	1

COT: carbono orgánico total. Nt: nitrógeno total. C/N: relación carbono/nitrógeno. AEU: actividad enzimática de ureasa. Temp: temperatura. VC: Vermicompostaje. SC: semicompostaje. CP: compostaje.

índice de madurez para VC-SC y CP, las que se describen como sigue:

$$IM_{(VC–SC)} = 2,351 + 4,8016^{(-0,0123 \times t)}$$

$$IM_{(CP)} = 1,358 + 5,2636^{(-0,00762 \times t)}$$

En la Figura 2 se presenta la predicción del índice de madurez a través del tiempo, la que refleja la interacción entre C/N, pH y Temp, y en donde el valor menor de la pendiente de la curva está vinculado con la madurez de los productos.

Tabla 4. Eigenvalores y eigenvectores del primer componente principal para las variables relación carbono/nitrógeno, pH y temperatura en tres procesos de transformación.
Table 4. Eigenvalures and eigenvectors of first principal component for C/N radio, pH and temperature in three transformation processes.

		Proceso		
		VC	SC	CP
Eigenvalor (%)		67,4	66,8	71,8
Eigenvector	C/N	0,5280	0,5330	0,5333
	pH	0,4383	0,4121	-0,3993
	Temp	0,3048	0,3585	0,4831

C/N: relación carbono/nitrógeno. Temp: temperatura. VC: vermicompostaje. SC: semicompostaje. CP: compostaje.

Tabla 5. Valores estadísticos de los límites de confianza para los modelos de predicción del índice de madurez en residuos sometidos a sistemas de transformación.
Table 5. Statistical values of confidence limits for maturity index prediction models in waste subjected to transformation systems.

Sistema	Parámetro del modelo	Estimación	Error estándar	Límite de confianza aproximado (95%)	
VC	a	2,4938	0,3288	1,8151	3,1725
	b	4,8327	0,3243	4,1652	5,5002
	c	0,0139	0,00291	0,00791	0,0199
SC	a	2,129	0,7717	0,5363	3,7216
	b	4,8464	0,6782	3,4467	6,2462
	c	0,0106	0,00414	0,00208	0,0191
VC-SC	a	2,3510	0,3479	1,6526	3,0495
	b	4,8016	0,3183	4,1626	5,4405
	c	0,0123	0,00248	0,00738	0,0173
CP	a	1,3580	1,7246	-2,2284	4,9444
	b	5,2636	1,5430	2,0547	8,4724
	c	0,00762	0,00487	-0,00251	0,0178

VC: vermicompostaje. SC: semicompostaje. CP: compostaje.

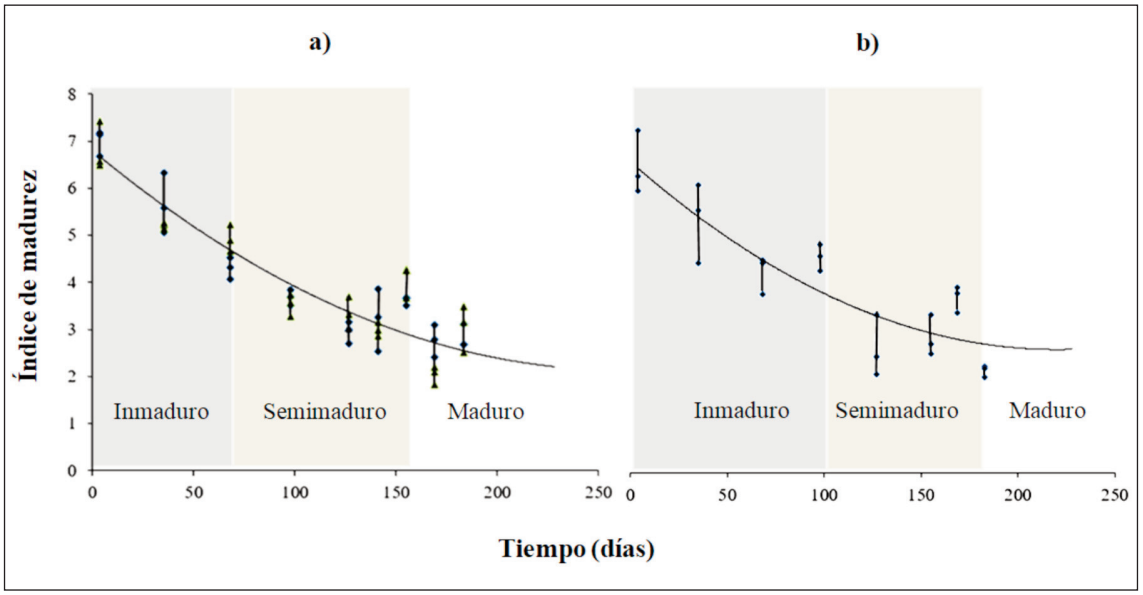


Figura 2. Modelos de predicción del Índice de Madurez y Gradación de Madurez para los procesos de descomposición de residuos orgánicos.

a) Vermicompostaje-Semicompostaje, b) Compostaje.

Figure 2. Prediction models of Maturity Index and Maturity Gradation for organic waste decomposition processes.

a) Vermicomposting-Semicomposting, b) Composting.

A partir de dicha curva de ajuste se desarrolló la gradación de madurez, estableciéndose tres grados: estado inmaduro, representado por la fase en la que el elevado nivel de procesamiento proporciona a la curva una pronunciada pendiente; estado semimaduro, en que la curva posee una pendiente menos pronunciada, dada por un grado de transformación moderado, y estado maduro, caracterizado por una pendiente suave o nula y que refleja un bajo grado de transformación (Figura 2). Los parámetros observados correspondientes a cada gradación de madurez, para los tres sistemas, se presentan en la Tabla 6. De acuerdo a lo anterior, el estado maduro fue determinado a partir de los 155 DDC para VC y SC, en tanto que para CP fue a partir de los 183 días.

Discusión

De acuerdo a los modelos generados, los residuos orgánicos transformados presentaron madurez similar en tiempo cuando fueron sometidos a VC y SC, y diferente cuando fueron transformados mediante CP. Para el caso de VC y SC a partir de los 155 DDC los residuos mostraron valores de C/N menor a 15 y pH de 6,0 a 7,5, características de un abono orgánico de calidad (Majlessi *et al*., 2012). Para CP los residuos presentaron valores de C/N menor a 13, pH entre 6,7 y 8,0 y Temp con una diferencia menor a 10 °C de la ambiental, a los 183 DDC, lo que es considerado como un compost de calidad agronómica (Bernal *et al*., 2009); sin embargo, la aplicación de la ecuación generada revela que, de continuar

Tabla 6. Gradación del estado de madurez de residuos orgánicos en relación con valores de parámetros indicadores observados.
Table 6. Gradation of the state of maturity of organic waste in relation to values of observed indicator parameters.

		Sistema	
Estado	Parámetro	VC-SC	CP
Inmaduro	C/N	≥17,7	≥15,1
	pH	7,6-8,9	8,8-9,1
	Temp	28,0-32,3	≥50,0
Semimaduro	C/N	12,4-17,6	12,8-15,0
	pH	7,3-7,5	9,2-9,6
	Temp	24,0-27,9	35,0-49,9
Maduro	C/N	≤12,3	–
	pH	7,3-7,6	–
	Temp	22,9	–

C/N: relación carbono/nitrógeno, Temp: temperatura, VC: vermicompostaje, SC: semicompostaje, CP: compostaje.

con el proceso de CP se mejorarían las características de madurez del producto final.

Esta información es interesante ya que permite inferir que existen diferencias relacionadas con la calidad de los abonos orgánicos, así como predecir el tiempo adecuado para obtener características de madurez en los abonos finales según el sistema en el que fueron producidos.

Sun *et al*. (2011) informaron sobre la utilidad de los modelos estadísticos para realizar diagnósticos sobre el proceso de transformación de residuos orgánicos y concluyeron que, para determinar la madurez de un compost con un análisis multivariado, la mayor correlación fue entre C/N y las poblaciones de microorganismos de tipo mesófilo, lo que coincide con los resultados del presente estudio, debido a que fue C/N la que presentó el valor más elevado de correlación con pH y Temp. Por otro lado Komilis y Tziouvaras (2009) al evaluar la madurez de diferentes mezclas basadas en estiércol vacuno y pollinaza, encontraron que C/N sólo tuvo correlación directa con el contenido de N.

La fuerte correlación entre C/N, pH y Temp observada en este estudio también coincide con Saldarriaga *et al*. (2018) quienes informaron que, a partir de C/N, es posible elaborar un índice de madurez, debido a que este parámetro está altamente vinculado con COT y pH, parámetros reconocidos para estimar de manera efectiva la madurez en residuos sólidos municipales sometidos a CP.

En el presente estudio, los porcentajes de explicación con el CPRIN 1 para VC, SC y CP con los parámetros C/N, pH y Temp fueron similares a lo observado por Senthil *et al*. (2014) quienes reportaron una explicación del 80% con el CPRIN 1 al caracterizar residuos flora-

les sometidos a VC, con los parámetros C/N, pH y COT. Por otro lado, Zbytniewski y Buszewski (2005) lograron explicar con el CPRIN 1 sólo el 41,9% a partir de 18 parámetros químicos y biológicos, considerando que C/N fue el parámetro que presentó la mayor correlación.

Las gradaciones de madurez observadas en este experimento coinciden con lo observado por Zbytniewski y Buszewski (2005) quienes, a partir del análisis multivariado, identificaron tres estados de madurez en lodos residuales sometidos a CP. En este mismo sentido Ho *et al*. (2010) encontraron que los valores de humedad, temperatura, pH, C/N e IG estuvieron altamente correlacionados al evaluar procesos de transformación y establecieron tres fases de madurez: de 1 a 3 semanas, fase de inicio; de 4 a 7 semanas, fase termófila, y de 8 a 15 semanas, fase de enfriamiento.

Aunque los modelos generados en este experimento refieren al índice de madurez, este puede orientar sobre la estabilidad de los residuos, ya que Young *et al*. (2016) encontraron que los índices de estabilidad y madurez en residuos agropecuarios estuvieron fuertemente correlacionados entre sí.

Conclusiones

El índice de madurez de una mezcla de estiércol vacuno y aserrín de pino sometidos a vermicompostaje, semicompostaje y compostaje se vinculó mayormente con las variables C/N, pH y temperatura.

El análisis de las variables de cada uno de los procesos de descomposición generaron dos modelos, uno que correspondió a la predicción del índice de madurez de los residuos orgánicos sometidos a vermicompostaje y semicompostaje, y otro para compostaje.

Los modelos generados revelaron la predicción del índice de madurez de los residuos sometidos a transformación, a partir de los 155 días para vermicompostaje y semicompostaje, y a partir de los 183 días para el compostaje.

Debido a que los resultados del presente estudio respondieron a condiciones específicas relacionadas con el tipo de residuos orgánicos, procesos de transformación y condiciones ambientales, es necesario validar la capacidad de predicción de los modelos generados en futuras investigaciones bajo características experimentales similares, con el objeto de obtener un grado de confianza que permita desarrollar una herramienta para la elaboración de abonos orgánicos de calidad.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, a través del Programa Nacional de Posgrados de Calidad en el posgrado de Hortofruticultura de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

Referencias bibliográficas

Achten C, Hofmann T (2009). Native polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in coals-A hardly recognized source of environmental contamination. Science of the total Environment 407: 2461-2473.

APHA (1992). Standard methods for the examination of water and wastewater. 18th ed. American Public Health Association. Washington, EUA. 541 pp.

ASTM (2001). Standard test methods for moisture, ash and organic matter of peat and other organic soils. Annual Book of ASTM. American Society for Testing and Materials. West Conshohocken, Pennsylvania, USA. 631 pp.

Barral MT, Paradelo R, Moldes AB, Domínguez M, Díaz-Fierros F (2009). Utilization of MSW compost for organic matter conservation in agricultural soils of NW Spain. Resources, Conservation and Recycling 53: 529-534.

Bazrafshan E, Zarei A, Mostafapour FK, Poormollae N, Mahmoodi S, Zazouli MA (2016). Maturity and stability evaluation of composted municipal solid wastes. Health Scope 5: e33202.

Bernal MP, Alburquerque JA, Moral R (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. Bioresource technology 100: 5444-5453.

Black RA, Taraba JL, Day GB, Damasceno FA, Newman MC, Akers KA, Wood CL, McQuerry KJ, Bewley JM (2014). The relationship between compost bedded pack performance, management, and bacterial counts. Journal of dairy science 97: 2669-2679.

Canellas LP, Olivares FL, Aguiar NO, Jones DL, Nebbioso A, Mazzei P, Piccolo A (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. A review. Scientia Horticulturae 196: 15-27.

Castillo H, Hernández A, Domínguez D, Ojeda D (2010). Effect of Californian red worm (*Eisenia foetida*) on the nutrient dynamics of a mixture of semicomposted materials. Chilean Journal of Agricultural Research 70: 465-473.

De Gannes V, Eudoxie G, Hickey WJ (2018). Feedstock Carbon Influence on Compost Biochemical Stability and Maturity. Compost Science & Utilization 26: 59-70.

Flotats-Ripoll X, Solé-Mauri F (2008). 2. Situación actual en el tratamiento de los residuos orgánicos: aspectos científicos, económicos y legislativos. En: Compostaje. (Ed. Moreno Casco J y Moral Herrero R), pp. 43-73. Mundi-Prensa, Madrid, España.

Fukushima M, Tu X, Aneksampant A, Tanaka A (2018). Analysis of branched-chain fatty acids in humic substances as indices for compost maturity by pyrolysis–gas chromatography/mass spectrometry with tetramethylammonium hydroxide (TMAH-py–GC/MS). Journal of Material Cycles and Waste Management 20: 176-184.

García E (1981). Modificaciones al proceso de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana, 3ª Ed. Editorial Larios, México. 252 pp.

Hernández-Rodríguez OA, Arras-Vota AM, López-Díaz JC, Velázquez-Martínez N, Ojeda-Barrios D, Vences-Contreras C (2011). Índice de fitotoxicidad de enmiendas orgánicas en lechuga (*Lactuca sativa* L.). Revista Mexicana de Agronegocios. Quinta época. Número especial. Julio-Diciembre. 123-130.

Hernández-Rodríguez A, Robles-Hernández L, Ojeda-Barrios D, Prieto-Luévano J, González-Franco AC, Guerrero-Prieto V (2017). Semicompost and vermicompost mixed with Peat moss enhance seed germination and development of lettuce and tomato seedlings. Interciencia 42: 774-779.

Ho CP, Yuan ST, Jien SH, Hseu ZY (2010). Elucidating the process of co-composting of biosolids and spent activated clay. Bioresource technology 101: 8280-8286.

Hubbe MA, Nazhad M, Sánchez C (2010). Composting as a way to convert cellulosic biomass and organic waste into high-value soil amendments: A review. BioResources 5: 2808-2854.

Iglesias-Jiménez E, Barral-Silva MT, Marhuenda-Egea FC (2008). 11. Indicadores de la estabilidad y madurez del compost. En: Compostaje. (Ed. Moreno Casco J y Moral Herrero R), pp. 243-283. Mundi-Prensa, Madrid, España.

Kandeler E, Stemmer M, Klimanek EM (1999). Response of soil microbial biomass, urease and xylanase within particle size fractions to long-term soil management. Soil Biology and Biochemistry 31: 261-273.

Komilis DP, Tziouvaras IS (2009). A statistical analysis to assess the maturity and stability of six composts. Waste Management 29: 1504-1513.

Li Z, Lu H, Ren L, He L (2013). Experimental and modeling approaches for food waste composting. A review. Chemosphere 93: 1247-1257.

Magrí-Aloy A, Flotats-Ripoll X, Illa-Alobés J, Solé-Mauri F (2007) Estudios de procesos biológicos de tratamiento de residuos basado en la modelización. Residuos 90: 24-31.

Majlessi M, Eslami A, Saleh HN, Mirshafieean S, Babaii S (2012). Vermicomposting of food waste: Assessing the stability and maturity. Iranian journal of environmental health science & engineering 9: 1-25.

Martínez-Balmori D, Spaccini R, Aguiar NO, Novotny EH, Olivares FL, Canellas LP (2014). Molecular characteristics of humic acids isolated from vermicomposts and their relationship to bioactivity. Journal of agricultural and food chemistry 62: 11412-11419.

Martínez-Blanco J, Colón J, Gabarrell X, Font X, Sánchez A, Artola A, Rieradevall J (2010). The use of life cycle assessment for the comparison of biowaste composting at home and full scale. Waste Manage 30: 983-994.

Montanero J (2008). Análisis multi variante. 1era ed. Servicio de publicaciones, Universidad de Extremadura, Cáceres, España. 286 pp.

NRAES (1999). Field guide to on-farm composting. Nature Resource, Agriculture and Engineering Service (NRAES), Cooperative Extension, Ithaca, New York, USA. p. 27-28, 32.

Raj D, Antil RS (2011). Evaluation of maturity and stability parameters of composts prepared from agro-industrial wastes. Bioresource technology 102: 2868-2873.

Saldarriaga JF, Gallego JL, López JE, Aguado R, Olazar M (2018). Selecting monitoring variables in the manual composting of municipal solid waste based on principal component analysis. Waste and biomass valorization. "En prensa".

Sánchez-Rosales R, Hernández-Rodríguez A, Ojeda-Barrios D, Robles-Hernández L, González-Franco AC, Parra-Quezada R (2017). Comparison of three systems of decomposition of agricultural residues for the production of organic fertilizers. Chilean journal of agricultural research. 77: 287-292.

Selim SM, Zayed MS, Atta HM (2012). Evaluation of phytotoxicity of compost during composting process. Nature and science 10: 69-77.

Senthil KD, Satheesh KP, Rajendran NM, Uthaya KV, Anbuganapathi G (2014). Evaluation of vermicompost maturity using scanning electron microscopy and paper chromatography analysis. Journal of agricultural and food chemistry 62: 2738-2741.

Sharma K, Garg VK (2018). Comparative analysis of vermicompost quality produced from rice straw and paper waste employing earthworm *Eisenia fetida* (Sav.). Bioresource technology 250: 708-715.

Soto G, Muñoz C (2002). Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost, y su empleo en la agricultura orgánica. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) 65: 123-129.

Sun W, Huang GH, Zeng G, Qin X, Yu H (2011). Quantitative effects of composting state variables on C/N ratio through GA-aided multivariate analysis. Science of the Total Environment 409: 1243-1254.

Young BJ, Rizzo PF, Riera NI, Della Torre V, López VA, Molina CD, Fernández FE, Crespo DC, Barrena R, Komilis D, Sánchez A (2016). Development of phytotoxicity indexes and their correlation with ecotoxicological, stability and physicochemical parameters during passive composting of poultry manure. Waste Management 54: 101-109.

Zbytniewski R, Buszewski B (2005). Characterization of natural organic matter (NOM) derived from sewage sludge compost. Part 2: multivariate techniques in the study of compost maturation. Bioresource technology 96: 479-484.

Zucconi F, Pera A, Forte M, de Bertoli M (1981). Evaluating toxicity in immature compost. Biocycle 22:54-57.

(Aceptado para publicación el 4 de diciembre de 2018)

Nota técnica

Evaluación del potencial biofertilizante de cinco especies de *Trichoderma* en la producción de maíz elotero nativo e híbrido bajo condiciones de campo

J.A. Vázquez-Martínez[1], J.C. González-Cárdenas[2], R. Chiquito-Contreras[3], W. Sangabriel-Conde[3] y G. Alvarado-Castillo[3,*]

[1] Maestría en Ciencias Agropecuarias. Universidad Veracruzana. Circuito Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria CP. 91090. Veracruz, México
[2] Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Campus Tuxpan. Universidad Veracruzana. Carretera Tuxpan-Tampico Kilómetro 7,5; Colonia Universitaria, CP. 92870 Tuxpan, Veracruz, México
[3] Facultad de Ciencias Agrícolas. Posgrado en Ciencias Agropecuarias. Universidad Veracruzana. Circuito Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria CP. 91090. Veracruz, México

Resumen

El maíz es clave para la alimentación humana, animal y como materia prima para la industria. Su cultivo requiere elevada aplicación de fertilizantes, reduciendo su rentabilidad y generando repercusiones ambientales. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto biofertilizante de *Trichoderma* sobre maíz elotero (nativo e híbrido) en campo. Ambos tipos de semillas fueron inoculados por inmersión durante una hora, con cinco especies de este hongo ($1x10^7$ esporas mL^{-1} cada una). Estos tratamientos se compararon ante fertilización moderada (120-120-170 kg N-P_2O_5-K_2O ha^{-1}) y un testigo sin fertilizar. Se hallaron diferencias significativas entre tipos de semilla (maíz nativo = 12.660 kg ha^{-1} e híbrido = 10.167 kg ha^{-1}), pero entre tratamientos y las interacciones con ésta, no hubo respuesta en el híbrido, posiblemente por la exigencia de insumos del mismo. No obstante, el maíz nativo presentó efecto para cuatro cepas de *Trichoderma* con rendimientos superiores a los obtenidos con maíces nativos en otros estudios en condiciones similares de cultivo, lo que sugiere que este hongo presenta potencial como biofertilizante, particularmente en maíz nativo.

Palabras clave: producción de elote, biofertilización, bioinoculantes, semilla nativa.

Evaluation of the biofertilizer potential of five species of *Trichoderma* in the production of native ear corn and hybrid under field conditions

Abstract

Maize is important product for human food, animal and as a raw material for the industry. Its cultivation requires high fertilizer application, reducing its profitability and increasing environmental problems. Our

* Autor para correspondencia: gerardoalvaradoc@hotmail.com

Cita del artículo: Vázquez-Martínez JA, González-Cárdenas JC, Chiquito-Contreras R, Sangabriel-Conde W, Alvarado-Castillo G (2019). Nota técnica: Evaluación del potencial biofertilizante de cinco especies de *Trichoderma* en la producción de maíz elotero nativo e híbrido bajo condiciones de campo. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 115(3): 213-218. https://doi.org/10.12706/itea.2019.006

aim was to determine the effect of *Trichoderma* on the productivity of ear corn (native and hybrid) under field conditions. Both types of seeds were inoculated by immersion for one hour, with five species of *Trichoderma*, each at a concentration of $1x10^7$ spores mL^{-1}. These treatments were also compared to moderate fertilization (120-120-170 kg N-P_2O_5-K_2O ha^{-1}) and a control (without fertilizer). Significant differences were found between seed types (native maize = 12,660 kg ha^{-1} and hybrid = 10,167 kg ha^{-1}), but there was no response in the hybrid between treatments and its interactions, possibly due to the requirement of inputs. However, native maize presented significant response for four strains of *Trichoderma* with yields higher than the obtained by native maize in other studies under similar environmental conditions, suggesting that this fungus presents potential as biofertilizer, particularly for native corn.

Keywords: Corn production, biofertilization, bioinoculation, native seed.

Introducción

El maíz es un producto clave para la alimentación humana, animal y como materia prima para la industria. Se comercializa como grano seco o elote (mazorca fresca), alcanzando en este caso, precios de 75% a 300% más altos (Arellano-Vázquez *et al*., 2010). Su cultivo es altamente demandante de nutrientes (particularmente nitrógeno y fósforo), cuyos costos disminuyen su rentabilidad, además de generar problemas de contaminación (García-Olivares *et al*., 2012; Grageda-Cabrera *et al*., 2012).

Ante ello, una alternativa es el uso de inoculantes a base de microorganismos, como bacterias promotoras del crecimiento vegetal (*Rhizobium*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, etc.) (García-Olivares *et al*., 2012; Grageda-Cabrera *et al*., 2012), hongos micorrízicos arbusculares (Smith *et al*., 2011) y hongos filamentosos como *Trichoderma*. Este último con múltiples ventajas para su aplicación en la agricultura, tales como fácil aislamiento y cultivo (Hernández-Mendoza *et al*., 2011), promoción del crecimiento radical (posibilitando tolerancia a factores bióticos y abióticos) (Martínez *et al*., 2013), resistencia a enfermedades (Martínez *et al*., 2013; Lamdan *et al*., 2015) y absorción de nutrientes, particularmente fósforo (Ferrigo *et al*., 2014). Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue realizar un estudio preliminar para determinar el efecto de cinco especies de *Trichoderma* sobre la productividad de dos variedades de maíz elotero (nativo e híbrido) bajo condiciones de campo.

Material y métodos

Localización

El experimento se estableció en 2017 en la comunidad el Mante, Tuxpan, Veracruz, México (21° 3' 21,71" N, 97° 33' 47,13" O, 43 m.s.n.m., clima Aw2(x') y precipitación de 1241 mm anuales), entre mayo y agosto (temporal irregular con 550 mm durante el desarrollo del cultivo), en un suelo tipo Feozem (capa arable de 20 cm), textura arcillosa (13% arena, 29% limo y 58% arcilla), pH moderadamente alcalino (7,5) y fertilidad baja [materia orgánica = 1,87%, nitrógeno total = 7,5 ppm (bajo), fósforo = 18,5 ppm (bajo), potasio = 200 ppm (alto), calcio = 924 ppm (muy alto) y magnesio = 120 ppm (alto)], donde se ha sembrado maíz elotero los últimos tres años, bajo condiciones de temporal (sin riego).

Material Biológico

Se utilizaron las cepas IE-978 (*Trichoderma* sp.), IE-639 (*Trichoderma reesei* Simmons), IE-996 (*Trichoderma virens* Miller) e IE-980 (*Trichoderma harzianum* Rifai) donadas por el INECOL (Xalapa, Veracruz, México) y TA-3 (*Tri-*

choderma asperellum Samuels), suministrada por la Universidad Veracruzana campus Tuxpan. El inóculo para cada tratamiento se elaboró en arroz, éste se lavó hasta que dejó de presentar coloraciones blanquecinas, se secó, se envasó (200 g) en bolsas de polipropileno y se esterilizó 15 minutos bajo condiciones convencionales. Posteriormente, se inoculó con 15 mL de suspensión, elaborada con 15 mL de agua destilada esterilizada (ADE) y 10 alícuotas de 0,5 mm de diámetro de cada cepa, agitadas durante un minuto. Las bolsas inoculadas se incubaron a 21˚C en condiciones de oscuridad durante 96 horas, siguiendo las recomendaciones de Agamez-Ramos *et al*. (2008). Los maíces utilizados son un híbrido (Asgrow A-7573), usado en la zona, y un nativo (elotón harinoso V8), colectado en la localidad de Chalahuite, Tuxpan, Veracruz; ambos para la producción de mazorca.

Establecimiento de la parcela experimental

El híbrido se limpió con alcohol al 70% (un minuto), hipoclorito de sodio al 1% (tres minutos) y tres lavados con ADE, para eliminar su tratamiento fungicida. El maíz nativo se desinfectó con hipoclorito de sodio al 2% (cinco minutos) y se lavó tres veces con ADE. Ambas semillas se secaron (ocho horas), para después ser inoculadas por inmersión (una hora) en una suspensión de $1x10^7$ esporas mL^{-1} de las diferentes especies de *Trichoderma*. Éstas se obtuvieron colocando el arroz inoculado (200g) en un matraz con un litro de ADE, se removió con agitador magnético estéril (tres minutos), se agregaron 20 mL de Tween 20® y se agitó (dos minutos) para separar las esporas de cada especie. Se recolectó el sobrenadante y se centrifugó a 3000 rpm (dos minutos). Las esporas recolectadas se diluyeron en un vaso de precipitado, calculando la concentración deseada con ayuda de una cámara de Neubauer y un microscopio óptico. Se sembró manualmente de manera tradicional (con espeque) en surcos cada 80 cm, 40 cm entre plantas y una profundidad de 4 cm, para obtener la densidad recomendada de 31.250 plantas ha^{-1}, en un arreglo de bloques al azar (unidad experimental de 3x2 m, con 16 plantas) con seis repeticiones. Los tratamientos fueron cinco cepas de *Trichoderma*, fertilización moderada con 1000 kg ha^{-1} del complejo Nitrofoska® Special 12-12-17 (+2Mg+8S) +ME y un testigo sin fertilizar para cada tipo de semilla (84 unidades experimentales). Al final del cultivo se evaluó el peso fresco de la mazorca (kg ha^{-1}), sin considerar la humedad del grano.

Análisis de datos

La comparación de tratamientos se realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de comparación múltiple de medias (Tukey $P \leq 0,05$), utilizando el programa STATISTICA®.

Resultados y discusión

Existen diferencias significativas (Tukey $P \leq 0,05$) entre tipos de semilla (maíz nativo = 12.660 kg ha^{-1} e híbrido = 10.167 kg ha^{-1}), posiblemente debido a la rusticidad del primero y a la exigencia de insumos (fertilización recomendada de 180-60-00 y riego) del segundo, lo que le impidió alcanzar su potencial, a pesar de que la productividad de ambos supera la media nacional (9800 kg ha^{-1}) (Ortiz-Torres *et al*., 2013). Entre tratamientos (Tabla 1), el hibrido no presenta respuesta, pero el maíz nativo muestra un efecto para cuatro cepas de *Trichoderma* similar a la fertilización, éstas con rendimientos superiores a 11.595 kg ha^{-1}, reportado por Ortiz-Torres *et al*. (2013) como el más alto en un ensayo con 95 maíces nativos, lo cual sugiere un efecto de este hongo.

Tabla 1. Efecto de los tratamientos en el peso fresco de la mazorca (kg ha^{-1}).
Table 1. Effect of treatments on fresh ear corn weight (kg ha^{-1}).

Cepa	Tratamiento	Peso fresco de la mazorca	
		Maíz híbrido	Maíz nativo
IE-996	*T. virens*	9232 a	10.026 b
IE-639	*T. reesei*	9724 a	13.242 a
IE-978	*T.* sp.	10.078 a	13.401 a
IE-980	*T. harzianum*	9601 a	14.219 a
TA-3	*T. asperellum*	10.991 a	14.417 a
–	Testigo	9612 a	7318 b
–	Fertilización	11.929 a	16.000 a

Letras diferentes indican diferencias significativas con la prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0,05$).

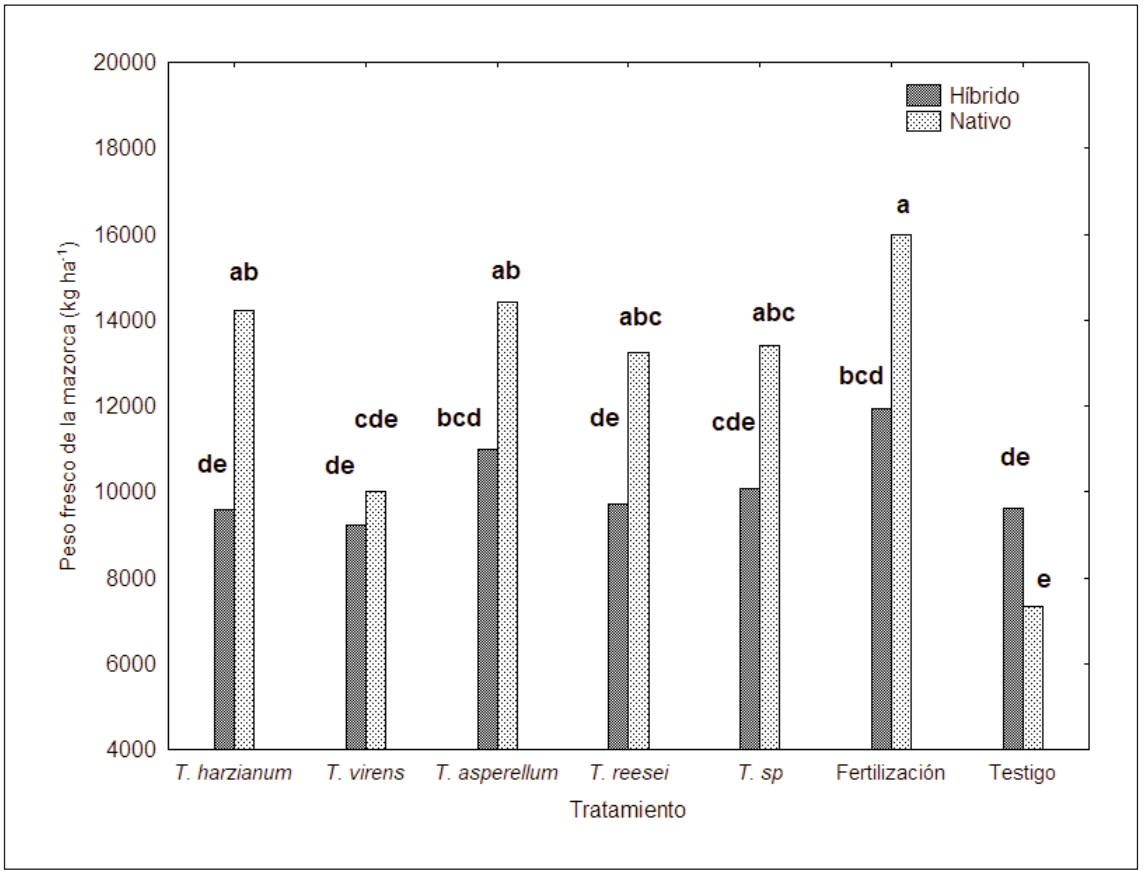
Esta tendencia se repite en las interacciones entre ambos factores (Figura 1), sugiriendo que el maíz nativo es más sensible a la aplicación de *Trichoderma* que el híbrido (posiblemente por las razones comentadas anteriormente). Al respecto, estudios reportan que el tratamiento de semillas con este hongo aumenta la absorción de nutrientes, mejora la fertilización y promueve la germinación y vigor de las plántulas (Hajieghrari, 2010; Akladious y Abbas, 2012). Estas ventajas posiblemente se relacionan con la producción de fitohormonas (Nawrocka y Małolepsza, 2013), reducción del pH del suelo (mejorando la solubilización de fosfatos, micronutrientes y minerales como Fe, Mn y Mg) (Hajieghrari, 2010; Martínez *et al*., 2013) y el desarrollo del sistema radical, que posibilita la tolerancia al estrés (variable no evaluada) (Martínez *et al*., 2013), generando efectos positivos en la rizosfera, altura y biomasa de los cultivos (Lamdan *et al*., 2015). Esto coincide con reportes en papa, tomate y cafetos (Hernández-Mendoza *et al.,* 2011), frijol y pastos (Martínez *et al.,* 2013), donde *Trichoderma* contribuyó al incremento del rendimiento, por lo que este hongo podría favorecer a la rentabilidad y sustentabilidad del cultivo de maíz, particularmente nativo.

Conclusiones

Cuatro cepas de *Trichoderma* presentan efecto biofertilizante sólo en semillas nativas, de forma similar a una fertilización química moderada. Dicho resultado sugiere el potencial de utilización de dichas cepas en condiciones de baja fertilidad.

Agradecimientos

Al CONACyT, Universidad Veracruzana e INECOL.



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

Figura 1. Interacción entre tratamientos y tipo de maíz en el peso de la mazorca.
Figure 1. Interaction between treatments and maize type in the weight of the ear corn.

Referencias bibliográficas

Agamez-Ramos EY, Zapata-Navarro RI, Oviedo-Zumaqué LE, Barrera-Violeth JL (2008). Evaluación de sustratos y procesos de fermentación sólida para la producción de esporas de *Trichoderma* sp. Revista Colombiana de Biotecnología 10: 23-34.

Akladious SA, Abbas SM (2012). Application of *Trichoderma harziunum* T22 as a biofertilizer supporting maize growth. African Journal of Biotechnology 11(35): 8672-8683.

Arellano-Vázquez JL, Gámez-Vázquez AJ, Ávila-Perches MA (2010). Agronomic potential of Cacahuacintle maize landraces at Toluca Valley. Revista Fitotecnia Mexicana 33: 37-41.

Ferrigo D, Raiola A, Piccolo E, Scopel C, Causin R (2014). *Trichoderma harzianum* T22 induces in maize systemic resistance against *Fusarium verticillioides*. Journal of Plant Pathology 96: 133-142. http://dx.doi.org/10.4454/JPP.V96I1.038

García-Olivares JG, Mendoza-Herrera A, Mayek-Pérez N (2012). Efecto de *Azospirillum brasilense* en el rendimiento del maíz en el norte de Tamaulipas, México. Universidad y Ciencia 28: 79-84.

Grageda-Cabrera OA, Díaz-Franco A, Peña-Cabriales JJ, Vera-Nuñez JA (2012). Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 3: 1261-1274.

Hajieghrari B (2010). Effects of some Iranian *Trichoderma* isolates on maize seed germination and seedling vigor. African Journal of Biotechnology 9: 4342-4347.

Hernández-Mendoza JL, Sánchez-Pérez MI, García-Olivares JG, Mayek-Pérez N, González-Prieto JM, Quiroz-Velásquez JDC (2011). Caracterización molecular y agronómica de aislados de *Trichoderma* spp nativos del noreste de México. Revista Colombiana de Biotecnología 13: 176-185.

Lamdan NL, Shalaby S, Ziv T, Kenerley CM, Horwitz BA (2015). Secretome of *Trichoderma* interacting with maize roots: role in induced systemic resistance. Molecular & Cellular Proteomics 14:1054-1063. https://doi.org/10.1074/mcp.M114.046607

Martínez B, Infante D, Reyes Y (2013). *Trichoderma* spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. Revista de Protección Vegetal 28: 1-11.

Nawrocka J, Małolepsza U (2013). Diversity in plant systemic resistance induced by *Trichoderma*. Biological control 67: 149-156. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.07.005

Ortiz-Torres E, López PA, Gil-Muñoz A, Guerrero-Rodríguez JD, López-Sánchez H, Taboada-Gaytán OR, Hernández-Guzmán JA, Valadez-Ramírez M (2013). Rendimiento y calidad de elote en poblaciones nativas de maíz de Tehuacán, Puebla. Revista Chapingo Serie Horticultura 19: 225-238.

Smith SE, Jakobsen I, Grønlund M, Smith FA (2011). Roles of arbuscular mycorrhizas in plant phosphorus nutrition: interactions between pathways of phosphorus uptake in arbuscular mycorrhizal roots have important implications for understanding and manipulating plant phosphorus acquisition. Plant Physiology 156: 1050-1057. https://doi.org/10.1104/pp.111.174581

(Aceptado para publicación el 13 de marzo de 2019)

Relación de temperatura rectal y frecuencia respiratoria con temperaturas de pelo obtenidas por termografía en ovejas gestantes estresadas por calor

R. Vicente-Pérez[1,2], U. Macías-Cruz[1,*], L. Avendaño-Reyes[1], A. Correa-Calderón[1], C. Luna-Palomera[3] y A.J. Chay-Canul[3]

[1] Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Ciencias Agrícolas, Mexicali, Baja California, México
[2] Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Costa Sur, Departamento de Producción Agrícola, Autlán de Navarro, Jalisco, México
[3] Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencia Animal, Villahermosa, Tabasco, México

Resumen

El estudio tuvo como objetivo establecer la relación de temperatura rectal y frecuencia respiratoria con temperaturas de superficie del pelo (cabeza, espalda, ijar, cadera y vientre) obtenidas a través de imágenes termográficas en ovejas de pelo gestantes y estresadas por calor. Las variables se obtuvieron de 24 ovejas gestantes multíparas Katahdin x Pelibuey cada 15 días, dos veces por día (07:00 y 16:00 h), entre el día 100 de gestación y el parto. El análisis estadístico consideró correlación de Pearson y regresión lineal simple. La temperatura rectal (r = 0,66 a 0,74) y la frecuencia respiratoria (r = 0,60 a 0,66) correlacionaron positivamente (P < 0,0001) con las diferentes temperaturas de capa de pelo. Las ecuaciones desarrolladas con cada temperatura del pelo explicaron (P < 0,0001) entre 36 y 55% de la variación observada en la temperatura rectal y la frecuencia respiratoria. La temperatura de cabeza explicó la mayor variación (R^2 = 0,48 a 0,55) en ambas variables fisiológicas. Se concluye que las temperaturas de superficie del pelo tienen una relación moderada con la temperatura rectal y la frecuencia respiratoria en ovejas de pelo gestantes mantenidas en hipertermia, asimismo, la temperatura de cabeza puede ser usada en el desarrollo de ecuaciones de predicción para ambas variables fisiológicas.

Palabras clave: Hipertermia, ovinos de pelo, temperatura de cabeza, capa de pelo.

Relationship of rectal temperature and respiratory frequency with hair coat temperatures obtained by thermography in heat-stressed pregnant ewes

Abstract

The aim of the study was to determine the relationship of rectal temperature and respiratory frequency with hair surface temperature (head, shoulder, paralumbar fossa, hip and belly) obtained through thermographic images in hair ewes pregnant and heat-stressed. Variables were collected every 15 days twins daily (07:00 and 16:00 h) in 24 Katahdin x Pelibuey pregnant multiparous ewes, starting from day 100 of

* Autor para correspondencia: ulisesmacias1988@hotmail.com

Cita del artículo: Vicente-Pérez R, Macías-Cruz U, Avendaño-Reyes L, Correa-Calderón A, Luna-Palomera C, Chay-Canul AJ (2019). Relación de temperatura rectal y frecuencia respiratoria con temperaturas de pelo obtenidas por termografía en ovejas gestantes estresadas por calor. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 115(3): 219-230. https://doi.org/10.12706/itea.2018.035

pregnancy to lambing. Statistical analyses were Pearson correlation and simple linear regression. Rectal temperature (r = 0.66 a 0.74) and respiratory frequency (r = 0.60 a 0.66) were positively correlated (P < 0.0001) with the different hair coat temperatures. The equations developed with each hair coat temperature explained (P < 0.0001) between 36 and 55% of the variation observed in the rectal temperature and respiratory frequency. Head temperature explained the highest variation (R^2 = 0.48 to 0.55) in both physiological variables. It was concluded that hair surface temperatures have a moderate relationship with rectal temperature and respiratory frequency in hair pregnant ewes maintained in hyperthermia; likewise, head temperature can be used in the development of prediction equation for both physiological variables.

Keywords: Hyperthermia, hair sheep, head temperature, hair coat.

Introducción

El estrés calórico en ovinos se detecta a través del monitoreo de los cambios en la temperatura rectal (TR) y la frecuencia respiratoria (FR), principalmente (Marai *et al*., 2007). La TR es la constante fisiológica que mayor expresa los cambios en la temperatura corporal interna, considerándose que un ovino se encuentra en estrés por calor cuando los valores de esta variable son superiores a los 39,9 °C (Marai *et al*., 2007; George *et al*., 2014). Sin embargo, la TR se determina introduciendo un termómetro por el recto, lo cual resulta en una metodología invasiva que puede comprometer el bienestar animal. Además, esta metodología puede sobrestimar el valor real de la TR porque involucra la sujeción del animal, produciendo un estrés extra que incrementa la producción de calor metabólico.

En cambio, el monitoreo de la FR es una forma no invasiva para detectar la presencia de estrés por calor en cualquier animal doméstico (Silanikove, 2000); no obstante, contabilizar la FR en ovinos estresados por calor se dificulta en comparación a los bovinos, ya que las respiraciones por minuto (rpm) puede ser superior a 200 (Silanikove, 2000; Marai *et al*., 2007). Así, lograr establecer un ritmo adecuado para el conteo visual de la FR es difícil, recomendándose repetir el proceso en 2 o 3 ocasiones para disminuir la variación en la medida de dicha variable (McManus *et al*., 2015). En este sentido, ambas constantes fisiológicas presentan desventajas en su medición, por lo que se requiere la búsqueda de nuevas alternativas para estimar la TR y la FR.

Recientemente, se comenzó a utilizar la termografía como una herramienta tecnológica en la producción animal para captar en imágenes térmicas la radiación de tipo infrarroja que emiten y reflejan los animales (Stelletta *et al*., 2012). Estas imágenes permiten determinar la temperatura de la superficie de diferentes regiones corporales del animal, y relacionar dichas temperaturas con aspectos productivos, reproductivos y de salud animal (Luzi *et al*., 2013). Al ser la termografía infrarroja un método no invasivo, algunos estudios recomiendan el uso de imágenes termales como indicativo de estrés calórico en ovinos, considerando que hay una asociación positiva entre variables fisiológicas como TR y FR con temperaturas de la capa de pelo o lana obtenidas por termografía infrarroja (Castanheira *et al*., 2010; George *et al*., 2014; Paim *et al*., 2014; Vicente-Pérez *et al*., 2016).

Cabe mencionar que la relación entre variables fisiológicas y temperaturas obtenidas por imágenes térmicas se ha evaluado escasamente en ovejas de raza de pelo en el último tercio de gestación (Vicente-Pérez *et al*., 2016). En esta etapa, un manejo de las ovejas para determinar variables fisiológicas en combinación con el ambiente de estrés calórico podría ser perjudicial para el correcto

crecimiento y desarrollo fetal; pudiendo conducir a un problema de retardo en el crecimiento fetal, e incluso abortos (Vicente-Pérez *et al*., 2015). En este sentido, se requieren emplear técnicas no invasivas para determinar el grado de estrés calórico que experimentan las ovejas preñadas. El desarrollo de ecuaciones de predicción de TR y FR a partir de las temperaturas de capa de pelo es una alternativa, por lo cual establecer la relación que hay entre ellas es una necesidad. Por lo tanto, el objetivo del estudio fue establecer la relación de temperatura rectal y frecuencia respiratoria con temperaturas de superficie del pelo (cabeza, espalda, ijar, cadera y vientre) obtenidas a través de imágenes térmicas en ovejas de pelo gestantes y estresadas por calor.

Material y métodos

El estudio se realizó durante el verano en la Unidad Experimental Ovina del Instituto de Ciencias Agrícolas (ICA-UABC), la cual se localiza en el Valle de Mexicali, Baja California, México (32° 24 latitud norte y 115° 16 longitud oeste). El clima de la región es árido y seco, muy similar al que presenta el desierto de Sonora (García, 1981). Se recogió la información climática (temperatura [T, °C] y humedad relativa [HR,%]) por hora durante todos los días que duró el experimento; esto a partir de una estación meteorológica localizada a 1,0 km del lugar de estudio. Se utilizó la siguiente fórmula para calcular el índice de temperatura-humedad (ITH): ITH = 0,81 x T + HR (T – 14,40) + 46,40 (Hahn, 1999).

El experimento consistió en recoger datos de TR, FR y temperaturas de superficie de pelo durante el último tercio de gestación en un grupo de ovejas multíparas del genotipo Katahdin x Pelibuey (n= 24, peso vivo= 51,1 ± 1,6 kg y condición corporal= 3,0 ± 0,3 unidades [escala 1-5]) (Russel *et al*., 1969). Las mediciones se realizaron a las 07:00 y 16:00 h en los días 100, 115, 130 y 145 de gestación. Primero se midió la FR en todas las ovejas contando el número de movimientos del ijar derecho durante 30 s, y el dato obtenido se multiplicó por dos para obtener el total de respiraciones por minuto. Posteriormente, las ovejas fueron sujetadas individualmente para introducir rectalmente un termómetro digital (Delta Trak®, USA) durante un minuto y determinar la TR. Simultáneamente, se tomaron fotos de cuerpo completo a cada oveja desde una distancia de 2,5 m con una cámara de termografía infrarroja (Fluke TiR1, USA). Todas las fotos se descargaron en una computadora para visualizarlas con el programa Smart View® 3.9, a fin de determinar la temperatura de superficie de pelo en los siguientes sitios corporales: cabeza, espalda, ijar derecho, cadera y vientre (Figura 1).

En general, las ovejas experimentales permanecieron encerradas en dos corrales de 5 x 5 m (12 ovejas/corral), los cuales contaban con comederos, bebederos y sombra de lámina galvanizada (12,5 m^2) ubicada en el centro. La alimentación se ofreció *ad libitum* con una dieta formulada para cubrir requerimientos nutricionales de ovejas gestante con dos fetos durante el periodo preparto (2,4 Mcal de energía metabolizable/kg de materia seca y 12% de proteína cruda; NRC, 2007). Cabe mencionar que el estro de las ovejas se sincronizó con progestágenos y 300 UI de gonadotropina coriónica equina, así como cubiertas con monta natural controlada, esto con el objeto de garantizar que las mediciones se realizarán los mismo días en todas las ovejas.

En total se recogieron 192 datos de cada variable de estudio, no obstante, se eliminaron 10 para garantizar una distribución normal (media ± 2,5 desviaciones estándar), quedando para los análisis estadísticos 182 datos por variable. Los análisis estadísticos se realizaron aplicando diferentes procedimientos

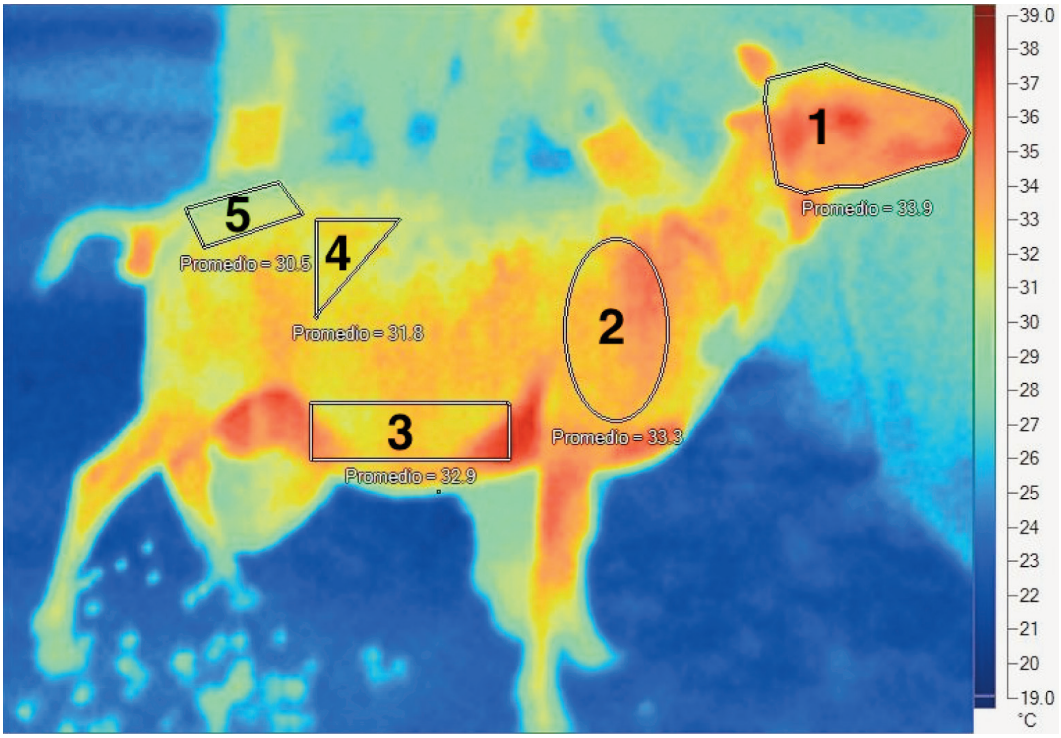


Figura 1. Temperaturas de superficie de pelo (cabeza [1], espalda [2], vientre [3], ijar [4] y cadera [5]) obtenidas a través de imágenes termográficas en ovejas gestantes estresadas por calor.
Figure 1. Hair surface temperatures (head [1], shoulder [2], belly [3], paralumbar fossa [4] and hip [5]) obtained through thermographic images in heat-stressed pregnant ewes.

del paquete estadístico SAS (SAS, 2004). Inicialmente, se calcularon medias, desviaciones estándar y coeficientes de variación para cada variable climática y de estudio usando la opción PROC MEANS. Posteriormente, a través del procedimiento PROC CORR se realizó un análisis de correlaciones de Pearson entre TR y FR con temperaturas de cabeza, espalda, ijar derecho, cadera y vientre. En forma individual, cada temperatura de superficie de pelo fue considerada una variable predictiva de la TR y la FR, de tal manera que se desarrolló un análisis de regresión lineal simple (RLS) con el PROC REG para determinar asociación entre ellas y evaluar la ecuación de la recta. Con estas ecuaciones se calcularon valores predichos de TR y FR, los cuales se compararon con los valores observados a través de una RLS. Adicionalmente, en cada modelo RLS desarrollado, se aplicó la prueba Durbin-Watson (DW) para verificar el supuesto de independencia, así como la prueba de falta de ajuste para examinar la presencia de error puro y la existencia de relación de primer orden entre variables dependientes y regresoras (Kutner *et al*., 2005). Finalmente, se siguieron los siguientes criterios de evaluación para seleccionar el mejor modelo de predicción de cada variable de respuesta: 1) mayor coeficiente de determinación (R^2), 2) menor raíz cuadrada media del error (RMSE), 3) menor coeficiente de variación (CV) y 4) mayor coincidencia entre valores observados y predichos.

Resultados

Las condiciones climáticas durante el periodo experimental fueron 34,3 ± 5,7 °C de T, 44,2 ± 18,5% de HR y 82,6 ± 3,5 unidades de ITH. Se observó una variación de 142 rpm entre los valores mínimos y máximos de la FR, mientras que en la TR fue de solo 2,8 °C. En las temperaturas de capa de pelo se observó un promedio de variación de 13,2 °C entre valores mínimos y máximos (Tabla 1). Se observaron valores promedios para TR y FR de 39,6 °C y 116,5 rpm, respectivamente.

La TR y la FR mostraron correlacionarse ($P < 0,01$) positivamente y en forma moderada ($0,60 \leq r \leq 0,74$) con las diferentes temperaturas de la capa de pelo obtenidas por termografía (Tabla 2). Los resultados RLS mostraron que todas las temperaturas de capa de pelo explicaron ($P < 0,01$) las variaciones observadas en la TR ($R^2 = 0,43$ a $0,55$) y la FR ($R^2 = 0,36$ a $0,48$) (Tabla 3). Los análisis de comparación entre valores observados y predichos de TR y FR mostraron que, los valores predichos calculados con las diferentes ecuaciones coincidieron ($P < 0,01$) con los valores

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de temperatura rectal, frecuencia respiratoria y temperatura de superficie de pelo en ovejas gestantes bajo condiciones de estrés calórico.
Table 1. Descriptive statistics of rectal temperature, respiration frequency and temperatures from hair surface in pregnant ewes under heat stress condition.

	Media	DE	Mínimo	Máximo	CV
Frecuencia respiratoria, rpm	116,4	30,0	50,0	192,0	25,7
Temperatura rectal, °C	39,6	0,4	38,3	41,1	1,0
Temperatura de pelo, °C					
Cabeza	37,9	2,2	31,9	43,3	5,8
Espalda	37,9	3,4	31,0	43,4	8,9
Ijar derecho	37,7	3,2	28,3	44,1	8,4
Cadera	37,6	2,9	29,2	44,5	7,7
Vientre	37,4	2,4	30,4	41,7	6,4

DE = Desviación estándar, CV = Coeficiente de variación.

Tabla 2. Correlaciones de Pearson de temperatura rectal y frecuencia respiratoria con temperaturas de la superficie del pelo en ovejas gestantes estresadas por calor.
Table 2. Pearson correlation of rectal temperature and respiration frequency with temperatures from hair surface, in heat-stressed pregnant ewes.

	Temperatura rectal	Frecuencia respiratoria
Temperatura de cabeza	0,74***	0,69***
Temperatura de espalda	0,70***	0,60***
Temperatura de ijar derecho	0,74***	0,61***
Temperatura de cadera	0,71***	0,61***
Temperatura de vientre	0,66***	0,61***

*** Significación $P < 0,0001$.

Tabla 3. Ecuaciones desarrolladas para temperatura rectal (TR) y frecuencia respiratoria (FR) a partir de las temperaturas (T) de superficie del pelo en ovejas gestantes estresadas por calor.
Table 3. Equations developed for rectal temperature (TR) and respiratory frequency (FR) using temperatures (T) from hair surface in heat-stressed pregnant ewes.

Ecuaciones	R^2	EE β_o	EE β_1	RMSE	CV	Valor de *P*	DW	FA (*P*)
TR = 33,87 + 0,15 x Tcabeza	0,55	0,39	0,01	0,29	0,74	<0,001	1,76	0,84
TR = 35,86 + 0,10 x Tijar	0,54	0,26	0,01	0,29	0,75	<0,001	1,67	0,96
TR = 35,65 + 0,11 x Tcadera	0,51	0,29	0,01	0,30	0,78	<0,001	1,58	0,11
TR = 34,84 + 0,12 x Tespalda	0,49	0,37	0,01	0,31	0,78	<0,001	1,50	0,11
TR = 35,48 + 0,11 x Tvientre	0,43	0,35	0,01	0,31	0,79	<0,001	1,50	0,45
FR = -265,98 + 10,07 x Tcabeza	0,48	30,67	0,80	21,77	18,70	<0,001	1,90	0,20
FR = -130,16 + 6,55 x Tcadera	0,38	23,74	0,62	24,98	21,29	<0,001	1,91	0,02
FR = -113,38 + 6,09 x Tijar	0,38	22,33	0,58	24,89	21,19	<0,001	1,90	0,25
FR = -217,80 + 8,94 x Tvientre	0,38	32,80	0,87	25,18	21,32	<0,001	1,73	0,15
FR = -197,39 + 8,27 x Tespalda	0,36	31,64	0,82	25,41	21,57	<0,001	1,85	0,10

R^2 = Coeficiente de determinación, EE = Error estándar, β_o = Intercepto, β_1 = Pendiente, RMSE = Error de la raíz cuadrada de la media, CV = Coeficiente de variación, DW = Durbin-Watson, FA = Falta de ajuste ($P < 0,05$).

observados (Figura 2 y 3); encontrándose una mejor coincidencia entre valores observados y predichos de ambas variables fisiológicas (TR y FR) cuando las ecuaciones incluyeron la temperatura de cabeza como variable predictora. Los valores del estadístico de Durbin-Watson para los modelos de TR (DW = 1,50-1,76) y FR (DW = 1,73-1,91) se aproximaron a 2,0, mientras la falta de ajuste (P = 0,02) solo se detectó en el modelo de FR donde se consideró la temperatura de cadera como predictora (Tabla 3).

Basado en los criterios de evaluación de las ecuaciones (Tabla 3), la TR y la FR pueden predecirse con las siguientes ecuaciones: TR = 33,87 + 0,15 x temperatura de cabeza (R^2 = 55%, RMSE = 0,29 y CV = 0,74) y FR = –265,98 + 10,07 x temperatura de cabeza (R^2 = 48%, RMSE = 21,77 y CV = 18,70). En el caso de la TR también podría predecirse con la ecuación donde se usó temperatura del ijar derecho como predictora, ya que los parámetros de evaluación de esa ecuación (R^2 = 54%, RMSE = 0,29 y CV = 0,75) son similares a los observados para la ecuación donde se utilizó temperatura de cabeza como predictora. Cabe mencionar que la precisión con la cual se pueden predecir tanto TR (observada = 39,6 ± 0,6 °C *vs*. predicha= 39,5 ± 0,3 °C) y FR (observada = 116 ± 30 rpm *vs*. predichas = 116 ± 25 rpm) con esas ecuaciones es moderada, esto basado en los valores de R^2 (0,48 a 0,55) obtenidos en las regresiones entre valores observados y predichos.

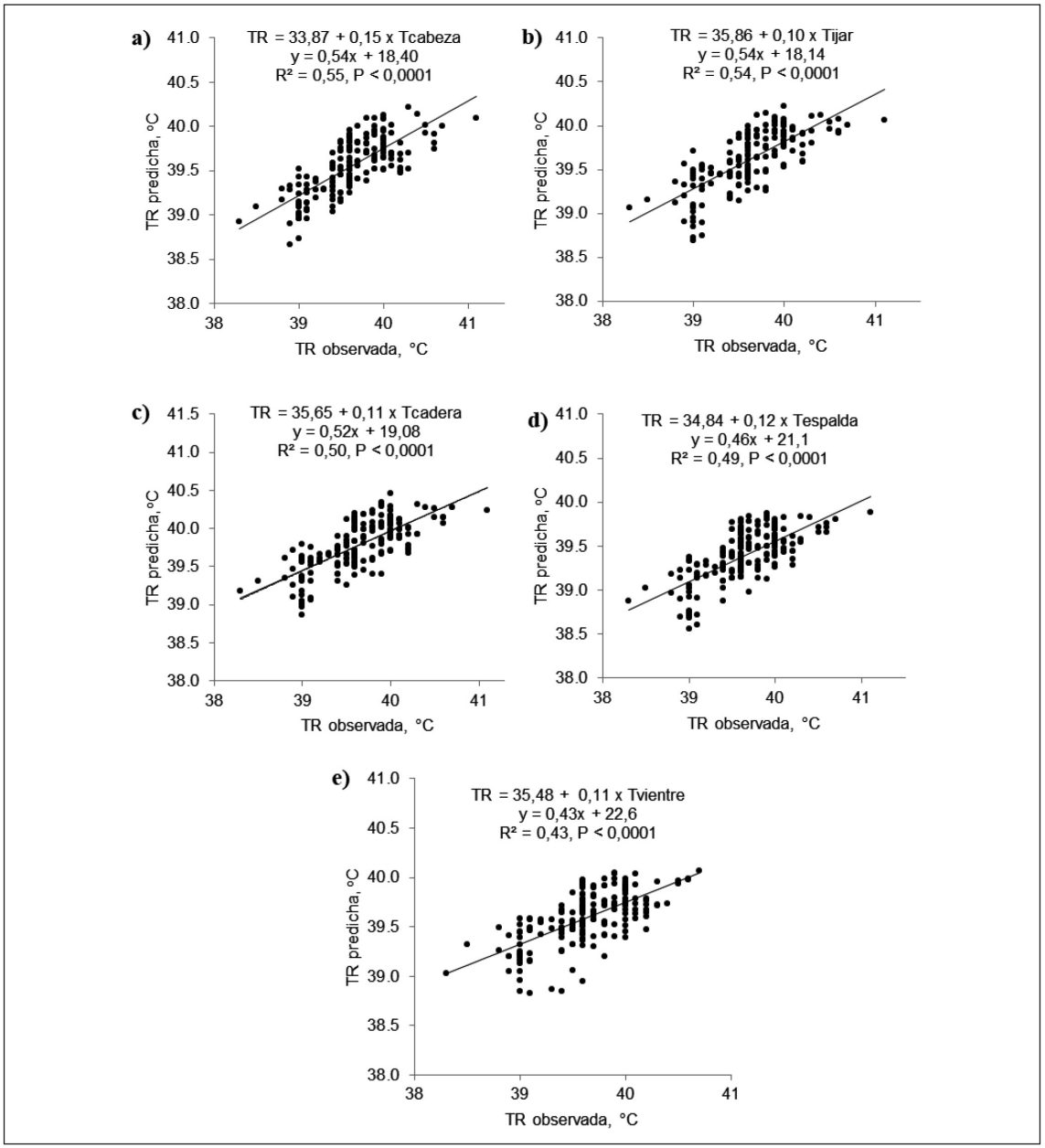


Figura 2. Relación entre temperatura rectal (TR) observada y predicha a partir de cada una de las ecuaciones de regresión desarrolladas. Las temperaturas de superficie de pelo empleadas en las ecuaciones fueron las siguientes: cabeza (Tcabeza, a), ijar derecho (Tijar, b), cadera (Tcadera, c), espalda (Tespalda, d) y vientre (Tvientre, e).

Figure 2. Relationship between observed and predicted rectal temperature (TR) using each equation of regression developed. The hair surface temperatures used in equations were: head (Tcabeza, a), rigth paralumbar fossa (Tijar, b), hip (Tcadera, c), shoulder (Tespalda, d) and belly (Tvientre, e).

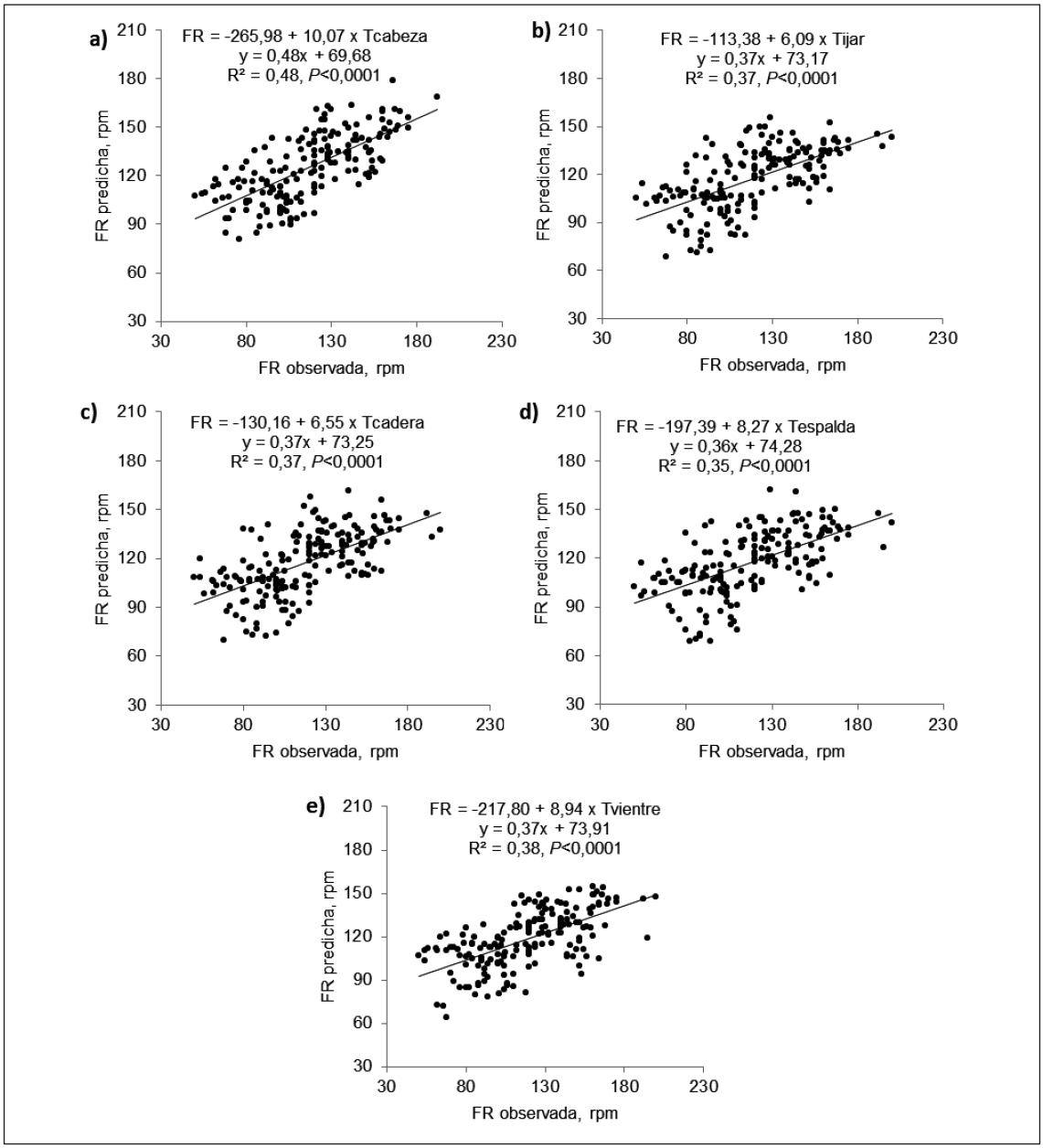


Figura 3. Relación entre frecuencia respiratoria (FR) observada y predicha a partir de cada una de las ecuaciones de regresión desarrolladas. Las temperaturas de superficie de pelo empleadas en las ecuaciones fueron las siguientes: cabeza (Tcabeza, a), ijar derecho (Tijar, b), cadera (Tcadera, c), espalda (Tespalda, d) y vientre (Tvientre, e).

Figure 3. Relationship between observed and predicted respiratory frequency (FR) using each equation of regression developed. The hair surface temperatures used in equations were:head (Tcabeza, a), rigth paralumbar fossa (Tijar, b), hip (Tcadera, c), shoulder (Tespalda, d) and belly (Tvientre, e).

Discusión

Las condiciones ambientales prevalecientes durante el periodo de estudio fueron consideradas de estrés calórico para las ovejas, ya que las razas de pelo comienzan a experimentar signos de hipertermia con T ≥ 30 °C e ITH ≥ 78 unidades (Menezes Wanderley Neves *et al*., 2009). Además, el estrés calórico se clasificó como de tipo moderado basado en el ITH promedio que quedó en el rango de las 82-84 unidades (Marai *et al*., 2007).

Las grandes variaciones entre los valores mínimos y máximos de las variables fisiológicas (2,8 °C para TR y 142 rpm para FR) se deben a que se incluyeron datos de los horarios de la mañana y tarde. De manera natural, las T e ITH son superiores en las tardes y, consecuentemente, también los valores de las diferentes variables fisiológicas (Marai *et al*., 2007; Macías-Cruz *et al*., 2016). Por otra parte, los promedios de TR (39,6 °C) y FR (116,5 rpm) observados en el presente estudio coinciden con resultados (TR = 39,2 °C y FR = 115 rpm) de un estudio previo realizado en la misma región durante la época de verano (Macías-Cruz *et al*., 2013). En general, la TR de las ovejas estuvo dentro del rango normal (38,5-39,9 °C) (McManus *et al*., 2009), mientras que la FR estuvo 187% por encima de la indicada para condiciones termoneutrales en ovinos (Silanikove, 2000; Marai *et al*., 2007). Esto sugiere que la FR es un importante mecanismo de termorregulación evaporativo que permite a las ovejas de pelo gestantes mantener condiciones de normotermia en regiones áridas durante la época caliente.

La TR y la FR se correlacionaron en forma positiva y moderada con las diferentes temperaturas de capa de pelo. Algunos estudios realizados en ambientes cálidos explican que esta relación positiva de TR y FR con temperaturas de superficie corporal se presenta porque los ovinos de raza de pelo termoregulan en condiciones de estrés calórico disipando gran cantidad de calor corporal a través de la piel (McManus *et al*., 2009; Mendes *et al*., 2013; Macías-Cruz *et al*., 2018). En congruencia con estos resultados, TR y FR mostraron una correlación positiva con temperatura de pelo de cabeza, cadera, ijar y espalda bajo condiciones de estrés calórico en ovejas preñadas del genotipo Katahdin x Pelibuey (0,49 ≤ r ≤ 0,67) (Vicente-Pérez *et al*., 2016), así como en corderos de la raza Santa Ines (0,54 ≤ r ≤ 0,75) (McManus *et al*., 2015). Otro estudio también publicó la presencia de una correlación positiva (r = 0,76) entre TR y temperatura de ojo obtenida con cámara termográfica en ovejas lactando St. Croix puras y cruzadas con Dorper. Otro estudio también publicó la presencia de una correlación positiva (r = 0,76) entre TR y temperatura de ojo obtenida con cámara termográfica en ovejas lactando St. Croix puras y cruzadas con Dorper (George *et al*., 2014). En general, nuestros resultados confirman que la TR y la FR están asociadas positivamente con la temperatura de capa de pelo en ovinos, lo cual sugiere que las imágenes térmicas capturadas con una cámara termográfica de infrarrojo pueden usarse como un método no invasivo para diagnosticar la presencia de estrés calórico en ovejas de pelo preñadas. Además, las temperaturas de superficie de pelo pueden ser empleadas como variables independientes para desarrollar ecuaciones de predicción para TR y FR.

Con base a los resultados de la RLS, se determinó que todas las temperaturas de capa de pelo pueden explicar las variaciones de TR y FR, de tal manera que a mayor temperatura en el pelo de las diferentes regiones corporales evaluadas también serán mayores las TR y FR que se obtengan en las ovejas de pelo preñadas. La termografía de la cabeza resultó ser la variable independiente que mayor explicó las variaciones de TR (R^2 = 0,55) y FR (R^2 = 0,48), lo cual resulta lógico si se considera que también es la variable que más se correlacionó positivamente con ambas variables dependientes. En general, el análisis

de RLS evidenció que las temperaturas termográficas pueden ser utilizadas en forma individual para predecir la TR y la FR en ovejas de pelo preñadas estresadas por calor. No obstante, una mejor precisión (moderada) en la predicción de estas variables fisiológicas se puede obtener si la temperatura de cabeza es empleada como variable predictora, ya que las ecuaciones desarrolladas con esta temperatura tuvieron valores predichos que coincidieron más con los observados tanto en TR como FR. En la cabeza se localiza el hipotálamo que controla la temperatura corporal (Weschenfelder *et al*., 2013), lo cual podría explicar el resultado encontrado con la RLS.

Cabe mencionar que los valores observados del estadístico DW en los modelos de regresión tanto de TR y FR indican que no existió autocorrelación positiva (DW ≈ 0,0) o negativa (DW ≈ 4,0) en los residuales (Kutner *et al*., 2005). Consecuentemente, se deduce que los errores son variables aleatorias independientes y los estimadores de los modelos de regresión son eficientes. Adicionalmente, se confirmó linealidad en la mayoría de los modelos, excepto en el modelo desarrollado para FR a partir de la temperatura de cadera, en el cual se detectó falta de ajuste; por lo que un modelo más complejo no lineal podría ser requerido si se desea incluir temperatura de cadera como variable predictora (Kutner *et al*., 2005). Las condiciones anteriores permiten establecer que las variables dependientes y predictoras en el presente estudio son independientes y se encuentran normalmente distribuidas.

Al igual que en este estudio, otras investigaciones plantean el uso de las cámaras termográficas como un método alternativo no invasivo para evaluar el estrés calórico en ovinos (Paim *et al*., 2014; McManus *et al*., 2015; Vicente-Pérez *et al*., 2016; Macías-Cruz *et al*., 2016) y otras especies (Martello *et al*., 2010). Las imágenes térmicas captadas por estas cámaras permiten determinar la temperatura de diferentes superficies de pelo, las cuales pueden ser usadas para desarrollar modelos de predicción al estar correlacionadas con TR y FR (McManus *et al*., 2016), tal como en el presente estudio fue demostrado. En congruencia con los resultados de RLS, Vicente-Pérez *et al*. (2016) también desarrollaron una ecuación de predicción para TR de ovejas preñadas estresadas por calor usando la temperatura de cabeza como variable independiente, la cual predecía con una precisión moderada esta variable fisiológica (R^2 = 0,44). En ese mismo estudio también desarrollaron otra ecuación para predecir la TR pero usado regresión lineal múltiple (RLM), donde el modelo incluyó como predictoras a FR y temperaturas de cabeza y vientre. El coeficiente de determinación (R^2 = 0,56) fue mejorado por incluir las tres variables independientes, sin embargo, la precisión de predicción de la TR siguió siendo moderada. Interesantemente, la ecuación desarrollada con temperatura de cabeza para TR en este estudio presentó similar R^2 (0,55 *vs*. 0,56) que la ecuación desarrollada con RLM en ese estudio previo (Vicente-Pérez *et al*., 2016). En consecuencia, es mejor opción usar la ecuación encontrada en este estudio para predecir la TR en ovejas preñadas bajo condiciones de hipertermia, ya que podría aplicarse con mayor facilidad por considerar el modelo solo una variable predictora. Otros estudios en cerdos (Chung *et al*., 2010) y bovinos lecheros (Martello *et al*., 2010) han desarrollado ecuaciones de predicción para TR a partir de temperaturas de piel o de superficie de pelo obtenidas por termografía, pero observaron baja precisión en los modelos para predecir ($R^2 \leq 0,44$).

Por otra parte, no se encontraron estudios previos sobre el desarrollo de ecuaciones de predicción para FR en ovejas preñadas usando imágenes térmicas. Por lo anterior, este podría ser el primer estudio al respecto, el cual evidenció que termografía de superficie de cabeza podría ser usado para prede-

cir la FR con una precisión moderada en ovejas gestantes bajo condiciones naturales de estrés calórico. No obstante, en ganado Holstein existe un antecedente en relación al desarrollo de un modelo predictivos para FR, donde observaron que esta constante fisiológica se podía predecir con una precisión moderada ($R^2 = 0,51$) usando temperatura de superficie corporal en general como variable predictora (Martello *et al*., 2010).

Conclusiones

Las temperaturas de superficie de pelo obtenidas por imágenes termográficas están asociadas positivamente con la TR y la FR en ovejas de pelo gestantes estresadas por calor. En particular, la temperatura de cabeza de las ovejas mostró ser de utilidad en el desarrollo de ecuaciones para predecir la TR ($R^2 \leq 0,55$) y la FR ($R^2 \leq 0,48$) con una precisión moderada. Por lo tanto, las imágenes térmicas en combinación de las ecuaciones de predicción de la TR y la FR podrían ser usadas como técnicas no invasivas para evaluar el estrés calórico en ovejas de pelo gestantes.

Agradecimientos

Se agradece al Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California, por las facilidades otorgadas en el uso de los animales para realizar esta investigación. El primer autor también agradece al CONACYT México por la beca otorgada para realizar sus estudios de Doctorado en Ciencias Agropecuarias.

Referencias bibliográficas

Castanheira M, Paiva SR, Louvandini H, Landim A, Fiorvanti MCS, Dallago BS, Correa PS, McManus C (2010). Use of heat tolerance traits in discriminating between groups of sheep in central Brazil. Tropical Animal Health and Production 42: 1821-1828.

Chung T, Jung W, Nam E, Kim J, Park S, Hwang CY (2010). Comparison of rectal and infrared thermometry for obtaining body temperature of gnotobiotic piglets in conventional portable germ free facility. Asian-Australasian Journal of Animal Science 23: 1364-1368.

García E (1981). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 3ª Ed. Instituto de Geografía-Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF. 90 pp.

George WD, Godfrey RW, Ketring RC, Vinson MC, Willard ST (2014). Relationship among eye and muzzle temperatures measured using digital infrared thermal imaging and vaginal and rectal temperatures in hair sheep and cattle. Journal of Animal Science 92: 4949-4955.

Hahn GL (1999). Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. Journal of Animal Science 77: 10-20.

Kutner MH, Nachtsheim CJ, Nester J, Li W (2005). Applied linear statistical models, 5ª Ed. McGraw Hill, New York, NY, USA. 1396 pp.

Luzi F, Mitchell M, Nanni Costa L, Redaelli V (2013). Thermography: current status and advances in livestock animals and in veterinary medicine. Ed. Fondazione Iniziative Zooprofilattiche, Brescia, Italia. 216 pp.

Macías-Cruz U, Álvarez-Valenzuela FD, Correa-Calderón A, Díaz-Molina R, Mellado M, Meza-Herrera CA, Avendaño-Reyes L (2013). Thermoregulation of nutrient-restricted hair ewes subjected to heat stress during late pregnancy. Journal of Thermal Biology 38: 1-9.

Macías-Cruz U, López-Baca MA, Vicente R, Mejía A, Álvarez FD, Correa-Calderón A, Meza-Herrera CA, Mellado M, Guerra-Liera JE, Avendaño-Reyes L (2016). Effects of seasonal ambient heat stress (spring *vs*. summer) on physiological and metabolic variables in hair sheep located in an arid region. International Journal of Biometeorology 60: 1279-1286.

Macías-Cruz U, Gastélum MA, Avendaño-Reyes L, Correa-Calderón A, Mellado M, Chay-Canul A, Arechiga CF (2018) Variaciones en las respuestas

termoregulatorias de ovejas de pelo durante los meses de verano en un clima desértico. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 9: 738-753.

Marai IFM, El-Darawany AA, Fadiel A, Abdel-Hafez MAM (2007). Physiological traits as affected by heat stress in sheep-A review. Small Ruminant Research 71: 1-12.

Martello LS, Savastano Junior H, Silva SL, Balieiro JCC (2010). Alternative body sites for heat stress measurement in milking cows under tropical conditions and their relationship to the thermal discomfort of the animals. International Journal of Biometeorology 54: 647-652.

McManus C, Paluda G, Louvandini H, Gugel R, Sasaki LCB, Paiva SR (2009). Heat tolerance in Brazilian sheep: Physiological and blood parameters. Tropical Animal Health and Production 41: 95-101.

McManus C, Bianchini E, Paim TP, Lima FG, Neto JB, Castanheira M, Esteves GI, Cardoso CC, Dalcin VC (2015). Infrared thermography to evaluate tolerance in different genetic groups of lambs. Sensors 15: 17258-17273.

McManus C, Tanure CB, Peripolli V, Seixas L, Fischer V, Gabbi AM, Menegassi SRO, Stumpf MT, Kolling GJ, Dias E, Costa Jr JBG (2016). Infrared thermography in animal production: An overview. Computers Electronics in Agriculture 123: 10-16.

Mendes LCN, Matsukuma BH, Oliveira G, Peres LCT, Gerardi B, Feitosa FLF, Venturoli Perri SH, Peiró JR (2013). Efeito da tosquia na temperatura corpórea e outros parâmetros clínicos em ovinos. Pesquisa Veterinária Brasileira 33: 817-825.

Menezes Wanderley Neves ML, De Azevedo M, Barros Da Costa LA, Guim A, Menino Leite A, Cariri Chagas J (2009). Níveis críticos do índice de conforto térmico para ovinos de raça Santa Inês criados a pasto no agreste do Estado de Pernambuco. Acta Scientiarum Animal Science 31: 169-175.

NRC (2007). Nutrient Requirements of Small Ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. Ed. National Research Council. National Academy Press, Washington, DC. 362 pp.

Paim TP, Martins RFS, Cardoso C, Dallago B, Louvandini H, McManus C (2014). Thermal comfort index and infrared temperatures for lambs subjected to different environmental conditions. Scientia Agricola 71: 345-355.

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

SAS (2004). User's guide statistics released 9.1, 2nd Ed. SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA.

Silanikove N (2000). Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. Livestock Production Science 67: 1-18.

Stelletta C, Gianesella M, Vencato J, Fiore E, Morgante M (2012). Thermographic applications in veterinary medicine. En: Infrared Thermography (Ed. Prakash RV), pp. 117-140. InTechOpen. DOI: 10.5772/29135.

Vicente-Pérez R, Avendaño-Reyes L, Álvarez FD, Correa-Calderón A, Meza-Herrera CA, Mellado M, Quintero JA, Macías-Cruz U (2015). Comportamiento productivo, consumo de nutrientes y productividad al parto de ovejas de pelo suplementadas con energía en el preparto durante verano e invierno. Archivos de Medicina Veterinaria 47: 301-309.

Vicente-Pérez R, Avendaño-Reyes L, Mejía-Vázquez A, Álvarez FD, Correa-Calderón A, Mellado M, Meza-Herrera CA, Guerra-Liera JE, Robinson PH, Macías-Cruz U (2016). Prediction of rectal temperature using non-invasive physiologic variables measurements in hair pregnant ewes subjected to natural condition of heat stress. Journal of Thermal Biology 55: 1-6.

Weschenfelder AV, Saucie L, Maldague X, Rocha LM, Schaefer AL, Faucitano L (2013). Use of infrared ocular thermography to assess physiological conditions of pigs prior to slaughter and predict pork quality variation. Meat Science 95: 616-620.

(Aceptado para publicación el 27 de diciembre de 2018)

Conversión de las explotaciones de vacuno de leche a la producción de leche A2 ante una posible demanda del mercado: posibilidades e implicaciones

L. Alfonso*, O. Urrutia y J.A. Mendizabal

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, IS-FOOD Research Institute, Universidad Pública de Navarra, Campus Arrosadia, Pamplona, España

Resumen

El mercado de la leche de vaca, tras la desaparición de las cuotas lácteas, está provocando una importante restructuración en el sector. Una de las alternativas que están desarrollando, fundamentalmente las pequeñas explotaciones familiares, es la diferenciación de sus productos. En ese contexto, ha aparecido un tipo diferenciado de leche conocida como leche A2. Esta se caracteriza por estar libre de la variante A1 de la proteína β-caseína que, debido a una mayor producción de β-casomorfina-7 tras la digestión, puede dar lugar a intolerancias y afecciones gastrointestinales. En este trabajo se analizan las posibilidades e implicaciones de una selección a favor de la β-caseína A2 en el caso concreto de las explotaciones familiares de Guipúzcoa. Los resultados obtenidos a partir de 1868 hembras genotipadas muestran que la frecuencia del alelo que codifica la proteína A2 es 0,55, y no se han encontrado asociaciones desfavorables entre el alelo A2 y el valor genético para caracteres productivos, funcionales y morfológicos, ni con otros genes ni haplotipos. Bajo esta situación de partida, y empleando exclusivamente toros A2A2, la utilización o no de semen sexado, junto con las diferentes ratios de reposición que se apliquen, determinarán el periodo y el coste económico de la conversión de los rebaños a la producción de leche A2. En un escenario de costes razonables esta se estima entre los 8 y los 15 años, pudiendo llegar a suponer a una explotación de 150 vacas unos costes de unos 6.000 y 1.000 €/año, respectivamente.

Palabras clave: Leche, β-caseína, genotipado, selección, reconversión, vacuno.

Conversion to A2 milk production with regard to a possible market demand for dairy farms: possibilities and implications

Abstract

Bovine dairy market, after the abolition of milk quotas, is causing dairy sector restructuration. Product differentiation is one of the strategies that are implementing dairy farms, mainly small family farms. In this context, a new type of differentiated cow s milk has appeared known commercially as A2 milk. This type of milk is devoid of A1 β-casein protein, which can cause intolerance and gastrointestinal discomfort due to higher β-casomorphin-7 release after digestion. In the present work, the possibilities and implications of a selection in favor of A2 β-casein were analysed in family farms in Guipúzcoa (Spain). The results obtained from 1868 genotyped females showed that the frequency of allele coding the A2

* Autor para correspondencia: leo.alfonso@unavarra.es

Cita del artículo: Alfonso L, Urrutia O, Mendizabal JA (2019). Conversión de las explotaciones de vacuno de leche a la producción de leche A2 ante una posible demanda del mercado: posibilidades e implicaciones. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 115(3): 231-251. https://doi.org/10.12706/itea.2019.001

protein was 0.55 and no unfavorable associations were found between A2 allele and the breeding values for production, functional and morphological traits nor other genes or haplotypes. Under this scenario, and using only A2A2 bulls, the use or not of sexed semen, together with different replacement rates that are applied, will determine the period and the economic cost of herd conversion to A2 milk production. In a reasonable cost strategy, the estimated conversion period is between 8 and 15 years, which, in a 150-cow farm, could imply an approximate cost between 6,000 and 1,000 €/year, respectively.

Keywords: Milk, β-casein, genetic testing, herd selection, conversion, cattle.

Introducción

El mercado de la leche de vaca sufre una creciente globalización que obliga a los ganaderos a aumentar continuamente el tamaño de las explotaciones, reducir constantemente costes, dejar la actividad, o desacoplarse del mercado mundial mediante la diferenciación de productos. En ese contexto, la empresa neozelandesa 'The a2 Milk Company' lanzó al mercado hace unos años la leche A2 (a2 Milk™). Con una fuerte inversión en marketing, defensa de la propiedad intelectual e I+D (8,4% del total de ingresos, en el año 2017, equivalente a unos 27 millones de euros) ha conseguido estar presente en otros países como Australia, Estados Unidos, Reino Unido y China (Babidge, 2017).

La leche A2 se caracteriza por estar libre de la variante A1 de la β-caseína, proteína que representa sobre el 30% de la proteína de la leche de vaca (Brooke-Taylor *et al.*, 2017). Existen dos variantes fundamentales de la β-caseína, la A1 y la A2. La variante A2 es la habitual en todo tipo de leche, pero en las poblaciones de vacuno Holstein-Frisón la variante A1 también se encuentra con una importante frecuencia (Kamiński *et al.*, 2007; Gödert *et al.*, 2017; Massella *et al.*, 2017). La variante A1 se diferencia de la A2 en un único cambio en la cadena de aminoácidos (sustituye Prolina por Histidina en la posición 67) que se ha considerado que puede afectar a las propiedades de la leche en relación a la salud humana (Asledottir *et al.*, 2017). Inicialmente se especuló, aunque no parece existir asociación, que la variante A1 facilitaba los procesos inmunológicos que conducen a la diabetes tipo I y que era un factor de riesgo para sufrir enfermedades coronarias (Truswell, 2005). Actualmente, se considera que la variante A1 puede estar asociada con la intolerancia a la leche y algunos problemas gastrointestinales, debido a una mayor producción de β-casomorfina-7 tras la digestión gastrointestinal (Asledottir *et al.*, 2017). No obstante, el número de ensayos clínicos realizados y publicados hasta la fecha en humanos –todos con participación de 'The a2 Milk Company'– es escaso (Ho *et al.,* 2014; Jianquin *et al.*, 2016; He *et al.*, 2017), y pese a sugerir que el consumo de leche A2 puede atenuar los síntomas gastrointestinales de la intolerancia a la leche, no se pueden considerar concluyentes (Brooke-Taylor *et al.*, 2017).

De todas formas, no es objeto de este trabajo dilucidar sobre los posibles efectos positivos de la leche A2 sobre la salud humana. El objetivo es analizar las posibilidades y las implicaciones de conversión de las explotaciones de vacuno de leche a la producción de leche A2 ante la posibilidad de que aparezcan nuevas demandas de mercado.

La demanda de leche A2 por parte de la industria puede ser una oportunidad, pero a la vez una amenaza para los pequeños productores de vacuno de leche que mantienen una estructura familiar de producción. A corto plazo, para las pequeñas explotaciones familiares que se enfrentan a los riesgos de la reestructuración del sector tras la desaparición de las cuotas lácteas, la producción de le-

che A2 puede suponer una oportunidad para encontrar un nicho de mercado diferenciado. Ya existen algunos ejemplos a nivel estatal[1]. A medio plazo, disponer de rebaños libres del tipo A1 puede significar estar preparados ante una posible demanda de la industria, no ya para obtener un mayor precio por la venta de leche sino para poder asegurar su recogida y venta. No obstante, hay que tener en cuenta que desde hace tiempo se han descrito asociaciones entre los polimorfismos de la β-caseína y algunos caracteres de interés productivo en algunas poblaciones de vacuno (Lin *et al.*, 1989; Velmala *et al.*, 1995), que en caso de existir afectarían al nivel genético y productivo de las explotaciones que realizaran una conversión a leche A2.

Este trabajo analiza las posibilidades e implicaciones de una selección a favor de la β-caseína tipo A2 para valorar el interés de empezar a trabajar en la selección de vacas A2A2 en el caso concreto de las explotaciones familiares de Guipúzcoa. Concretamente, el objetivo es: 1) estimar frecuencias alélicas y genotípicas; 2) analizar la asociación entre el genotipo de las hembras y su valor genético para caracteres de interés productivo; 3) analizar las implicaciones del uso exclusivo de toros A2A2; y 4) determinar la duración y el coste de la conversión bajo distintas estrategias.

Material y métodos

Material

Se analizaron los datos disponibles de 27 explotaciones de GIFE (Gipuzkoako Frisoi Elkartea/Asociación Frisona de Guipúzcoa) que participan en un programa de evaluación genómica de novillas iniciado en el año 2015 (Frisona Española, 2017). La mayor parte son pequeñas explotaciones familiares con menos de 100 vacas en producción (Tabla 1) y representan aproximadamente una cuarta parte de los socios de GIFE. En el momento en que se tomaron los datos, las 27 explotaciones englobaban 4216 hembras, alrededor del 30% del censo de Guipúzcoa, de las cuales 1868 habían sido genotipadas mediante el chip de baja densidad EuroG10K (Jiménez, 2015a) utilizando el servicio de evaluación genómica de hembras de CONAFE.

Además de marcadores SNP para el cálculo del valor genómico de diversos caracteres, el chip EuroG10K incluye marcadores específicos de enfermedades genéticas, de haplotipos relacionados con la fertilidad, del color de la capa y de proteínas lácteas, entre ellas la β-caseína. Se dispuso así de información del polimorfismo de la β-caseína de las hembras genotipadas, diferenciando entre el grupo de polimorfismos A1 (alelos A1, B, C, D, F y G) y el resto de polimorfismos que no presentan variación en la posición 67 de la cadena de aminoácidos y que se engloban dentro del grupo de polimorfismos A2 de la β-caseína (alelos A2, A3, E, H1, H2 y H3) (Mencarini *et al.*, 2013). También se dispuso de la información del valor genómico predicho de las 1868 hembras genotipadas para los caracteres recogidos en la Tabla 2, y la información genotípica para los genes y haplotipos que se indican en la Tabla 3. Adicionalmente, se empleó la información del catálogo de toros probados y en prueba de Aberekin, centro de inseminación artificial que da servicio a los ganaderos de la zona, aunque en algunos casos estos también se proveen de semen comercializado por otras empresas. Consultado en abril de 2018, el catálogo tenía 17 toros probados A2A2 (16% del total de toros probados) y 33 toros genómicos en prueba A2A2 (44% del total de toros en prueba).

1. p.ej. Granja Armengol V Premio 'CCNIEC/Marc Viader' a la innovación en productos alimenticios.

Tabla 1. Descriptivos básicos de las explotaciones y los animales analizados.
Table 1. Basic descriptives of farms and analysed animals.

Nº de explotaciones según tamaño		
total	27	
con <100 vacas	19	
con 100-200 vacas	6	
con >200 vacas	2	
	Media	Rango
Edad media de las vacas[1] (años)	3,84	2,40 - 4,85
Reposición anual estimada[2] (%)	38	14 - 50
Nº de animales		
total	4216	
terneras	881	
novillas	935	
vacas	2400	
Nº de animales genotipados		
total	1868	
terneras	673	
novillas	713	
vacas	484	
Nº de padres de los animales genotipados	262	
Nº de abuelos maternos de los animales genotipados	402	

[1] Hembras de más de 2 años.

[2] Calculada como la mitad del número de terneras y novillas de recría por cada 100 vacas.

Métodos

Estimación de frecuencias alélicas y análisis de asociación con otros caracteres

Las frecuencias alélicas para los polimorfismos A1 y A2 de la β-caseína se estimaron por conteo a partir de la información genotípica, contrastando mediante prueba χ^2 el equilibrio de Hardy-Weinberg. La estimación sólo se realizó para las hembras, al no tener disponible la información genotípica de todos los machos utilizados.

La asociación estadística entre los polimorfismos A1 y A2 de la β-caseína y los distintos caracteres con valores genómicos predichos (Tabla 2) se analizó mediante análisis de varianza simple, sin tener en cuenta la fiabilidad de los valores predichos dada su escasa variabilidad al tratarse de valores genómicos. La asociación con otros genes y haplotipos (Tabla 3) se analizó mediante prueba χ^2. Los análisis se realizaron utilizando R (R Core Team, v.3.3.2).

Tabla 2. Caracteres con valores genómicos predichos para las hembras analizadas (n = 1868).
Table 2. Traits with predicted genomic values for the analysed females (n = 1868).

Grupo	Carácter	Abreviatura
Productivos	Kilogramos de leche	KL
	Porcentaje de grasa	%G
	Kilogramos de grasa	KG
	Porcentaje de proteína	%P
	Kilogramos de proteína	KP
Funcionales	Recuento de células somáticas	RCS
	Longevidad funcional	LON
	Días abiertos	DA
	Velocidad ordeño	VO
Morfológicos	Estatura	EST
	Anchura de pecho	ANPE
	Profundidad corporal	PC
	Anchura de grupa	ANCG
	Ángulo de grupa	ANGG
	Angulosidad	ANGU
	Vista lateral de patas traseras	VLP
	Vista posterior de patas traseras	VPP
	Ángulo podal	AP
	Miembros y aplomos	MA
	Inserción anterior	IAN
	Altura inserción posterior	AIP
	Ligamento suspensor	LIG
	Profundidad de ubre	PU
	Colocación de pezones anteriores	CPA
	Colocación de pezones posteriores	CPP
	Longitud de pezones anteriores	LPA
	Movilidad	MOV
Sintéticos	Índice de mérito genético total	ICO
	Componente de producción del ICO	ICOp
	Componente morfológico del ICO	ICOt
	Índice de Capacidad	ICAP
	Índice de Patas y Pies	IPP
	Índice Compuesto de Ubre	ICU
	Índice Global de Tipo	IGT

Tabla 3. Información genotípica disponible de genes y haplotipos.
Table 3. Available genotypic information of genes and haplotypes.

Grupo	Gen/Haplotipo	n
Proteínas lácteas	β-Caseína	1868
	αs_1-Caseína	62
	αs_2-Caseína	62
	β-LactoGlobulina	1865
	κ-Caseina	1747
Genes recesivos	DUMPS	1868
	BLAD	1868
	Mulefoot	1868
	CVM	1868
	Brachyspina	706
	Citrulinemia	1868
Haplotipos	HH1	1868
	HH2	1868
	HH3	1868
	HH4	1868
	HH5	1868
	HDC	1868

Análisis de distintas estrategias de conversión a leche A2 e implicaciones del uso de toros A2A2

Se simularon cuatro escenarios de reconversión de rebaños a la producción de leche A2:

Escenario 1:
- utilización exclusiva de toros A2A2

Escenario 2:
- utilización exclusiva de toros A2A2
- utilización de semen sexado

Escenario 3:
- utilización exclusiva de toros A2A2
- utilización de semen sexado
- aumento de la reposición de vacas A1A1

Escenario 4:
- utilización exclusiva de toros A2A2
- utilización de semen sexado
- aumento de la reposición de vacas A1A1
- aumento de la reposición de vacas A1A2

Para cada escenario se consideró un periodo de 15 años a partir de la toma de decisión de la conversión, asumiendo que el proceso de

conversión se alcanzaba cuando el porcentaje de vacas A2A2 era superior al 97%, de forma semejante al trabajo de Gödert *et al.* (2017). La Tabla 4 recoge los cálculos realizados para determinar cada año el número de vacas A2A2 presentes en el rebaño. Se consideraron distintas frecuencias iniciales del polimorfismo A2 en la población (0,55 y 0,35), distintas tasas de reposición media anual involuntaria (25, 38 y 50%), distintas tasas de reposición media anual voluntaria (0 y 37%), una sex-ratio de 0,5 y 1 (para el semen no sexado y sexado, respectivamente), un intervalo entre partos, estimado en las explotaciones, de 420 días y una tasa de descarte del 10% de terneras y novillas durante la recría.

Para valorar el retraso genético que podría suponer el empleo de exclusivamente toros homozigotos A2 durante la conversión de una explotación a leche A2 se compararon las medias de los valores genéticos de los toros A2A2 frente al resto de toros disponibles en el centro de inseminación artificial considerado. El análisis se realizó mediante comparación simple de medias para los toros probados y en prueba por separado, dadas las diferencias en la fiabilidad de sus valores predichos entre ambos grupos.

Finalmente, se aproximó el coste económico de la conversión calculando por separado los costes de genotipado, la compra de semen sexado y la reposición voluntaria (el aumento de la reposición de vacas A1A1 y A1A2), para cada uno de los años del periodo estimado de conversión de cada escenario. Se asumió un coste de genotipado de 30 € por animal, un extracoste de la dosis seminal de semen sexado de 15 € (que asumiendo 2,5 inseminaciones por parto suponía un coste total del uso de semen sexado de 37,5 € por lactación), y un coste de recría de 1.800 € por novilla. El primer año, el coste de genotipado se imputó a todas las vacas presentes en la explotación. Los siguientes años, y hasta alcanzar el mínimo de un 97% de vacas A2A2, el coste sólo se imputó a las terneras nacidas de vacas heterozigotas A1A2. El coste del semen sexado se imputó desde el primer año, y el coste de la reposición voluntaria desde el segundo, momento a partir del cual se dispone de novillas de reposición genotipadas e hijas de toros A2A2.

Resultados y discusión

Frecuencias alélicas y genotípicas

La frecuencia del alelo que codifica la proteína A2 en los animales genotipados es de 0,55 semejante a la estimada en otras poblaciones europeas actuales de Holstein (Massella *et al.*, 2017) y a la estimada hace décadas en las poblaciones de Holstein estadounidenses (van Eenennaam y Medrano, 1991). No obstante, es superior a la estimada en las poblaciones de Holstein canadiense (Ng-Kwai-Hang *et al.*, 1984) y neozelandés (Morris *et al.*, 2005), y en la población española de Holstein-Frisón de la década de los ochenta (Tejedor, 1986), en las que el alelo que codifica la proteína A1 era el más frecuente. Las frecuencias genotípicas estimadas han sido 0,31 para A2A2, 0,48 para A1A2 y 0,21 para A1A1, indicando que la población está en aparente equilibrio de Hardy-Weinberg ($p < 0,05$) para la β-caseína.

Las variaciones de la frecuencia del alelo que codifica la proteína A2 entre las explotaciones analizadas fueron importantes, posiblemente debido únicamente a su pequeño tamaño, oscilando entre 0,35 y 0,67, lo que indica que las explotaciones se encuentran en distinta situación de partida para la conversión a producción de leche A2, con posibles implicaciones en la duración y el coste de la conversión.

Tabla 4. Cálculos para la determinación del porcentaje de vacas A2A2 existente en el rebaño en los distintos escenarios de conversión analizados.

Table 4. Calculations for the determination of existing percentage of A2A2 cows in the herd in different analysed conversion strategies.

	Frecuencia hembras según genotipo (año t)		
	A2A2	A1A2	A1A1
Vacas iniciales (VI)	Año 1: p_0^2	Año 1: $2p_0q_0$	Año 1: q_0^2
	Resto años: $VF_{A2A2(t-1)}$	Resto años: $VF_{A1A2(t-1)}$	Resto años: $VF_{A1A1(t-1)}$
Vacas reposición (VR)	$TRI*VI_{A2A2(t)}$	$(TRI+TRV_{A1A2})*VI_{A1A2(t)}$	$(TRI+TRV_{A1A1})*VI_{A1A1(t)}$
Terneras recría (TRe)	$(VI_{A2A2(t)}+VI_{A1A2(t)}/2)*SR*(365/IP)$	$(VI_{A1A2(t)}/2+VI_{A1A1(t)})*SR*(365/IP)$	0
Novillas reposición disponibles [1] (NRD)	$TRe_{A2A2(t-1)}*\%U$	$TRe_{A1A2(t-1)}*\%U$	0
Novillas reposición empleadas [2] (NRE)	Si $\sum VR_{i(t)} \geq NRD_{A2A2(t)} \rightarrow NRD_{A2A2(t)}$	Si $\sum VR_{i(t)} \geq NRD_{A2A2(t)} \rightarrow \sum VR_{i(t)}\text{-}NRD_{A2A2(t)}$	
	Si $\sum VR_{i(t)} < NRD_{A2A2(t)} \rightarrow \sum VR_{i(t)}$	Si $\sum VR_{i(t)} < NRD_{A2A2(t)} \rightarrow 0$	0
Vacas finales (VF)	$(1\text{-}TRI)*VI_{A2A2(t)}+NRE_{A2A2}$	$(1\text{-}TRI\text{-}TRV_{A1A2})*VI_{A1A2(t)}+NRE_{A1A2}$	$(1\text{-}TRI\text{-}TRV_{A1A1})*VI_{A1A1(t)}$

p_0: frecuencia inicial alelo que codifica para la β-caseína tipo 2; q_0: frecuencia inicial alelo que codifica para la β-caseína tipo 1; TRI: tasa de reposición involuntaria de vacas; TRV: tasa de reposición voluntaria de vacas; SR: proporción de hembras al nacimiento; IP: intervalo entre partos (en días); %U: porcentaje útil de terneras nacidas para la reposición.

[1] El año 1 se empieza a usar semen de toros A2A2 (sexado en su caso) de modo que este es el número disponible a partir del año 2.

[2] $\sum VR_{i(t)}$ es la suma de las vacas de reposición de los tres genotipos: $\sum VR_{i(t)} = TRI*VI_{A2A2(t)}+(TRI+TRV_{A1A2})*VI_{A1A2(t)}+(TRI+TRV_{A1A1})*VI_{A1A1(t)}$

Asociación entre el genotipo para β-caseína y otros caracteres

Como se muestra en la Tabla 5 en las explotaciones analizadas se encontró la existencia de asociación estadística entre el genotipo para β-caseína y el valor genómico para KL, KP, %G e ICOp. Esa asociación indica que la selección de los animales A2A2 aumentaría ligeramente el valor genómico medio para kilogramos de leche y proteína (alrededor de un 9%), pero disminuiría de forma importante (sobre un 70%) el porcentaje de grasa. No obstante, esa disminución no afecta a los valores del ICO, ni tampoco afecta negativamente a los valores de la componente de producción del ICO, dado que el ICO no considera el porcentaje de grasa (incluye KL, KG, KP).

Estos resultados son coincidentes con las asociaciones referidas en otras poblaciones Holstein; el alelo que codifica la proteína A2 se asocia a un aumento de la cantidad de leche y proteína y un menor contenido de grasa, lo que le llevó a ser considerado como un marcador para la selección de cantidad de proteína y leche (Lin *et al*., 1989; Morris *et al.*, 2005; Olenski *et al*., 2010). Sin embargo en otros trabajos, el alelo de la proteína A2 por sí sólo no mostraba relación con la producción de leche y proteína, presentando únicamente relación en combinación con el gen de la κ-caseína (Ojala *et al*., 1996).

Respecto a los caracteres funcionales, la selección de exclusivamente novillas A2A2 no afectaría, de acuerdo a los resultados de la Tabla 6, de forma importante. A lo sumo cabría esperar una muy ligera reducción (≤ 1%), favorable del recuento de células somáticas y desfavorable de la longevidad funcional. Morris *et al.* (2005) encontraron un mayor recuento de células somáticas en el genotipo A1A2 que en el A1A1, aunque el porcentaje de vacas con más de 400.000 células/ml no variaba significativamente. Por su parte, Lin *et al.* (1989) no encontraron relación entre el genotipo para β-caseína y la longevidad de las vacas al analizarla durante los cinco primeros años de vida.

Tabla 5. Valores genómicos medios de los caracteres de producción para los genotipos de β-caseína (n = 1868).
Table 5. Mean genomic values of productions traits for β-casein genotypes (n = 1868).

Carácter[1]	Genotipo			Significación	
	A1A1	A1A2	A2A2		
KL	623,2[a]	630,2[a]	712,2[b]	<0,001	***
%G	0,060[a]	0,040[a]	0,011[b]	<0,001	***
KG	27,8	26,0	26,0	0,173	
%P	0,011	0,006	0,010	0,585	
KP	21,3[a]	21,0[a]	24,0[b]	<0,0001	***
ICO	2711,3	2652,4	2680,4	0,065	
ICOp	626,9[a]	622,3[a]	700,9[b]	<0,0001	***

[1] Ver el significado de las abreviaturas de los caracteres en la Tabla 2.

Distintas letras entre columnas indican diferencias significativas (p < 0,05).

Tabla 6. Valores genómicos medios de los caracteres funcionales para los genotipos de β-caseína (n = 1868).
Table 5. Mean genomic values of functional traits for β-casein genotypes (n = 1868).

Carácter[1]	Genotipo			Significación	
	A1A1	A1A2	A2A2		
RCS	105,0[a]	104,1[ab]	103,7[b]	0,033	*
LON	110,7[a]	109,5[b]	108,2[c]	<0,0001	***
DA	100,4	100,3	99,7	0,331	
VO	31,8	31,8	29,6	0,635	

[1] Ver el significado de las abreviaturas de los caracteres en la Tabla 2.
Distintas letras entre columnas indican diferencias significativas (p < 0,05).

En relación a otras proteínas de la leche, no se encontró relación entre β-caseína y β-lactoglobulina (p > 0,05). Las escasas hembras con información para las caseínas αs_1 y αs_2 eran homozigotas para los alelos B y A respectivamente. Por contra, sí se observó una relación con la κ-caseína (p < 0,05), debida a que los animales A2A2 no presentaban, a diferencia de los animales A1A1, el alelo E de la κ-caseína (Tabla 7). En este sentido, Velmala *et al.* (1995) encontraron en una población de Finnish Ayrshire una frecuencia muy baja del haplotipo A2/E frente al haplotipo A1/E. En cualquier caso, esta asociación no supondría un efecto negativo de la selección de animales A2A2, probablemente ocurriría al contrario por el efecto no deseable del alelo E sobre la fabricación de queso (Hallén *et al*., 2007).

Tabla 7. Frecuencias (%) de los genotipos de β-caseína para cada uno de los genotipos de κ-caseína (n = 1747).
Table 7. Frequencies (%) of β-casein genotypes for different κ-casein genotypes (n = 1747).

κ-caseína	β-caseína		
	A1A1	A1A2	A2A2
AA	6,1	38,8	55,1
AB	11,5	39,7	48,8
AE	28,6	71,4	0
BB	21,8	53,5	24,7
BE	43,1	56,9	0
EE	100	0	0

Tampoco se encontró asociación entre β-caseína y las frecuencias de los genes recesivos de BLAD, CVM, DUMPS, Mulefoot y Citrulinemia, y las de los haplotipos HH1, HH2, HH3, HH4, HH5 ($p > 0,05$). Sólo se encontraron asociaciones significativas ($p < 0,05$) con Brachyspina y el haplotipo HDC. Analizando el genotipo de las hijas de los toros más representados en las hembras genotipadas se observó que la asociación entre β-caseína y Brachyspina podía ser debida al uso de un toro (Etxalde Biarriz), aparentemente portador de Brachyspina y homozigoto A1 para β-caseína; la asociación desaparece ($p = 0,62$) cuando se eliminan sus hijas del análisis de asociación. De forma parecida, la asociación con HDC dejaba de ser significativa ($p = 0,20$) si se eliminaban del análisis las hijas de un toro (Alh Regan Mizuno), portador del alelo que codifica la proteína A2 y que presenta una elevada proporción de hijas portadoras del haplotipo HDC. En la genealogía de Alh Regan Mizuno aparece Goldwyn y por lo tanto podría ser portador de la mutación, causante de la mortalidad temprana de terneros, que apareció en Storm (Jiménez, 2015b). En resumen, no cabe esperar un aumento de la frecuencia de alelos recesivos ni haplotipos desfavorables por selección de hembras A2A2 si se diseñan adecuadamente los apareamientos.

Finalmente, respecto a las características de tipo, se observaron bastantes variaciones entre genotipos de β-caseína (Tabla 8). Para los índices sintéticos de tipo las hembras A2A2 presentaron menores valores para IPP e ICU y consecuentemente para la componente morfológica del ICO (determinada sólo por ambos índices). La diferencia fue más importante para IPP (>10%) que para ICU (<5%) (Tabla 7). Para IPP todos sus componentes (MA, VPP, AP y VLP) fueron significativamente peores para el genotipo A2A2, especialmente para VLP, con patas posteriores más curvas en las hembras de genotipo A2A2 (Tabla 8). También son significativamente menores los componentes del ICU aunque en este caso no para todos dado que no hay diferencias para IAN y CPA, y siendo las diferencias especialmente importantes para LPA, presentando una longitud de pezones anteriores menos adecuada las hembras A2A2 (Tabla 8). Como consecuencia de las diferencias observadas en los caracteres de tipo que definen IPP e ICU, también se observó un ligero menor valor medio para IGT en las hembras A2A2. Finalmente, se puede señalar que las hembras A2A2 presentaron un valor menor para movilidad (pequeño: <8%) y para ángulo de grupa, en este último caso de mayor magnitud (>50%).

Aunque también se han referido diferencias morfológicas para caracteres de patas y ubres en vacuno de leche entre genotipos (Potočnik *et al.*, 2016) se hace difícil interpretar este tipo de asociaciones sin tener en cuenta la morfología preferentemente seleccionadas en cada explotación en función de sus características o gustos del ganadero.

Duración del periodo de reconversión y coste económico

La Figura 1 recoge la evolución del porcentaje de vacas A2A2 en los distintos escenarios encaminados a la obtención de rebaños A2A2 analizados: 1) tasa de reposición habitual – semen sin sexar; 2) tasa de reposición habitual – semen sexado; 3) doble de la tasa de reposición de las vacas A1A1 – semen sexado; 4) doble de la tasa de reposición de las vacas A1A1 y A1A2 – semen sexado. En todos ellos se utilizan exclusivamente dosis de toros A2A2 y se realiza la reposición con novillas A2A2; sólo cuando la disponibilidad de novillas A2A2 es insuficiente se utilizan novillas A1A2 para la reposición. Los resultados corresponden a la tasa de reposición media estimada en las explotaciones analizadas (38% anual), un intervalo entre partos de 420 días, una tasa de descarte durante la recría de ter-

Tabla 8. Valores genómicos medios de los caracteres morfológicos y de los índices sintéticos de tipo para los distintos genotipos de β-caseína (n = 1868).
Table 8. Mean genomic values for morphological traits and composite indexes for β-casein genotypes (n = 1868).

Carácter[1]	Genotipo			Significación	
	A1A1	A1A2	A2A2		
EST	1,093	1,023	1,029	0,254	
ANPE	0,443	0,403	0,393	0,476	
PC	0,330	0,344	0,391	0,327	
ANCG	0,452	0,461	0,532	0,124	
ANGG	0,270^{a}	0,172^{ab}	0,069^{b}	0,002	**
ANGU	0,900	0,892	0,908	0,855	
VLP	0,087^{a}	0,224^{b}	0,343^{c}	<0,0001	***
VPP	0,655^{a}	0,532^{b}	0,454^{b}	<0,0001	***
AP	0,590^{a}	0,485^{b}	0,447^{b}	<0,001	***
MA	1,035^{a}	0,923^{b}	0,847^{c}	<0,0001	***
IAN	1,259	1,227	1,167	0,083	
AIP	1,305^{a}	1,185^{b}	1,073^{c}	<0,0001	***
LIG	1,055^{a}	0,989^{ab}	0,961^{b}	0,020	*
PU	1,323^{a}	1,267^{ab}	1,187^{b}	0,039	*
CPA	0,737	0,762	0,813	0,126	
CPP	0,704	0,680	0,710	0,639	
LPA	-0,033^{a}	-0,148^{a}	-0,281^{b}	<0,001	***
MOV	0,970^{a}	0,860^{b}	0,799^{c}	<0,0001	***
ICOt	599,4^{a}	545,1^{b}	494,5^{c}	<0,0001	***
ICAP	0,579	0,563	0,595	0,671	
IPP	0,874^{a}	0,732^{b}	0,647^{c}	<0,0001	***
ICU	1,50^{a}	1,44^{ab}	1,38^{b}	0,019	*
IGT	1,42^{a}	1,34^{ab}	1,28^{b}	0,004	**

[1] Ver el significado de las abreviaturas de los caracteres en la Tabla 2.
Distintas letras entre columnas indican diferencias significativas (p < 0,05).

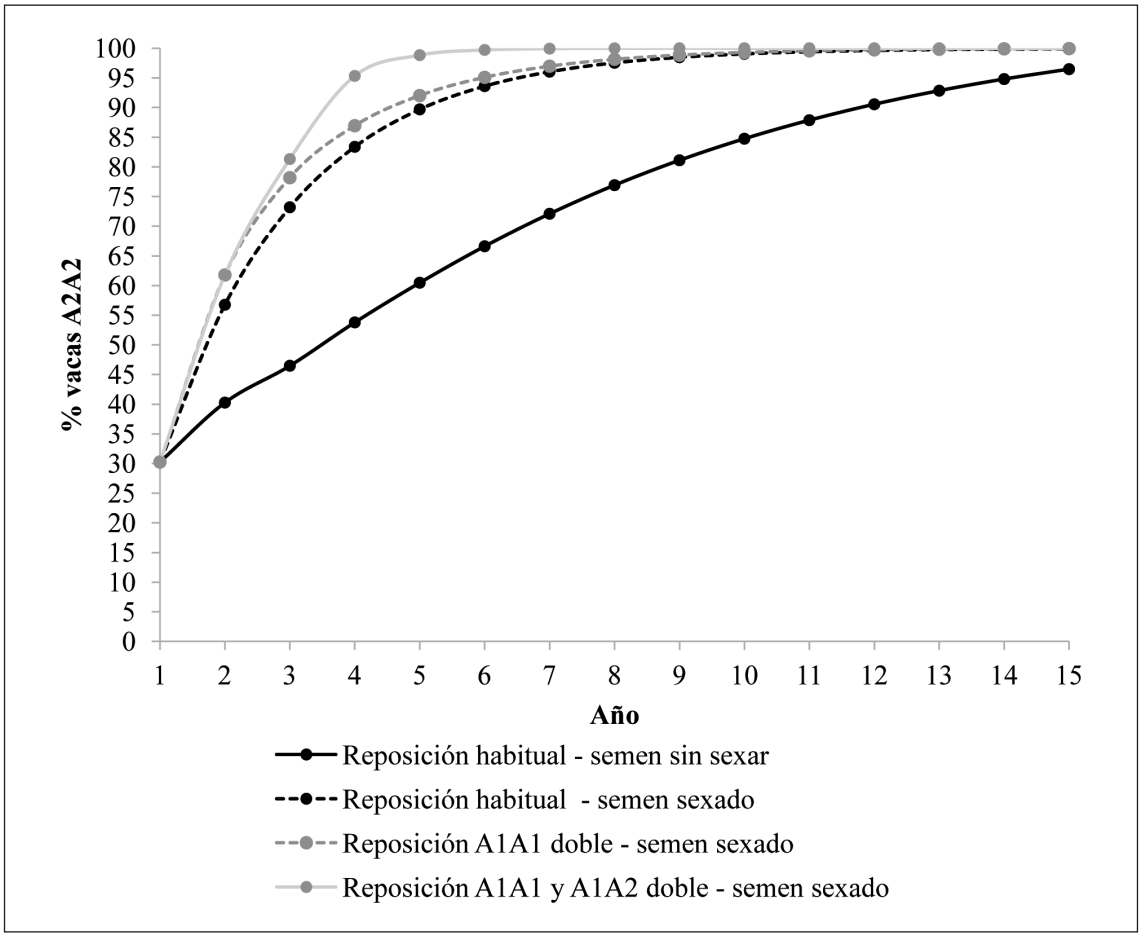


Figura 1. Evolución del porcentaje de vacas A2A2 en los distintos escenarios de conversión a rebaños A2A2 analizados (frecuencia inicial de A2 = 0,55; reposición anual = 38%).
Figure 1. Evolution of A2A2 cows percentages in different conversion strategies in a herd (initial A2 frequency = 0.55; annual replacement rate = 38%).

neras y novillas del 10%, y la frecuencia estimada del alelo que codifica la proteína A2 (0,55). Hay que tener en cuenta que el periodo de conversión arranca en el momento en que se toma la decisión de transformar el rebaño, por lo que las primeras vacas obtenidas con semen A2A2 entrarán en lactación dos años después.

La duración del periodo de conversión viene limitada por el número de vacas que se debe reponer, voluntaria e involuntariamente, y la disponibilidad de novillas A2A2. Se puede observar que utilizando semen sexado y manteniendo la actual tasa de reposición, es decir sin necesidad de aumentar los costes de reposición, se puede alcanzar la reconversión a un rebaño A2A2 en unos 8 años (pues el proceso de conversión se da por finalizado cuando el porcentaje de vacas A2A2 era superior al 97%). Si además del uso de semen

sexado, se dobla la tasa de reposición de las vacas A1A1 y A1A2 la reconversión se podría hacer en unos 5 años. Si no se utilizara semen sexado ni se aumentara la tasa de reposición, el periodo se extendería hasta los 15 años. Aumentar la reposición exclusivamente de las vacas A1A1 no aporta mucho al proceso de conversión, dado que la reposición voluntaria afecta a un escaso número de vacas.

Si se parte de una situación más desfavorable, frecuencia de A2 = 0,35, aunque aumenta la duración del periodo de conversión, la comparación entre escenarios es similar (Figura 2). Incluso con esa menor frecuencia, se podría terminar la conversión en un plazo de 9 años usando semen sexado de toros A2A2 sin necesidad de aumentar la tasa de reposición de las vacas.

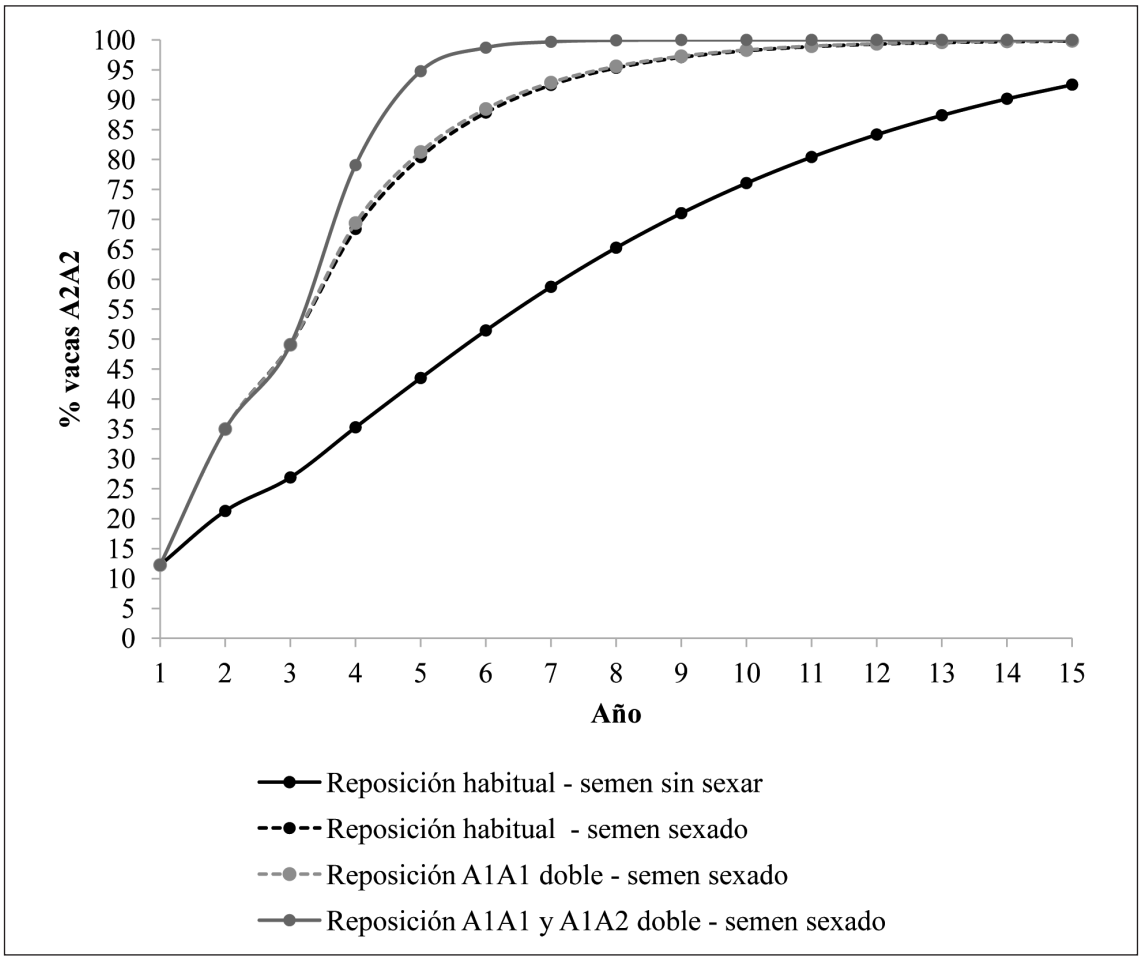


Figura 2. Evolución del porcentaje de vacas A2A2 en los distintos escenarios de conversión a rebaños A2A2 analizados (frecuencia inicial de A2 = 0,35; reposición anual = 38%).
Figure 2. Evolution of A2A2 cows percentages in different conversion strategies in a herd (initial A2 frequency = 0.35; annual replacement rate = 38%).

La Figura 3 recoge la evolución de la población bajo distintas tasas de reposición involuntaria de las vacas, cuando se parte de una situación en la que se utiliza semen sexado. Como cabía esperar aquellas explotaciones que se encuentran por debajo de la tasa media de reposición de las explotaciones analizadas (38%) van a precisar más años para la conversión a leche A2. Sin embargo, la conversión no se alcanzará mucho más rápidamente en las explotaciones que realizan una reposición más elevada (50%, Figura 3), dado que un alto porcentaje de reposición implica que inicialmente no haya suficientes novillas A2A2 para hacer toda la reposición, lo que obliga a utilizar novillas A1A2.

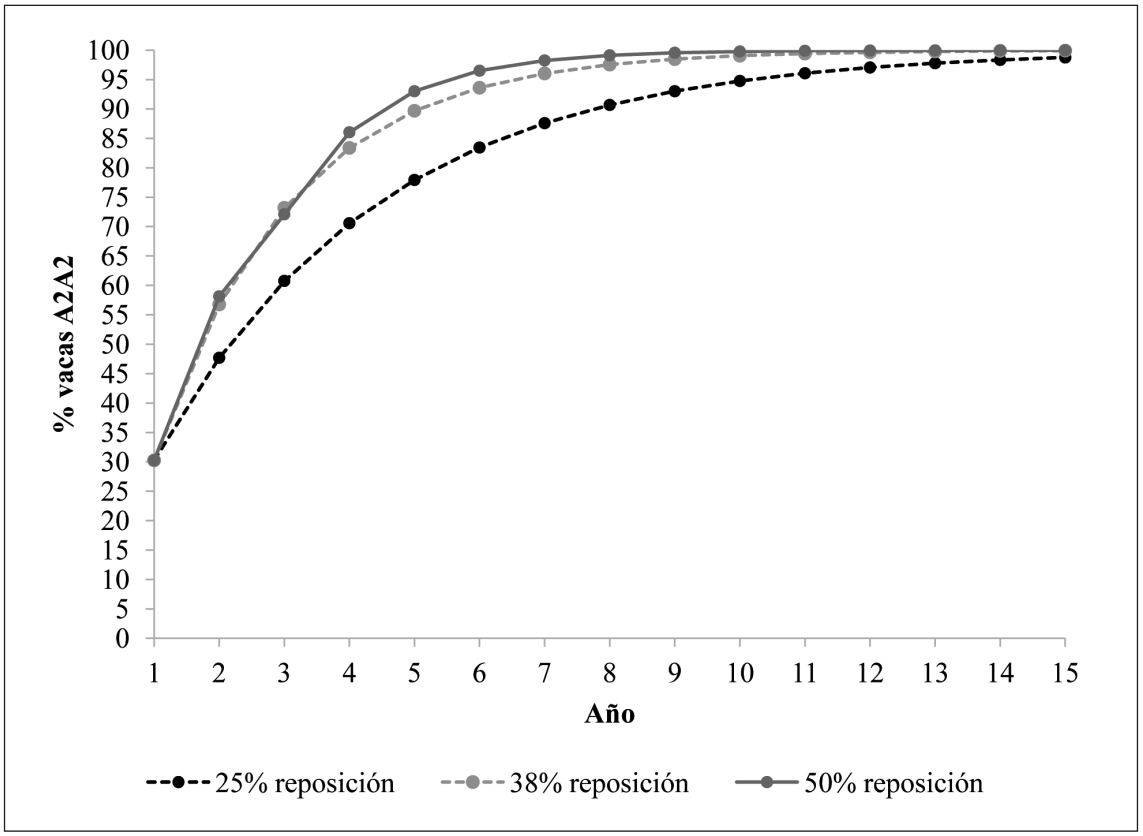


Figura 3. Evolución del porcentaje de vacas A2A2 bajo distintas tasas de reposición involuntaria de vacas (frecuencia inicial de A2 = 0,55; empleo de semen sexado).
Figure 3. Evolution of A2A2 cows percentages under different involuntary replacement rates of cows (initial A2 frequency = 0.55; use of sexed semen).

Estos resultados son semejantes a los obtenidos en los trabajos de Mencarini *et al.* (2013) y Gödert *et al.* (2017). Los escenarios simulados y los valores de los parámetros tenidos en cuenta varían respecto a los considerados en este trabajo, variando los resultados alcanzados, pero llegando a conclusiones similares: la mejor estrategia para hacer una rápida conversión es el uso de semen sexado, y solo si se tiene la posibilidad de recibir inmediatamente un pago extra por la leche A2 parece razonable aumentar la tasa voluntaria de reposición.

Como la conversión a leche A2 implica la utilización exclusiva de toros homozigotos A2, se puede pensar en un posible retraso genético respecto al uso del conjunto de toros disponibles. Sin embargo, los resultados recogidos en la Tabla 9 no indican que se vaya a producir retraso genético en ninguno de los caracteres con valoración genética analizados, puesto que no parece haber diferencias desfavorables entre los toros homozigotos A2 y el resto. Los toros en prueba A2A2 presentan un mayor valor genómico para kilogramos de leche y proteína que el resto de toros, coincidiendo con lo observado en novillas (Tabla 5), aunque de forma no esperada también presentan mayor valor genómico para kilogramos de grasa, sin presentar diferencias significativas en porcentaje de grasa.

Pese a que no cabe esperar que el uso exclusivo de toros A2A2 afecte directamente al valor genético medio de las explotaciones, habrá que tener en cuenta que el número efectivo de toros se reduce de forma significativa (un 60%), lo que unido a las posibles asociaciones con genes o haplotipos deletéreos (como la encontrada en este trabajo con HDC) obligará a tener especialmente en cuenta el parentesco entre animales en el diseño de apareamientos. Además, si la conversión se produjera en un número importante de explotaciones en control lechero oficial, también se debería tener en cuenta que a nivel de programa de mejora la presión de selección sobre los machos disminuirá, afectando negativamente a su progreso genético.

Por último, la Tabla 10 recoge el coste del proceso de conversión a leche A2 para las cuatro estrategias analizadas y dos frecuencias iniciales para el alelo que codifica la proteína A2. La estrategia más económica es hacer una reposición preferente con novillas A2A2 sin realizar ningún cambio en el manejo actual de las explotaciones, pero el largo periodo de conversión le hace perder interés, y para alcanzar la conversión en un periodo razonable hay que pensar en la utilización de semen sexado. Utilizando semen sexado, aumentar voluntariamente la tasa de reposición de las vacas A1A1 encarece mucho la conversión sin presentar muchas ventajas en el tiempo empleado en ella. El tiempo sí que se acorta relevantemente cuando también se aumenta voluntariamente la reposición de las vacas A1A2, pero el aumento en los costes obliga a desconsiderar esta estrategia a no ser que los tres años que permite acortar el periodo de conversión sean especialmente importantes por la inminencia de cambios en el mercado de la leche. En conclusión, parece que la estrategia más razonable de conversión a rebaños A2A2 a corto plazo ante la posibilidad de que aparezcan nuevas demandas de mercado, es la utilización de semen sexado de toros homozigotos A2 manteniendo su tasa de reposición.

No obstante, el interés de la utilización de semen sexado viene determinado por la tasa de reposición involuntaria de los rebaños. Como ya se ha indicado el proceso de conversión viene limitado por la relación entre el número de vacas a reponer anualmente y la disponibilidad de novillas A2A2. Para tasas de reposición involuntaria del 50% se hace obligatorio el uso de semen sexado, pues de lo contrario no hay suficiente disponibilidad de novillas A2A2 para hacer la reposición anual (Tabla 11). Por contra, para tasas de reposi-

Tabla 9. Valores genómicos medios de toros probados y genómicos disponibles para el genotipo A2A2 y el resto de genotipos para β-caseína.
Table 9. Mean genomic values of proven and genomic bulls available for the A2A2 and the other genotypes for β-casein.

Toros	Carácter[1]	Genotipo		Significación	
		A2A2	A1A2 y A1A1		
Probados		*(n = 17)*	*(n = 73)*		
	KL	683,94	860,60	0,155	
	%G	-0,019	-0,079	0,228	
	KG	22,29	22,07	0,967	
	%P	0,004	-0,032	0,161	
	KP	22,65	24,40	0,639	
	ICO	2571,06	2684,99	0,357	
	RCS	102,94	103,75	0,692	
	LON	107,41	105,95	0,519	
	ICAP	0,66	0,58	0,717	
	IPP	0,59	0,72	0,502	
	ICU	1,20	1,23	0,873	
	IGT	1,17	1,21	0,781	
Genómicos		*(n = 33)*	*(n = 42)*		
	KL	1356,33	1110,52	0,030	*
	%G	0,067	0,059	0,873	
	KG	55,45	45,43	0,019	*
	%P	0,046	0,036	0,593	
	KP	48,67	39,48	0,003	**
	ICO	3959,82	3638,12	0,002	**
	RCS	114,24	112,74	0,444	
	LON	123,18	120,12	0,065	
	ICAP	0,92	0,86	0,697	
	IPP	1,22	1,19	0,823	
	ICU	2,19	2,12	0,535	
	IGT	2,09	1,98	0,408	

[1] Ver el significado de las abreviaturas de los caracteres en la Tabla 2.

Tabla 10. Costes aproximados del proceso de conversión para las cuatro estrategias analizadas, asumiendo distintas frecuencias alélicas iniciales y una tasa de reposición involuntaria del 38%.
Table 10. Estimate conversion costs for the four analysed strategies, assuming different initial allele frequencies and a 38% involuntary replacement rate.

	Frecuencia inicial A2	Duración (años)	Frecuencia final A2	Coste (€/plaza[1])			
				Genotipado	Semen	Reposición	Total
Tasa de reposición habitual	0,55	15	0,98	116	0	0	116
– semen sin sexar	0,35	18	0,99	147	0	0	147
Tasa de reposición habitual	0,55	8	0,98	60	260	0	320
– semen sexado	0,35	9	0,98	70	293	0	363
Doble tasa de reposición vacas	0,55	7	0,98	60	228	180	468
A1A1 – semen sexado	0,35	9	0,99	82	293	375	750
Doble tasa de reposición vacas	0,55	5	0,99	55	163	875	1092
A1A1 y A1A2 – semen sexado	0,35	6	0,99	71	196	1531	1797

[1] Por plaza de vaca en producción; se asume un coste de genotipado de 30 €/animal, un extracoste de 15 €/dosis semen sexado, y un coste de 1800 €/novilla reposición.

Tabla 11. Costes aproximados del proceso de conversión asumiendo distinto porcentaje de reposición involuntaria, ninguna tasa de reposición voluntaria sobre vacas A1A2 y A1A1, y una frecuencia alélica inicial de 0,55.
Table 11. Estimate conversion costs assuming different involuntary replacement percentages, no voluntary replacement rate on A1A2 and A1A1 cows, and an initial allele frequency of 0.55.

% reposición	Uso semen sexado	Duración conversión (años)	Coste litro[1] (cts. €)			Coste explotación 150 vacas (€)	
			Genotipado	Semen	Total	Año[2]	Total
0,25	Sí	12	0,74	3,91	4,66	5.820	69.840
	No	12	0,81	0	0,81	1.008	12.096
0,38	Sí	8	0,60	2,60	3,20	6.004	48.032
	No	15	1,16	0	1,16	1.164	17.460
0,50	Sí	7	0,59	2,28	2,87	6.155	43.085
	No[3]	–	–	–	–	–	–

[1] Se asume un coste de genotipado de 30 €/animal, un extracoste de 15 €/dosis semen sexado y una producción de 10.000 l/vaca/año. Todos los costes se imputan el primer año de la conversión.

[2] Para cada año durante el periodo de conversión para una explotación de 150 vacas en producción.

[3] No se puede realizar la conversión porque no se llega a cubrir la reposición con novillas A2A2.

ción inferiores, del 25%, no se justifica la utilización de semen sexado pues aumenta los costes de la explotación innecesariamente dado que la reposición con novillas A2A2 se puede cubrir, partiendo de una frecuencia de 0,55 del alelo A2, sin su utilización (Tabla 11).

Con el coste actual de las dosis de semen sexado, el coste estimado de la conversión es muy elevado, sobre 3-4 céntimos de euro más por litro de leche, y no se justifica si todavía no existe un pago adicional de la leche A2 y lo único que se persigue con la conversión es posicionarse adecuadamente para una posible demanda de mercado. Gödert *et al.* (2017) llegan a resultados semejantes, con costes también muy elevados utilizando semen sexado, que les llevan a concluir que, sin un aumento asegurado de los ingresos, la selección a favor del genotipo A2A2 debería supeditarse a otros objetivos de mejora en la mayoría de las explotaciones alemanas.

Hay que indicar que la evaluación económica realizada es simplemente orientativa del coste máximo que podría suponer la conversión a una explotación tipo que en la actualidad no realiza evaluación genómica de novillas ni utiliza semen sexado, y debería de ajustarse a la realidad de cada explotación antes de valorar su interés particular de la conversión a leche A2. De hecho, en las explotaciones analizadas el genotipado se viene realizando por razones ajenas al genotipo para β-caseína como son las ventajas de la selección genómica en novillas, la confirmación de paternidades y el diseño de apareamientos, por lo que el coste de genotipado no debería de imputarse. Del mismo modo, algunas explotaciones ya utilizan parcialmente semen sexado para responder a sus necesidades de reposición, por lo que en este caso tampoco se debería imputar el sobrecoste del sexado de semen. Además, tampoco es necesario utilizar siempre semen sexado en todas las vacas, y es de esperar el extracoste sobre el semen no sexado disminuya los próximos años.

Finalizando, no está claro que a corto plazo vaya a surgir una demanda real por parte de los consumidores españoles de leche A2, sino más bien cabe pensar que a los consumidores les van a surgir ofertas de leche A2 por parte de algunos productores en busca de un desacoplamiento de los precios del mercado de la leche. A medio plazo, aquellas ganaderías mejor posicionadas para realizar el proceso de conversión a leche A2 serían las que además de presentar una mayor frecuencia del alelo que codifica para la β-caseína tipo A2, presentaran una menor tasa de reposición involuntaria de los animales, lo cual les permitiría reducir los costes asociados al uso de semen sexado que en determinadas situaciones es necesario para alcanzar la conversión de un rebaño a la producción de leche A2 en un periodo razonable.

Conclusiones

El grupo de polimorfismos que codifica la β-caseína tipo A2 es predominante en las explotaciones analizadas sobre el grupo que codifica la β-caseína tipo A1. No existen importantes asociaciones desfavorables entre el alelo que codifica la β-caseína tipo A2 y el valor genético para caracteres productivos, funcionales y morfológicos, por lo que no cabría esperar una disminución importante del nivel genético de las explotaciones si se optara por convertir los rebaños a la producción de leche A2.

La conversión de los rebaños a producción de leche A2 basada en la utilización exclusiva de machos de genotipo A2A2 no tiene por qué producir un retraso genético en las explotaciones analizadas, dado que su nivel genético no se ha encontrado que sea inferior al de los toros de los otros genotipos en el caso del centro de inseminación artificial analizado. No obstante, se reduce significativamente el número de toros disponibles, por lo que ha-

bría que tener especialmente en cuenta su información sobre genes recesivos y parentesco en el diseño de apareamientos, así como la implicación sobre el progreso genético si las explotaciones están integradas en un programa de mejora genética.

Además de la frecuencia inicial de los polimorfismos que codifican la β-caseína tipo A2, la tasa de reposición involuntaria de los rebaños condiciona de forma importante la duración y el coste del proceso de conversión a leche A2. El uso de semen sexado permite acortar la duración de la conversión, especialmente cuando la tasa de reposición involuntaria es elevada, pero atendiendo a los costes actuales del semen sexado la encarece de forma importante, por lo que su empleo sistemático únicamente parece recomendable si existe la posibilidad inmediata de recibir un pago extra por la leche A2. En este contexto, las explotaciones con una mayor tasa de reposición estarán mejor posicionadas.

Si la conversión a la producción de leche A2 no responde a una necesidad inmediata de desacoplarse de los precios de mercado, pero sí estar preparados a medio plazo ante una posible demanda de la industria asegurando la recogida y venta de la leche producida, el único cambio razonable a introducir en las explotaciones es la utilización de toros A2A2. Ni el uso de semen sexado, ni aumentar voluntariamente la reposición se justifica desde el punto de vista económico. En este contexto, al contrario que en el anterior, las explotaciones mejor posicionadas serán aquellas con menor tasa de reposición de vacas.

No ha sido objeto de este trabajo abordar las implicaciones de la leche A2 sobre la salud humana ni las dificultades que puede presentar su comercialización, pero una vez analizadas las posibilidades e implicaciones de la conversión de las explotaciones a la producción exclusiva de ese tipo de leche ambos aspectos deberían ser analizados con mayor profundidad.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte de la colaboración de los autores con la Asociación GIFE (Gipuzkoako Frisoi Elkartea) para la gestión de los resultados de genotipado de novillas.

Referencias bibliográficas

Asledottir T, Le TT, Petrat-Melin B, Devold TG, Larsen LB, Vegarud GE (2017). Identification of bioactive peptides and quantification of β-casomorphin-7 from bovine β-casein A1, A2 and I after ex vivo gastrointestinal digestion. International Dairy Journal 71: 98-106.

Babidge, G (2017). CEO's Report. In: The a2 Milk Company Ltd. Annual Report 2016-2017.

Brooke-Taylor S, Dwyer K, Woodford K, Kost N (2017) Systematic review of the gastrointestinal effects of A1 compared with A2 β-Casein. Advances in Nutrition 8: 739-748.

Frisona Española (2017). Proyecto genómico en Gipúzcoa. Frisona Española 218: 40-46.

Gödert M, Brandt H, Erhardt G (2017). Background of beta-Casein A2 in bovine milk – strategies and limitations by breeding and the dairy industry with regard to a possible new demand (en alemán). Züchtungskunde 89 (6) S: 451-474.

Hallén E, Allmere T, Näslund J, Andrén A, Lundén A (2007). Effect of genetic polymorphism of milk proteins on rheology of chymosin-induced milk gels. International Dairy Journal 17: 791-799.

He M, Jianqin S, Jiang ZQ, Yang YX (2017). Effects of cow's milk beta-casein variants on symptoms of milk intolerance in Chinese adults: a multicentre, randomised controlled study. Nutrition Journal 16:72.

Ho S, Woodford K, Kukuljan S, Pal S (2014). Comparative effects of A1 *versus* A2 beta-casein on gastrointestinal measures: a blinded randomised cross-over pilot study. European Journal of Clinical Nutrition 68: 994-1000.

Jianqin S, Leiming X, Lu X, Yelland GW, Ni J, Clarke AJ (2016). Effects of milk containing only A2

beta casein *versus* milk containing both A1 and A2 beta casein proteins on gastrointestinal physiology, symptoms of discomfort, and cognitive behavior of people with self-reported intolerance to traditional cows' milk. Nutrition Journal, 15: 35.

Jiménez JA (2015a). Nuevo chip de baja densidad: información adicional al valor genómico. Frisona Española 207: 56-57.

Jiménez JA (2015b). La genómica ayuda a detectar problemas y a evitarlos. Frisona Española 208: 42-43.

Kamiński S, Cieślińska S, Kostyra E (2007). Polymorphism of bovine beta-casein and its potential effect on human health. Journal of Applied Genetics 48(3): 189-198.

Lin CY, McAllister AJ, Ng-Kwai-Hang KF, Hayes JF, Batra TR, Lee AJ, Roy GL, Vesely JA, Wauthy JM, Winter KA (1989). Relationships of Milk Protein Types to Lifetime Performance. Journal of Dairy Science 72: 3085-3090.

Massella E, Piva S, Giacometti F, Liuzzo G, Zambrini AV, Serraino A (2017). Evaluation of bovine beta casein polymorphism in two dairy farms located in northern Italy. Italian Journal of Food Safety 6(3): 6904.

Mencarini IR, Woodford KB, Old KM (2013). Comparing herd selection strategies for A2 beta-casein. Proceedings of the New Zaeland Society of Animal Production Vol 73: 149-154.

Morris CA, Hickey SM, Cullen NG, Prosser CG, Anderson RM, Tate ML (2005). Associations between β casein genotype and milk yield and composition in grazing dairy cows. New Zealand Journal of Agricultural Research 48(4): 441-450.

Ng-Kwai-Hang KF, Hayes JF, Moxley JE, Monardes HG (1984). Association of genetic variants of casein and milk serum proteins with milk, fat and protein production by dairy cattle. Journal of Dairy Science 67: 835-840.

Ojala M, Famula TR, Medrano JF (1996). Effects of milk protein genotypes on the variation for milk production traits of Holstein and Jersey cows in California. Journal of Dairy Science 80(8): 1776-1785.

Olenski K, Kamiński S, Szyda J, Cieslinska A (2010). Polymorphism of the beta-casein gene and its associations with breeding value for production traits of Holstein-Friesian bulls. Livestock Science 131: 137-140.

Potočnik K, Luštrek B, Kaić A (2016). Does the selection on ss-casein affect the traits important for dairy production of slovenian brown swiss cattle? Acta agriculturae Slovenica, Supplement 5: 89-93.

Tejedor MT (1986). Polimorfismo genético de las proteínas lácteas en ganado vacuno lechero. Estudio de las asociaciones haplotípicas y su relación con la respuesta a la selección. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza.

Truswell AS (2005). The A2 milk case: a critical review. European Journal of Clinical Nutrition 59: 623-631.

Van Eenennaam AL, Medrano JF (1991) Milk protein polymorphisms in California dairy cattle. Journal of Dairy Science 74: 1730-1742.

Velmala R, Vilkki J, Elo K, Mäki-Tanila A (1995). Casein haplotypes and their association with milk production traits in the Finnish Ayrshire cattle. Animal Genetics 26: 419-425.

(Aceptado para publicación el 2 de enero de 2019)

Comportamiento de los consumidores españoles y los factores determinantes de su disposición a pagar por el aceite de oliva ecológico

A. Yangui[1,*], J.M. Gil[2] y M. Costa-Font[3]

[1] Institut National de Recherche Agronomique de Tunis (INRAT). Rue Hédi Karray, 2049, Ariana, Tunis
[2] Centro de Investigación en Economía y Desarrollo Agroalimentario (CREDA-UPC-IRTA). Parc mediterrani de la tecnología Edifici ESAB, C/ Esteve Terrades, nº 8, 08860 Castelldefels, Barcelona, España
[3] Scotland's Rural College (SRUC), Land Economy, Environment & Society, King's Buildings, West Mains Road, Edinburgh EH9 3JG, UK

Resumen

Al igual que el resto de alimentos ecológicos, la demanda de aceite de oliva ecológico crece a un ritmo lento y continúa teniendo un carácter emergente en España. Ante esta situación, se considera importante analizar las preferencias, percepciones y valoraciones de los consumidores acerca del aceite de oliva virgen extra ecológico. Mediante un experimento de elección y la estimación de un modelo de clases latentes (LC) se evalúa la disposición a pagar de los consumidores catalanes hacia este producto. Se observa que los consumidores perciben negativamente el atributo ecológico debido principalmente a la falta de conocimiento, seguido por el alto precio y la falta de disponibilidad. También, el atributo más valorado por los consumidores catalanes es el origen catalán del aceite, estrechamente relacionado con la denominación de origen. Finalmente, cuando las posibilidades de elección que se ofrecen a los consumidores reflejan más fielmente el problema de decisión al que se enfrentan, el atributo ecológico pierde importancia relativa frente al origen local y a la certificación de origen.

Palabras clave: Experimento de elección, comportamiento del consumidor, disposición a pagar, ecológico, denominación de origen protegida, Cataluña.

Spanish consumers' behaviour and the determining factors of their willingness to pay for organic olive oil

Abstract

Like the rest of organic foods, the demand for organic olive oil has been growing at a slow pace and it is very emerging in Spain. In this situation, it is important to analyse the preferences, perceptions and consumers' valuation towards organic extra virgin olive oil. A choice experiment is used to investigate Catalan consumers' behaviour and to elicit their willingness to pay a premium for organic olive oil. A latent class model (LC) has been estimated and the results indicate that consumers perceive negatively the organic attribute due mainly to the lack of knowledge followed by the high price and lack of availability of the product. Also, the attribute most valued by Catalan consumers is the Catalan origin of the olive

* Autor para correspondencia: yangui.ahmed@gmail.com

Cita del artículo: Yangui A, Gil JM, Costa-Font M (2019). Comportamiento de los consumidores españoles y los factores determinantes de sus disposiciones a pagar hacia el aceite de oliva ecológico. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 115(3): 252-269. https://doi.org/10.12706/itea.2019.014

oil, closely related to the attribute "protected designation of origin". Finally, when the choice possibilities offered to consumers reflect truthfully the decision problem that they confront, the organic attribute loses relative importance face to local origin and origin certification.

Keywords: Choice experiment, consumer behaviour, willingness to pay, organic, protected designation of origin, Catalonia.

Introducción

Las preocupaciones relativas a las externalidades negativas derivadas de la agricultura convencional sobre la salud humana y animal, así como sobre el medioambiente han ido creciendo en los últimos años. Ello ha aumentado el interés de la población hacia las prácticas agrícolas alternativas tales como la Agricultura Ecológica (Tsakiridou *et al.*, 2006). La Agricultura Ecológica sustituye los factores de producción químicos por la gestión del ecosistema. Los inputs sintéticos tales como fertilizantes o pesticidas, los fármacos veterinarios, o las semillas genéticamente modificadas se reemplazan por técnicas de gestión que utilizan, siempre que sea posible, métodos agronómicos, biológicos, y mecánicos adaptados a las condiciones y necesidades locales (IFOAM, 2009).

Las preocupaciones sociales sobre las externalidades de la agricultura convencional han evidenciado la necesidad de integrar consideraciones medioambientales en el diseño de las políticas de la Unión Europea (UE), entre las cuales la Política agrícola Común (PAC) no ha sido una excepción. Sin embargo, es a partir de mediados de 1990 cuando la Agricultura Ecológica experimentó el mayor crecimiento tanto en Europa como en España. La Agricultura Ecológica en España, ha pasado de apenas 4000 hectáreas cuando entró en vigor el primer reglamento comunitario sobre producción ecológica (CE, 1991), a 2 millones de hectáreas en 2016, según el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). Sin embargo, en relación con la demanda de productos ecológicos, podemos decir que España se considera como un país todavía emergente. El consumo de alimentos ecológicos, apenas sí supone un 1,5% del presupuesto familiar en alimentación, muy alejado de porcentajes entre el 5 y el 10% que existen en la mayor parte de los países del norte de Europa (Michelsen *et al.*, 1999; MAPA, 2015).

Teniendo en cuenta los umbrales de consumo existentes en la UE que acabamos de mencionar, el potencial desarrollo de la Agricultura Ecológica en España es todavía muy grande. Sin embargo, para alcanzar dicho potencial es necesario un conocimiento más profundo de los factores determinantes de la demanda de alimentos ecológicos, que es precisamente el objetivo de este trabajo.

La preocupación por el medio ambiente y su protección han puesto de manifiesto en los últimos años la relevancia de los factores ambientales en la salud humana y en la calidad de vida de los ciudadanos (Casado, 2008). Chalak *et al.* (2008) comentaron que los consumidores están preocupados por la utilización de pesticidas y abonos químicos que no son totalmente absorbidos por la tierra, así como por los niveles de stress y tipo de alimentación de los animales que han de ser engordados rápidamente para el sacrificio y por la pérdida de la biodiversidad, entre otras cosas. Por otro lado, Krystallis y Chryssohoidis (2005), analizando el consumo de productos ecológicos, concluyeron que el deterioro progresivo en la calidad objetiva y subjetiva de los alimentos (peor sabor, color artificial, utilización de conservantes y saborizantes artificiales, etc.), está motivando

nuevas corrientes de opinión basadas en una alimentación más sana, equilibrada y natural. Previamente, Gracia y Albisu (1999) observaron que la creciente tendencia en la elaboración de productos transformados, con mayor valor para el consumidor en términos de ahorro de tiempo en la cocina (platos preparados, precocinados, alimentos listos para consumir, etc.), está originando consumidores mucho más sensibilizados con su salud. Estas razones, juntamente con las recientes crisis alimenticias (enfermedad de las vacas locas (BSE)), la preocupación creciente por la difusión de los cultivos transgénicos, etc.), han derivado a un cambio de comportamiento de muchos consumidores preocupados por las implicaciones que tiene una alimentación poco respetuosa con el medio ambiente (Verbeke, 2001).

En general, el cambio hacia un comportamiento ecológico se produce lentamente. La velocidad de dicho proceso se encuentra influenciada tanto por factores internos (perfil socio-demográfico y psicológico del consumidor, etc.), como por factores externos (influencias sociales y del entorno político, económico y legal, estímulos de marketing y factores situacionales, etc.) (Aguirre-García, 2003).

Respecto a este último punto, Blackwell *et al.* (2002) destacaron la influencia del conocimiento que el consumidor tiene hacia un producto sobre su intención final de compra. Al mismo tiempo, Blackwell *et al.* (2002) comentaron que el conocimiento de un producto no sólo implica el saber de su existencia, sino también el conocer sus características, atributos, etc. Respecto a este enfoque, y relacionándolo con la Agricultura Ecológica, esta puede asociarse a atributos como la protección del medio ambiente (Tarkiainen y Sundqvist, 2005), la naturaleza (Lea y Worsley, 2005) o la exposición mínima de los seres humanos a los productos químicos (Tsakiridou *et al.,* 2008). Además, Chen (2007) comprobó que los consumidores definían a los productos ecológicos con atributos como saludables, nutritivos y con mejor sabor que los convencionales. Asimismo, Blackwell *et al.* (2002) comentaron que, sin embargo, era importante relacionar el conocimiento con el entorno de compra, el lugar de compra y, especialmente, con la valoración económica, aspecto relacionado generalmente con el precio del producto (ofertas) y su disponibilidad. En este sentido, la mayor parte de la literatura ha llegado a la conclusión de que el consumidor considera que el precio de los alimentos ecológicos es muy elevado respecto al precio de los convencionales, lo que determina que sea una barrera para la compra de este tipo de producto (Krystallis *et al.,* 2006). Asimismo, la literatura aporta evidencias de que otra de las barreras a la difusión del consumo de alimentos ecológicos se centra en su dificultad de encontrarlos en los lugares de venta a los que los consumidores acuden a realizar sus compras habituales (Hill y Lynchehaun, 2002).

A la hora de analizar la influencia del conocimiento sobre las actitudes de los consumidores y su intención de compra, es necesario mencionar que dicho conocimiento (normalmente subjetivo) viene determinado por dos factores: las fuentes de información y la confianza en dichas fuentes. Las fuentes de información pueden ser muy diversas. Krystallis *et al.* (2006), por ejemplo, en el caso de los consumidores griegos, destacaron la importancia y la confianza en las informaciones procedentes de los miembros de la familia, amigos y entorno de trabajo; en general, del entorno social. En sentido contrario, Lobb *et al.* (2007) argumentaron la desconfianza de los consumidores en las informaciones proporcionadas por los medios de comunicación y las autoridades públicas. Finalmente, entre otros autores, Blackwell *et al.* (2002) determinaron que una de las fuentes fundamentales, seguras y de alta confianza de conocimiento del consumidor provenía de su propia experiencia y de sus creencias acerca de un determinado producto.

En este sentido, Lea y Worsly (2005) determinaron que las percepciones en relación a los alimentos ecológicos se basaban en la creencia que tenían los consumidores acerca de la naturalidad de los alimentos y su mejor sabor respecto a los convencionales. En la misma línea, Harper y Makatouni (2002) argumentaron que los principales motivos para la compra de los alimentos ecológicos son la salud y la seguridad alimentaria, y que también el bienestar de los animales tenía importancia considerable. Por ello, Schiffman y Kanuk (2005) comentaron que es fundamental comprender la noción integral de la percepción para determinar los factores que influyen en los consumidores cuando estos realizan sus compras. Así, se puede apreciar que la percepción del consumo del bien no sólo se limita a los beneficios que proporcionan la utilización o consumo de un bien, sino también al coste o sacrificio en que incurre el consumidor al adquirirlo; de manera que la evaluación de una alternativa es el resultado de un intercambio subjetivo entre los beneficios obtenidos y su coste. Finalmente, y relacionado con la seguridad alimentaria, la creciente percepción de riesgo asociada a los recientes escándalos alimentarios (BSE, dioxinas, fiebre aftosa, etc.) ha causado ansiedad generalizada entre los consumidores sobre la calidad y la seguridad de los alimentos que consumen (Chen, 2007), lo que ha constituido una oportunidad para el consumo ecológico.

Por lo tanto, este trabajo adopta una doble perspectiva. Centrándose en el aceite de oliva, como caso específico, el objetivo de este estudio se centra en analizar los factores determinantes del consumo de aceite de oliva ecológico en Cataluña así como la disposición a pagar (DAP) un sobreprecio por dicho producto. Asimismo, se pretende comparar la importancia del atributo "ecológico" con otros atributos que el consumidor tiene en cuenta a la hora de adquirir aceite de oliva.

Soler *et al.* (2002), Krystallis *et al.* (2006), Angulo y Gil (2007) y Panico *et al.* (2014), entre otros, proporcionan ejemplos de estudios sobre alimentos ecológicos en los que la estimación de la DAP se ha calculado para diferentes segmentos de mercado. Sin embargo, son numerosos los factores que pueden influir en la relación demanda/DAP, entre los que se pueden destacar el tipo de producto, la calidad relativa de los productos, el volumen a consumir, el contexto social en el que el producto se utiliza (diario/fin de semana), el contexto social en el que la compra se lleva a cabo, así como los recursos económicos del comprador. Krystallis *et al.* (2006), Del Guidice *et al.* (2015), Lee y Hwang (2016) y Del Guidice *et al.* (2018) comentaron que la certificación, juntamente con otros elementos relacionados con la seguridad alimentaria, era un elemento clave en la determinación de la DAP para los alimentos ecológicos por parte de los consumidores griegos. Finalmente, podría destacarse el efecto de las variables socio-demográficas. En concreto, las que más influyen son el nivel de educación y los ingresos (Angulo y Gil, 2007; Yangui *et al.,* 2014). En la misma línea, Kyriakopoulos y Dijik (1998) destacaron el papel de la renta de los consumidores a la hora de estar dispuestos a pagar más por un aceite de oliva ecológico.

Material y métodos

Los Experimentos de Elección (EE) consisten en simular una situación de compra mediante la presentación de varios productos (alternativas) y pidiendo a los encuestados que elijan el producto que más cumple con sus expectativas (Louviere y Woodworth, 1983). El método EE pertenece a la familia de los métodos de preferencias declaradas y ha contribuido a mejorar el método del análisis conjunto en, principalmente, tres aspectos: 1) el método de los experimentos de elección está basado en la teoría del comportamiento, mientras el método del análisis conjunto está

basado en consideraciones estadísticas y matemáticas; 2) el método EE se asemeja más a las situaciones reales del mercado (Louviere, 2001); y 3) los experimentos de elección permiten la consideración conjunta de diversos atributos y las interacciones entre los mismos.

Los EE derivan de la teoría de Lancaster (1966), así como de la teoría de utilidad aleatoria (RUT: random utility theory) que constituye la base de varios modelos de toma de decisiones en psicología y economía (McFadden, 1974). La elección que los individuos realizan entre alternativas se explica en el contexto de la maximización de la utilidad, en lo que se denominan modelos de utilidad aleatoria. Un individuo n se enfrenta a un conjunto de elección (t) formado por J alternativas, donde cada alternativa i (i = 1…. J) proporciona una utilidad U_{itn}, formada por dos componentes, uno determinístico u observable V_{itn}, función de las características propias de la alternativa i (X_{itn}) a las que se enfrente el decisor (y complementariamente de las características del decisor, S^n); y uno aleatorio o estocástico (no observable) ε_{itn}. El individuo n elegirá la alternativa i en la situación de compra t, si ésta le proporciona una utilidad superior a cualquier otra alternativa j, disponible en su campo de elección. Es decir la probabilidad de elegir i, p_{itn} es:

$$p_{itn} = Prob\left[U_{itn} > U_{jtn}\right] = Prob\left[V_{itn} + \varepsilon_{itn} > V_{jtn} + \varepsilon_{jtn}\right] \quad \forall\ i \neq j \in C_n \quad \forall\ t \in T \qquad [1]$$

Esta expresión es una función de distribución, que tiene su representación equivalente en términos de la función de densidad f (ε_n). Es habitual asumir que esta función de densidad sea de valor extremo, idéntica e independientemente distribuida (iid), lo que da lugar a los modelos logit estándar, también denominados como multinomial (cuando el conjunto de elección está formado por más de dos alternativas) o condicional (cuando las variables explicativas se circunscriben a las características de las alternativas). Por tanto, diferentes especificaciones de la función de densidad de la parte no observable de la utilidad dan lugar a diferentes modelos discretos de elección (Train, 2003). En este estudio, vamos a asumir que el componente aleatorio está idénticamente e independientemente distribuido siguiendo una distribución de valor extremo de tipo I, a través las J alternativas y N individuos, que conduce al siguiente modelo logístico condicional (McFadden, 1974):

$$p_{itn} = \frac{e^{\mu V_{itn}}}{\sum_{j=1}^{J} e^{\mu V_{jtn}}} \quad \forall\ j \in C_n\ \forall\ t \in T \qquad [2]$$

La estructura de este modelo logístico condicional nos indica que la probabilidad de que una alternativa i sea elegida por el individuo n es una función de la parte sistemática (V_{itn}) de la función de utilidad de dicho individuo para la alternativa en cuestión (i) y de todas las otras alternativas j (V_{jtn}) que pertenecen al conjunto de elección (C_n). Lo más habitual en los modelos de elección es asumir que V_{jtn} es una función lineal y aditivamente separable, tal y como se ha supuesto en este trabajo. Matemáticamente, la función de utilidad V_{jtn} vendrá dada, por tanto, por:

$$V_{jtn} = \beta_{jt0} + \sum_k \beta_{kt} \times X_{ktj} \qquad [3]$$

Donde:

β_{jt0}: constante especifica de la alternativa j;

β_{kt}: coeficiente del atributo k en la alternativa j;

X_{ktj}: valor del atributo k en la alternativa j.

La mayor parte de la literatura se ha centrado en estudiar cómo los aspectos más objetivos del individuo, tales como la renta, la

edad o la educación afectan a la disposición al pago o, en suma, a la valoración de los individuos de los bienes ambientales. Recientemente, autores como Monrey *et al.* (2006) o Johnston (2007) entre otros, incorporan aspectos actitudinales entre las variables explicativas con el fin de identificar grupos de consumidores afines en preferencias. En esta línea planteamos nuestra hipótesis de trabajo, de modo que las variaciones en la DAP de los consumidores por el mismo producto pueden deberse, primero, a atributos extrínsecos o intrínsecos del producto (origen, modo de producción, precio y la marca); segundo, a las características socio-demográficas de los consumidores (género, edad, nivel de renta, nivel de educación, etc.) y finalmente a los factores actitudinales (preocupación por la salud, preocupación por el medio ambiente, confianza hacia el producto, intención de compra, el grado de conocimiento y las normas subjetivas). La tabla 1 refleja la descripción detallada de los factores actitudinales considerados en el trabajo.

Para segmentar la población en segmentos de consumidores con preferencias homogéneas, se ha estimado un modelo de clases latentes (LC) en función de las variables actitudinales.. Teóricamente, en el modelo LC se asume que los individuos pertenecen a diferentes clases latentes que difieren con respecto a las variables explicativas y otras latentes o inherentes (Greene y Hensher, 2003). La probabilidad de que un individuo n elija la alternativa i en la situación de compra t cuando pertenece al grupo s viene dada por:

$$p_{itn|s} = \left[p_{itn}|s\right] = \frac{e^{\mu V_{itn}|s}}{\sum_{j=1}^{J} e^{\mu V_{jtn}|s}} = \frac{e^{\beta_{it0|s} + \sum_k \beta_{tk|s} * x_{tki}}}{\sum_{j=1}^{J} e^{\beta_{jt0|s} + \sum_k \beta_{tk|s} * x_{tkj}}} \quad \forall\ j \in C_n \quad y\ \forall\ t \in T \qquad [4]$$

La probabilidad incondicional de elegir la alternativa i es el promedio ponderado en s de los parámetros $\beta_{kt|s}$:

$$P_{itn} = \sum_{s=1}^{S} h_s p_{itn|s} \quad \forall\ t \in T \qquad [5]$$

Donde las probabilidades h_s son desconocidas y pueden estimarse con un modelo logit multinomial. Vendrán condicionadas por un vector de variables actitudinales Z_i:

$$h_s = \frac{e^{\sum_k \xi_{sk} * z_{ki}}}{\sum_{s=1}^{S} e^{\sum_k \xi_{sk} * z_{ki}}} \qquad [6]$$

Una vez estimados los coeficientes del modelo de clases latentes, se pueden calcular las relaciones marginales de sustitución (RMS) entre cualquiera de los diferentes atributos considerados, simplemente dividiendo los coeficientes de los mismos. Siguiendo el método de Louviere *et al.* (2000), en presencia de un atributo monetario, introducido como un atributo más dentro del conjunto de los atributos que forman el diseño experimental de las alternativas, es posible calcular los precios implícitos (PI) o las disposiciones a pagar (DAP) de cada atributo:

$$DAP_{attributo\ no\ monetario} = -\left(\frac{\beta_{atributo\ no\ monetario}}{\beta_{atributo\ monetario}}\right) \qquad [7]$$

Para probar las diferencias entre los valores estimados de la DAP asociada a cada atributo entre los diferentes segmentos de consumidores se utilizó la prueba combinatoria no paramétrica de Poe *et al.* (2005).

Diseño experimental

La elección de los atributos apropiados y sus correspondientes niveles se desarrolló en 3 etapas. Inicialmente, se llevó a cabo una revisión de la literatura relevante para el comportamiento del consumidor de aceite de

Tabla 1. Construcción y validación de los factores actitudinales vía el análisis factorial.
Table 1. Construction and validation of attitudinal factors using factorial analysis.

Variables	Factores
Salud	
• El consumo del aceite de oliva ecológico reduce la exposición del ser humano a los residuos de productos químicos.	0,883
• Es un producto saludable para los niños.	0,912
• Es un producto adecuado para una dieta sana.	0,920
Varianza (%) – alpha Gronbach	*81,96–0,88*
Medio Ambiente	
• La producción del aceite de oliva ecológico ayuda, indirectamente, a la reducción de la contaminación de las aguas por los residuos químicos y pesticidas.	0,903
• La producción del aceite de oliva ecológico ayuda, indirectamente, a la conservación de suelos agrícolas.	0,939
• Mejora la sostenibilidad del medioambiente.	0,896
Varianza (%) – alpha Gronbach	*91,27–0,95*
Confianza	
• Es un producto de confianza porque lleva la certificación del organismo o consejo regulador de la Agricultura Ecológica.	0,853
• Es un producto de confianza porque se vende exclusivamente en tiendas especializadas.	0,829
• Tengo confianza en la información proporcionada en la etiqueta del producto.	0,858
• Tengo confianza en que el producto certificado como ecológico, realmente lo es.	0,800
Varianza (%) – alpha Cronbach	*69,79–0,85*
Intención de Compra	
• Si tuviera más información y garantía compraría más aceite de oliva ecológico.	0,872
• Compraría más si el precio fuera más barato.	0,866
• Si el aceite de oliva ecológico estuviera disponible en los establecimientos habituales de compra, lo compraría con más frecuencia.	0,983
Varianza (%) – alpha Cronbach	*76,91–0,84*
Conocimiento	
• Falta información sobre los beneficios de los productos ecológicos.	0,936
• Falta información sobre el etiquetado que identifica los productos de Agricultura Ecológica.	0,936
Varianza (%) – alpha Gronbach	*87,63–0,85*
Normas Subjetivas	
• Mis hijos prefieren el aceite de oliva ecológico.	0,896
• Mi familia prefiere el aceite de oliva ecológico.	0,961
• Las personas que son importantes para mí prefieren el aceite de oliva ecológico.	0,934
Varianza (%) – alpha Gronbach	*86,61–0,92*

oliva virgen extra. En segundo lugar, se diseñó una encuesta preliminar que tenía como objetivo identificar las principales razones y características que motivan al consumidor o lo que este considera importante en el momento de comprar una botella de aceite de oliva virgen extra. Finalmente, se analizaron las características y los atributos que caracterizan a una botella de aceite oliva virgen extra, dentro una amplia gama de supermercados e hipermercados de Cataluña.

El resultado de todo este proceso fue que el origen, la marca y el precio del producto eran los atributos más importantes para los consumidores en el momento de elegir una botella de aceite de oliva virgen extra (ver la tabla 2). Sin embargo, teniendo en cuenta los objetivos de este trabajo, se ha considerado adicionalmente el atributo modo de producción, constituido con tres niveles, producción convencional, producción bajo una denominación de origen protegida (DOP) y producción ecológica.

El punto de partida para el óptimo diseño del experimento de elección consiste en definir las combinaciones de niveles de atributos o características anteriormente citadas, generando alternativas entre las que el consumidor tiene que escoger, tal y como si fuese una situación real de mercado, el producto que más le satisface y mejor se ajusta a sus preferencias y sus características personales. Para el presente experimento, la botella de aceite de oliva virgen extra se define por cuatro atributos con tres niveles cada uno, por lo que resulta $3^4 = 81$ productos posibles. La combinación de estas 81 botellas dentro tres alternativas nos conduce a un número demasiado elevado de conjuntos de elección. Por ello, para reducir el número de los conjuntos de elección, se generó una resolución ortogonal de diseño factorial fraccionada reduciendo el diseño del experimento a 9 combinaciones hipotéticas en lugar de 81 que constituyeron la primera opción (la opción A) del diseño experimental. Este diseño experimental fraccionado generando 9 diferentes

Tabla 2. Atributos y sus niveles del aceite de oliva virgen extra.
Table 2. Attributes and levels of extra virgin olive oil.

Atributos	Niveles
Modo de producción (Tp)	Convencional
	Denominación de Origen Protegida (DOP)
	Ecológico
Origen del aceite de oliva (Orig)	Resto de España (RD.España)
	Cataluña
	Importado
Marca (Mar)	Empresa del resto de España (RD.España)
	Empresa catalana
	Empresa de distribución
Precio	3,70 €/l de Aceite de Oliva convencional
	6 €/l de Aceite de Oliva ecológico
	7,5 €/l de Aceite de Oliva con DOP

combinaciones nos permite estimar todos los efectos principales (*main effects*). En nuestro caso, nos limitamos al estudio de los efectos principales, ya que estos tipos de efectos explican más de 80% de la varianza del modelo de elección (Louviere, 1988).

Finalmente, a los encuestados se les pedía que eligiesen 9 veces entre cuatro alternativas posibles. Tres correspondían a perfiles de producto y la cuarta se correspondía a la posibilidad de no elegir ninguno de los tres perfiles. La inclusión de esta alternativa permite aproximarse en mayor medida a una situación real de elección en el mercado, ya que es posible que los consumidores no encuentren lo que buscan. El incluir esta alternativa captura todas las posibles opciones de respuesta de los consumidores y hace que los modelos resultantes sean compatibles con la teoría de la demanda, ya que los individuos no son forzados a realizar una elección si las alternativas presentadas no satisfacen sus necesidades (Louviere, 2001).

Para cada conjunto de elección, la primera alternativa se basó en cada uno de los productos recogidos del diseño factorial ortogonal fraccionado. Para la generación de las dos alternativas restantes, se utilizó el enfoque de generación secuencial de los pares de alternativas ("*shifting*" o "*swapping*") (Street *et al.*, 2005). Así, los productos de la segunda alternativa se configuran simplemente añadiendo un nivel dentro de cada atributo a las combinaciones existentes. Street *et al.* (2005) sugirieron la elección de un conjunto sistemático de los cambios de niveles o "generador" para llegar desde la primera opción (opción A) a los perfiles de la segunda opción (opción B) y otro generador aplicado también a la primera opción para obtener la tercera opción (opción C). Aplicando los generadores (2121) y (1212) a todas las tarjetas de la primera opción obtenemos la segunda opción "B" y la tercera "C". Así, el experimento de elección resultante es óptimo, 100% eficiente y al mismo tiempo cumple con las propiedades de ortogonalidad, el equilibrio de niveles y el no solapamiento entre los diferentes niveles de los atributos (Huber y Zwerina, 1996; Street *et al.*, 2005).

Resultados y discusión

La recogida de información se llevó a cabo mediante una encuesta personal en las capitales de provincia de Cataluña, durante los meses de octubre y noviembre de 2009. Se contó con la participación de 400 consumidores de aceite de oliva virgen extra y el tipo de muestreo realizado fue aleatorio simple con un error muestral del 5%. La población objetivo era, personas responsables de las compras dentro del hogar y que habían comprado aceite de oliva durante los tres meses anteriores. Los encuestados proceden en su mayoría del Área Metropolitana de Barcelona (40%) y el 60% restante se distribuía por igual entre el resto de capitales (Tarragona, Lleida y Girona). La mayoría de los encuestados son mujeres (80%), un resultado análogo al obtenido por Gil *et al.* (2002) y consistente con el hecho de que alrededor del 70% de los responsables de la compra de alimentos en los hogares son mujeres (MARM, 2008). La muestra es homogénea respecto a los diferentes estratos de edad (20% de los encuestados por cada estrato de edad), a fin de identificar el efecto de la edad sobre el tema estudiado.

La encuesta se divide en tres bloques. Aunque en el cuestionario se presentaron en un orden diferente. Un primer bloque estaba dirigido a recabar información sobre las características socioeconómicas y estilos de vida de los encuestados. Un segundo bloque recogía el experimento de elección. Finalmente, el tercer bloque, el más extenso, se dirigía a obtener información sobre los hábitos de compra y consumo de diferentes tipos de aceite

de oliva, el grado de conocimiento que los consumidores poseían sobre la Agricultura Ecológica, la valoración de los atributos que se consideraban relevantes a la hora de adquirir aceite de oliva ecológico y, especialmente, las actitudes hacia el consumo del aceite de oliva ecológico. Desde este punto de vista se recogió información sobre la preocupación por la salud, la preocupación por el medio ambiente, normas subjetivas, grado de conocimiento, confianza en las fuentes de información, además del proceso intención de compra. La información correspondiente a este bloque se recogió con escalas de Likert con diferentes ítems a los que los encuestados otorgaron un valor entre 0 y 10, según su grado de acuerdo o desacuerdo con cada ítem. La información procedente de este bloque se resumió mediante un análisis factorial (Tabla 1).

Los resultados del análisis de los datos obtenidos a partir del experimento de elección a través el modelo de clases latentes se recogen en la tabla 3. Todas las variables se han considerado discretas excepto la variable precio, que se ha considerado como continua. Se obtuvieron tres segmentos de consumidores y se puede observar que la mayoría de los parámetros han resultado ser significativos excepto el factor que refleja el origen catalán de la marca (Mar. Catalán) para todos los segmentos ($p < 0,05$). Según los resultados observados en la tabla 3, podemos concluir que todos los consumidores asocian una utilidad negativa al tipo de producción convencional del aceite de oliva. Asimismo, se puede observar cómo el atributo ecológico del aceite de oliva afecta negativamente a las utilidades de los consumidores de los dos primeros segmentos, aunque mostraron confianza hacia este producto y la información proporcionada. Este es un resultado diferente al obtenido en estudios anteriores. Las razones de este comportamiento diferencial las podemos asociar a tres factores. Primero, a que la mayor parte de los consumidores percibe los productos ecológicos como caros y no están preocupados por el medio medioambiente, especialmente los consumidores del primer segmento caracterizados en gran parte por mujeres de mayor edad (70% tenían una edad superior a 45 años) y con un nivel de estudios bajo a medio (Tabla 4). En segundo lugar, todavía parece que el consumidor necesita dedicar mucho tiempo a encontrar el lugar donde se vende el producto. Finalmente, como hemos mencionado, el grado de conocimiento sobre estos productos y el logo que los distingue es escaso. Igualmente, los resultados reflejan que la sensibilidad de los consumidores hacia el aceite de oliva ecológico podría atenuarse por efecto de sus entornos sociales. Dicho de otra manera, la utilidad marginal promedia negativa de los consumidores del segundo segmento es menos marcada en comparación con el primer segmento. En efecto, esto podría probablemente estar relacionado, primero, con el impacto positivo de la norma subjetiva en el comportamiento de los consumidores, y segundo, con que este segmento está conformado por más personas jóvenes, originarias principalmente de Lleida y Girona, con un nivel educativo alto y con más niños o adolescentes en el hogar (Tabla 4).

Los resultados también nos muestran que existe una preferencia de los consumidores del primer segmento hacia el aceite de oliva virgen extra con DOP, contrariamente a lo que sucede en el caso de los consumidores del tercer grupo, relacionado con que gran parte de ellos proceden de Barcelona o Tarragona (Tabla 4). Igualmente, se observa una particularidad del origen catalán del producto por parte de todos los consumidores. A diferencia de otros estudios, cuando las posibilidades de elección que se ofrecen a los consumidores cubren una parte significativa del mercado, el atributo ecológico pierde importancia relativa frente al origen local y a la certificación de origen. Igualmente, cabe des-

Tabla 3. Parámetros estimados en el modelo logit de clases latentes.
Table 3. Estimated parameters of the latent class logit model.

	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3	
Variables	Coeficiente	Error estándar	Coeficiente	Error estándar	Coeficiente	Error estándar
Tp. DOP	1,118***	(0,157)	0,062	(0,046)	-0,257**	(0,123)
Tp. Ecológico	-2,189***	(0,249)	-0,408***	(0,060)	0,197	(0,127)
Tp. Convencional[1]	-1,071	(—)	-0,345	(—)	-0,059	(—)
Orig. Catalán	0,231**	(0,102)	0,484***	(0,047)	1,022***	(0,144)
Orig. Importado	-0,584***	(0,119)	-0,593***	(0,055)	-0,899***	(0,129)
Orig. RD.España[1]	0,816	(—)	1,077	(—)	-0,123	(—)
Mar. Catalán	-0,225*	(0,122)	-0,037	(0,048)	0,040	(0,117)
Mar. distribuidor	0,156	(0,102)	-0,095**	(0,045)	0,136	(0,124)
Mar. RD. España [1]	-0,068	(—)	-0,133	-0,077	(—)	
Precio	-1,377***	(0,095)	-0,110***	(0,023)	-1,361***	(0,094)
No-option	-4,999***	(0,442)	-2,955***	(0,272)	-9,332***	(0,519)
Factores de actitudes en la probabilidad de pertenencia a la clase						
Constante	-0,039	(0,164)	0,371**	(0,157)	—	
Salud	-0,060	(0,298)	-0,258	(0,252)	—	
Medio Ambiente	-0,638**	(0,294)	-0,067	(0,259)	—	
Confianza	1,201***	(0,273)	0,417*	(0,247)	—	
Intención de Compra	-0,617**	(0,277)	-0,080	(0,199)	—	
Conocimiento	-0,580***	(0,220)	-0,384**	(0,167)	—	
Normas Subjetivas	-0,309	(0,192)	0,606***	(0,162)	—	
Prob. de clase	0,301		0,409		0,291	
Pseudo R^2			0,395			
LL.			-3018,286			
N. obs			3600			

[1] Nivel base de cada atributo, igual a cero menos la suma de los otros dos niveles del mismo atributo (dada la codificación de los niveles como *effect codes*).

Tp: Modo de producción; Orig: Origen del aceite de oliva; Mar: Marca; RD. España: Resto de España.

*, **, ***, indican un nivel de significación al 10%, 5%, 1% respectivamente.

LL: Log Likelihood; N. obs: Número de observaciones.

Tabla 4. Descripción socio-demográfica de los segmentos.
Table 4. Socio-demographic description of clusters.

Variables	Porcentaje (%)		
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Género:			
Hombre	15,83	20,62	23,33
Mujer	84,16	79,37	76,66
Chi-cuadrado(2[§]): 2,1397			
valor-p: 0,343			
Grupos de edad:			
18-34 años	15	19,37	25
35-44 años	14,16	25	20,83
45-54 años	23,33	20	16,66
55-64 años	22,5	17,5	20
65 o más años	25	18,12	17,5
Chi-cuadrado(8): 9,5418			
valor-p: 0,299			
Nivel de estudios:			
Estudios primarios	35	18,12	35
Estudios secundarios	47,5	46,25	46,66
Estudios universitarios	17,5	35	18,33
Otros			
Chi-cuadrado(4): 15,4343			
valor-p: 0,004			
Estado civil:			
Soltero	15	11,25	15
Casado	60,83	75,62	65
Otro	22,5	13,12	20
Chi-cuadrado(4): 4,8881			
valor-p: 0,299			
Composición del hogar:			
<6 años	10,83	16,87	13,33
6-18 años	20,83	21,87	20,83
19-35 años	41,66	35	50,83
36-65 años	63,33	67,5	58,33
>65 años	32,5	23,75	20
Chi-cuadrado(8): 7,9088			
valor-p: 0,442			
Provincia:			
Barcelona	30	35	51,66
Tarragona	14,16	15	32,5
Lleida	30	21,87	8,33
Girona	20	28,12	7,5
Chi-cuadrado(6): 43,4127			
valor-p: 0,000			
Número de individuos:	120	161	119

[§] Grados de libertad.

tacar la unanimidad de todos los consumidores en la falta de aceptación del origen importado del aceite de oliva extra virgen.

Asimismo, los resultados revelaron que el atributo marca no parece muy relevante para los consumidores en el momento de compra del aceite de oliva virgen extra y podría generar una utilidad negativa para los consumidores catalanes en algunos casos. Finalmente, se observa una mayor sensibilidad de los consumidores, especialmente del primer y del tercer grupo, hacia el precio de un litro de aceite de oliva virgen extra, en comparación a los consumidores del segundo segmento.

Una vez obtenidas las utilidades asociadas a cada atributo se ha procedido a calcular la disposición a pagar de los consumidores de diferentes segmentos, para pasar de un nivel del atributo a otro nivel del mismo atributo. Las estimaciones de la disposición a pagar (calculadas respecto al nivel base de cada atributo) y los resultados de la prueba de Poe se recogen en la tabla 5.

Una interpretación económica de la tabla 5 nos permite observar que los consumidores del primer grupo están dispuestos a pagar aproximadamente 0,80 euros más por litro para consumir aceite de oliva con DOP en lugar de aceite de oliva virgen extra convencional. Por el contrario, la disposición a pagar para consumir aceite de oliva ecológica es negativa. Las DAP de los consumidores del primer y del segundo segmento son del orden –1,58 y –3,85, respectivamente, y son estadísticamente diferentes (tabla 5). Dicho de otra manera, para consumir aceite de oliva virgen extra ecológico, los consumidores habrían de recibir una compensación económica importante. Estos resultados son totalmente coherentes con lo que se ha comentado previamente en este estudio, es decir, que los consumidores no presentan interés hacia el atributo ecológico del aceite de oliva virgen extra, pero sí hacía la calidad asociada al aceite de oliva con DOP. Este resultado podría parecer contradictorio con los que se han obtenido en estudios previos, ver por ejemplo, Soler *et al.*, (2002). Sin embargo, no lo es. Como hemos comentado anteriormente, en la mayor parte de estudios únicamente se compara el atributo ecológico con el atributo convencional. En nuestro estudio el número de atributos y niveles reflejan más fielmente el problema de decisión al que se enfrenta el consumidor. De ahí que en este tipo de estudios, volvemos a recalcar la importancia de una correcta elección de atributos y niveles.

La tabla 5 también nos muestra que la prima más alta que los consumidores están dispuestos a pagar es del orden de 4,52 € y es a favor de un cambio en el origen, del resto de España a catalán. Sin embargo, los consumidores no están dispuestos a pagar una prima por el consumo de aceite de oliva importado en relación al aceite de oliva español. Relacionado con este caso, se ve que los consumidores del segundo segmento son más estrictos que los demás y los resultados son estadísticamente diferentes. Si contemplamos el atributo marca, la tabla 5 nos muestra que los sobreprecios que los consumidores catalanes están dispuestos a pagar por un cambio entre marca de una empresa del resto de España y marca de empresa catalana o con marca del distribuidor no son estadísticamente significativos, excepto para los consumidores del segundo grupo. En efecto, se observa que los consumidores de este segmento consideran que tendrían que estar recompensados por un cambio de marca de empresa del resto de España a una del distribuidor. En este segmento, los consumidores valoran sobre todo que el producto disponga de un origen catalán, sea protegido o no. Finalmente, cabe destacar que, según los resultados obtenidos, los consumidores catalanes valoran por encima de todo el origen catalán del aceite de oliva virgen extra seguido por el hecho de pertenecer a una DOP.

Tabla 5. Contraste de hipótesis de igualdad de los disposición a pagar (DAP) entre segmentos de consumidores.
Table 5. Hypothesis test of WTPs equality across consumers' clusters.

		Tp. DOP	Tp. Ecológica	Orig. Catalán	Orig. Importado	Mar. Catalana	Mar. distribuidor
CL1	DAP	0,804	-1,582	0,168	-0.423	-0,161	0,111
	Min	0,409	-2,113	-0,123	-0.732	-0,403	-0,177
	Max	1,097	-0,932	0,390	-0.138	0,131	0,325
	IC	[0,618; 0,993]	[-1,883; -1,297]	[0,025; 0,313]	[-0,584; -0,257]	[-0,317; 0,011]	[-0,040; 0,240]
CL2	DAP	0,595	-3,859	4,524	-5,557	-0,360	-0,893
	Min	-1,216	-10,631	2,439	-12,887	-3,263	-3,204
	Max	2,808	-1,675	10,623	-3,042	1,176	0,933
	IC	[-0,209; 1,619]	[-6,751; -2,233]	[3,022; 7,067]	[-9,184; -3,710]	[-1,325; 0,541]	[-1,920; -0,091]
CL3	DAP	-0,189	0,142	0,750	-0,658	0,031	0,096
	Min	-0,449	-0,173	0,507	-0,909	-0,211	-0,196
	Max	0,111	0,448	1,050	-0,374	0,404	0,410
	IC	[-0,351; -0,021]	[-0.044; 0.329]	[0,584; 0,912]	[-0,812; -0,505]	[-0,148; 0,196]	[-0,083;0,274]
				P_{value} de la prueba de Poe			
$DAP_{CL1-CL2}$		0,310	0,000	0,000	0,000	0,331	0,010
$DAP_{CL1-CL3}$		0,000	0,000	0,000	0,018	0,058	0,444
$DAP_{CL2-CL3}$		0,045	0,000	0,000	0,000	0,209	0,011

Tp: Modo de producción; Orig: Origen del aceite de oliva; Mar: Marca; DOP: Denominación de Origen Protegida; RD. España: Resto de España.

CL1, CL2, CL3: Clúster 1, Clúster 2, Clúster 3, respectivamente; IC: Intervalo de Confianza.

Conclusiones

Los resultados obtenidos de nuestro estudio reflejan la complejidad del comportamiento de los consumidores hacia los productos ecológicos en general. Este proceso está influenciado por diversos factores, sin embargo, cabe destacar el papel del conocimiento en todos sus enfoques para entender este proceso cognitivo y la conciencia de tener dicha información. La obtención de información se lleva a cabo en base a la confianza que los individuos atribuyen a las distintas fuentes de información. Por ello, las campañas de comunicación y la concienciación social son elementos muy importantes a tener en cuenta por lo que respecta a los atributos asociados a los productos agrarios ecológicos. Otro enfoque del factor conocimiento es la experiencia, elemento crucial al hablar del consumo de productos con cualidades organolépticas altas, como es el caso del aceite de oliva ecológico.

El presente estudio confirma la existencia de una demanda real a favor de la producción del aceite de oliva ecológico. Sin embargo, esta demanda es emergente y se ha revelado como heterogénea dentro del conjunto de la población catalana, ya que varía, entre otras causas, en función de las características socioeconómicas de los individuos.

La emergencia de la demanda del aceite de oliva ecológico, ha sido el fruto de muchos obstáculos, entre ellos, el alto precio y la falta de disponibilidad, aunque éstos no son los principales obstáculos, tal y como ha sido mencionado en la mayoría de los trabajos empíricos, sino la falta de conocimiento respecto a la producción ecológica del aceite de oliva y la falta de costumbre. Los consumidores catalanes han revelado no tener experiencia en el consumo de alimentos ecológicos y tampoco en el consumo del aceite de oliva ecológico, ya que el 84% de los encuestados no había consumido nunca alimentos ecológicos y solo dos de los consumidores habituales de productos ecológicos habían consumido aceite de oliva ecológico. A la vez, un gran porcentaje de los consumidores se sentían poco o nada informados acerca de la Agricultura Ecológica. Además, muchos de los consumidores habituales u ocasionales de productos ecológicos no parecen tener muy claro el significado de la Agricultura Ecológica. Es decir, confunden entre las certificaciones del aceite de oliva ecológica y la certificación del aceite de oliva virgen extra con DOP. De aquí se concluye que es muy probable que los consumidores que creen estar comprando alimentos ecológicos, en realidad es posible que estuvieran comprando otros alimentos de certificación parecida como el caso de la certificación DOP.

Gracias al análisis de disposición a pagar de los consumidores hacia el aceite de oliva ecológico, confirmamos que el precio no ha sido el primer obstáculo en su compra. Ya que el aceite de oliva virgen extra con DOP es más caro en la mayoría de los casos y, sin embargo, los consumidores le asignan una mayor utilidad y están dispuestos a pagar hasta 0,80 € más por este tipo de aceite. Esto puede responder, primero, a que los consumidores no sienten que los beneficios del aceite de oliva ecológico superen a los de la DOP. Segundo, que los consumidores asocian la DOP al origen. El experimento de elección nos muestra que los consumidores catalanes valoran por encima de todo el origen catalán del aceite, ya que están dispuestos a pagar hasta 4,52 euros por un cambio de origen, del resto de España a catalán. Por lo cual, refleja las mayores preferencias hacia los productos locales o regionales de los consumidores catalanes en general. Tercero, existe una mayor disponibilidad de aceite de oliva con DOP de origen catalán en los lugares de compra habituales en comparación con el aceite de oliva ecológico.

Finalmente consideramos importante, teniendo en cuenta la influencia de la variable conocimiento y la experiencia en el consumo

respecto a los productos ecológicos en el comportamiento de compra, proponer llevar a cabo campañas de publicidad en las que por un lado se expliquen de una manera sencilla los beneficios del aceite de oliva ecológico respecto a los demás y por otro que ayuden a identificar de manera clara el sello tanto europeo como catalán de la Agricultura Ecológica y la diferencia respecto al sello DOP. Por otro lado, el lanzamiento de campañas de promoción destinadas a ofrecer en producto a precios más razonables para intentar que los consumidores lo prueben por primera vez.

En un futuro estudio se quiere comparar estos resultados con los procedentes de otros experimentos en los que se contemplen elementos como la experiencia en el consumo y el efecto de las promociones sobre la decisión de compra del aceite de oliva ecológico, en el experimento de elección. También se quiere introducir incentivos económicos, para que la elección en el experimento de elección se asemeje más al mercado real.

Referencias bibliográficas

Aguirre-García MS, Aldamiz-Echevarría C, Charterina-Abando J, Vicente-Molina MA (2003). El consumidor ecológico: un modelo de comportamiento a partir de la recopilación y análisis de la evidencia empírica. Distribución y Consumo 67: 41-53.

Angulo AM, Gil JM (2007). Risk perception and consumer willingness to pay for certified beef in Spain. Food Quality and Preference 18: 1106-1117. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2007.05.008

Bando-Casado HC (2008). Medio ambiente, consumo y calidad de vida: hacia una concepción integral. Estudios sobre el consumo 33: 114-196.

Blackwell R, Miniard P, Engel P (2002). Comportamiento del consumidor, 9th. Ed. Thomson. México D.F.

CE (1991). Council Regulation (EEC) No 2092/91 of 24 June 1991 on organic production of agricultural products and indications referring thereto on agricultural products and foodstuffs. Official Journal of the European communities L198 (22.07.1991), 1-15.

Chalak A, Balcombe k, Bailey A, Fraser I (2008). Pesticides, preference heterogeneity and environmental taxes. Journal of Agricultural Economics 59: 537-554. https://doi.org/10.1111/j.1477-9552.2008.00163.x

Chen MF (2007). Consumer attitudes and purchase intentions in relation to organic foods in Taiwan: Moderating effects of food-related personality traits. Food quality and preference 18: 1008-1021. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2007.04.004

Del Guidice T, Cavallo C, Caracciolo F, Cicia G (2015). What attributes of extra virgin olive oil are really important for consumers: a meta-analysis of consumers' stated preferences. Agricultural and Food Economics 3(20): 2-15. https://doi.org/10.1186/s40100-015-0034-5

Del Guidice T, Cavallo C, Vecchio R (2018). Credence attributes, consumers trust and sensory expectations in modern food market: is there a need to redefine their role? International Journal of Food System Dynamics 9(4): 307-313. https://doi.org/10.18461/ijfsd.v9i4.941

Gil JM, Tamburo LG, Sánchez M (2002). Seguridad alimentaria y comportamiento del consumidor en España. Gobierno de Aragón departamento de Agricultura. 150 pp.

Gracia A, Albisu L (1999). Moving away from a typical Mediterranean diet: the case of Spain. British Food Journal 101: 701-714. https://doi.org/10.1108/00070709910288856

Harper GC, Makatouni A (2002). Consumer perception of organic food production and farm animal welfare. British Food Journal 104: 287-299. https://doi.org/10.1108/00070700210425723

Hill H, Lynchehaun F (2002). Organic milk: attitudes and consumption patterns. British Food Journal 104: 526-542. https://doi.org/10.1108/00070700210434570

Huber J, Zwerina K (1996). The importance of utility balance in efficient choice designs. Journal of Marketing Research 33: 307-317. https://doi.org/10.1177/002224379603300305

IFOAM (2009). International Federation of Organic Agriculture Movements. los principios de la agricultura orgánica. Diponible en http://www.ifoam.org/about_ifoam/principles/index.html

Johnston RJ (2007). Choice experiments, site similarity and benefits transfer. Environmental and Resource Economics 38: 331-351. https://doi.org/10.1007/s10640-006-9073-4

Krystallis A, Chryssohoidis G (2005). Consumers' willingness to pay for organic food: factors that affect it and variation per organic product type. British Food Journal 107: 320-343. http://dx.doi.org/10.1108/00070700510596901

Krystallis A, Fotopoulos, C. and Zotos. Y (2006). Organic Consumers' Profile and Their Willingness to Pay (WTP) for Selected Organic Food Products in Greece. Journal of International Marketing 19: 81-105. https://doi.org/10.1300/J046v19n01_05

Kyriakopoulos K, Dijik GV (1998). Post-purchase intentions for organic foodstuff. Journal of International Food and Agribusiness Marketing. 9: 1-19. https://doi.org/10.1300/J047v09n03_01

Lancaster KJ (1966). A new approach to consumer theory. The Journal of Political Economy 74: 132-157.

Lea E, Worsley T (2005). Australians' organic food beliefs, demographics and values. British Food Journal 107: 855-869. https://doi.org/10.1108/00070700510629797

Lee, HJ, Hwang J (2016). The driving role of consumers' perceived credence attributes in organic food purchase decisions: A comparison of two groups of consumers. Food Quality and Preference 54: 141-151. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.07.011

Lobb AE, Mazzocchi M, Traill WB (2007). Modelling risk perception and trust in food safety information within the theory of planned behaviour. Food Quality and Preference 18: 384-395. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2006.04.004

Louviere JJ, Woodworth G. (1983). Design and analysis of simulated consumer choice or allocation experiments: an approach based on aggregate data. Journal of marketing Research 20: 350-367. https://doi.org/10.1177/002224378302000403

Louviere JJ (1988). Analyzing decision making: metric conjoint analysis. Sage University Paper Series on Quantitative Applications in the Social Sciences. SAGE Publications. Newbury, CA.

Louviere JJ, Hensher DA, Swait JD (2000). Stated choice methods: Analysis and Application. Cambridge University Press (eds), United Kingdom, 402 pp.

Louviere JJ (2001). Choice experiments: an overview of concepts and issues. En: The choice modeling approach to environmental valuation (Ed. Bennett JW, Blamey R), pp. 13-36. Edward Elgar, Northampton, MA.

MAPA, (2015). Caracterización del sector de la producción ecológica española en términos de valor y mercado, referida al año 2015. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente 25 pp.

MARM, (2008). Guía de buenas prácticas para la producción y comercialización de alimentos ecológicos. Ministerio de Medio Ambiente y Rural y Marino 112 pp.

McFadden D (1974). Conditional logit analysis of qualitative choice behavior. En: Frontiers in econometrics (Ed. Zarembka, P.) pp. 105-142. Academic press, Nueva York.

Michelsen J, Hamm U, Wynen, E, Roth, E (1999). The European market for organic products: growth and development. 7th Ed. Organic farming in Europe: economics and policy, Stuttgart-Hohenheim. 199 pp.

Monrey E, Thacher J, Breffle W (2006). Using angler characteristics and attitudinal data to identify environmental preference classes: a latent-class model. Environmental and Resource Economics 34: 91-115. https://doi.org/10.1007/s10640-005-3794-7

Panico T, Del Giudice T, Caracciolo F (2014). Quality dimensions and consumer preferences: A choice experiment in the Italian extra-virgin olive oil market. Agricultural Economics Review 15: 100-112.

Poe GL, Giraud KL, Loomis JB (2005). Computational methods for measuring the difference of empirical distributions. American Journal of Agricultural Economics 87: 353-365. https://doi.org/10.1111/j.1467-8276.2005.00727.x

Schiffman LG, Kanuk L (2005). Comportamiento del consumidor, 8th. Ed. Pearson Prentice hall. eduction. 584 pp.

Soler F, Gil MJ, Sánchez M (2002). Consumers' acceptability of organic food in Spain, results from an experimental auction market. British Food Journal 104: 670-687. https://doi.org/10.1108/00070700210425921

Street DJ, Burgess L, Louviere JJ (2005). Quick and easy choice sets: Constructing optimal and nearly optimal stated choice experiments. International Journal of Research in Marketing 22: 459-470. https://doi.org/10.1016/j.ijresmar.2005.09.003

Tarkiainen A, Sundqvist S (2005). Subjective norms, attitudes and intentions of Finnish consumers in buying organic food. British Food Journal 107: 808-822. https://doi.org/10.1108/00070700510629760

Train KE (2003). Discrete choice methods with simulation. Cambridge University Press. 388 pp.

Tsakiridou E, Mattas K, Tzimitra-Kalogianni I (2006). The influence of consumer characteristics and attitudes on the demand for organic olive oil. Journal of International Food and Agribusiness Marketing 18: 23-31. https://doi.org/10.1300/J047v18n03_03

Tsakiridou E, Boutsouki C, Zotos Y, Mattas K (2008). Attitudes and behaviour towards organic products: an exploratory study. International Journal of Retail & Distribution Management 36: 158-175. https://doi.org/10.1108/09590550810853093

Verbeke W (2001). Beliefs, attitude and behaviour towards fresh meat revisited after the Belgian dioxin crisis. Food Quality and Preference 12(8): 489-498. https://doi.org/10.1016/S0950-3293(01)00042-8

Yangui A, Costa-Font M, Gil JM (2014). Revealing additional preference heterogeneity with an extended random parameter logit model: The case of extra virgin olive oil. Spanish Journal of Agriculture Research 12(3): 553-567. https://doi.org/10.5424/sjar/2014123-5501

(Aceptado para publicación el 5 de julio de 2019)

Caracterización de los intermediarios en el mercado del melocotón mexicano

B. Sánchez-Toledano[1,*], J.A. Zegbe[1], V. Cuevas-Reyes[2], D. Camarena-Gómez[3] y M. López-Santiago[4]

[1] Campo Experimental Zacatecas-INIFAP. Apartado Postal Núm. 18, Calera de Víctor Rosales, Zacatecas, México. E-98500
[2] Campo Experimental Valle de México-INIFAP. Carretera Los Reyes-Texcoco, km 13,5. Coatlinchán, Texcoco, Estado de México. CP. 56250
[3] Departamento de Contabilidad, División de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad de Sonora. Blvd. Luis Encinas y Rosales s/n, C.P. 83000, Hermosillo, Sonora, México
[4] Universidad Autónoma Chapingo-Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Carretera Gómez Palacio – Ciudad Juárez, Bermejillo, 35230 km 40, Durango, México

Resumen

El conocimiento del mercado contribuye a aumentar la rentabilidad de las unidades de producción agrícolas; sin embargo, en el ámbito nacional y en algunos cultivos, este conocimiento es incipiente. Para el mercado de durazno (*Prunus persica* (L.) Batsch) es necesario analizar las funciones e implicación de los agentes de la cadena de distribución del fruto. El objetivo de esta investigación fue caracterizar a los intermediarios mexicanos que participan en el mercado de durazno en México, bajo la hipótesis de que los intermediarios de cada región buscan cierto tipo de durazno con base en atributos de calidad específicos. Se diseñó un cuestionario estructurado dirigido a 371 intermediarios de durazno en México. Los atributos de calidad aceptados incluyeron el color externo rojo a amarillo, con 25% de chapeo sobre el color amarillo, el color de la pulpa solicitado fue de amarillo a blanco, sin pigmentación rojiza en la pulpa o alrededor de la semilla y tamaño de fruta con diámetro ecuatorial mínimo de 56 mm. También se identificaron los siguientes segmentos de intermediarios: 1) comprometidos con productos saludables, identificados como los que dan importancia a los productos elaborados de manera natural (27,2%), 2) despreocupados, desvinculados de las consideraciones actuales del mercado (49,8%), y 3) innovadores (22,9%), caracterizados por buscar tecnologías nuevas. Cada segmento mostró estrategias de negocio diferentes; por lo tanto, esto último permitirá a los productores mexicanos de durazno orientar la comercialización de su fruta según la calidad lograda en el año agrícola.

Palabras clave: *Prunus persica* (L.) Batsch, demanda, mercado, tipología.

Intermediaries characterization in the Mexican peach market

Abstract

The market knowledge contributes to increase the profitability of agricultural production units; however, at the national scope and in some crops, this knowledge is incipient. For the peach market (*Prunus persica* (L.) Batsch) it is necessary to analyze the functions and implication of the agents of the fruit distribution chain. The objective of this research was to characterize Mexican intermediaries who

* Autor para correspondencia: sugammx@hotmail.com

Cita del artículo: Sánchez-Toledano B, Zegbe JA, Cuevas-Reyes V, Camarena-Gómez D, López-Santiago M (2019). Caracterización de los intermediarios en el mercado del melocotón mexicano. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 115(3): 270-283. https://doi.org/10.12706/itea.2019.016

participate in the peach market in Mexico, under the hypothesis that the Mexican intermediaries from each region look for a particular type of peach based on specific quality attributes. A structured questionnaire was applied to 371 peach intermediaries in Mexico. The accepted quality attributes of peach included external color from red to yellow with 25% of red blush over a yellow background, the requested pulp color was from yellow to white, without reddish pigmentation in the pulp or around the seed, and fruit size with a minimum equatorial diameter of 56 mm. The following segments of intermediaries were also identified: 1) committed with healthy products identified as those that give importance to products naturally grown, (27.2%), 2) careless, the intermediaries of this segment were disconnected from current market considerations (49.8%), and 3) innovators (22.9%), they were characterized by looking for new technologies. Every segment showed different market strategies; therefore, this segmentation will allow Mexican peach growers to orient their fruit marketing according to the peach quality achieved during the current growing season.

Keywords: *Prunus persica* (L.) Batsch, demand, market, typology.

Introducción

La fruticultura en México tiene relevancia económica, productiva y nutrimental. Martínez Damián y Vargas Oropeza (2004) señalaron que las frutas que integran una canasta de consumo habitual del consumidor mexicano son la naranja (*Citrus* x *sinensis*), plátano (*Musa x paradisiaca*), mango (*Mangifera indica*), melón (*Cucumis melo*), durazno (*Prunus persica* (L.) Batsch), sandía (*Citrullua lanatus*), guayaba (*Psidium guajava*), papaya (*Carica papaya*), fresa (*Fragaria*), piña (*Ananas comosus*) y toronja (*Citrus x paradisi*). En México, la producción actual de durazno es 163.796 t año^{-1} y los principales estados productores son Aguascalientes, Chihuahua y Zacatecas (SIAP, 2018). La importancia nacional es el uso de mano de obra porque emplea cuatro millones de jornales cada año.

Además de las características productivas, en la actualidad los mercados locales y globales de mercancías presentan un gran dinamismo, motivado en buena medida por los cambios constantes en los gustos y preferencias de los consumidores, el mayor uso de tecnologías de información y las mejoras en los sistemas de comunicación (SE, 2008). El sistema de comercialización de un producto es determinante y, está conformado por un conjunto de canales de comercialización que resultan de las combinaciones de transferencias de propiedad de un producto entre diversos agentes de intermediación, las cuales son necesarias para que la mercancía llegue desde el productor hasta el consumidor (Diez y Fernández, 1993). Los productos hortofrutícolas llegan a los consumidores a través de canales muy diversos, y el canal de comercialización tradicional del durazno en México desde las unidades de producción hasta el consumidor es de dos formas: el canal corto tradicional y el canal largo. El primero es cuando el productor acude directamente al mayorista, y el segundo es cuando el productor acude al mayorista, quien pasa al medio-mayorista y luego al consumidor final.

Si se quiere acceder a mercados nuevos y generar más oportunidades de desarrollo económico para la población rural es necesario satisfacer las necesidades de los consumidores a través del conocimiento de las demandas de los intermediarios, puesto que éstos son una pieza fundamental dentro de la cadena comercial. Por consiguiente, no contar con información clave sobre las preferencias y necesidades del mercado supone para integrantes de la cadena correr el riesgo de desconocer una realidad compleja y cambiante (Kotler y Keller, 2006).

Estudios que analizan las preferencias y tendencias del mercado de frutas en México son los de Wicab Gutiérrez y Blando Sánchez (2018); Ramos-Sandoval *et al*. (2017); Sangerman-Jarquin *et al.* (2011); Le Bellec *et al.* (2006). Al centrarse en durazno, se encuentra una línea de investigación amplia sobre cuestiones agronómicas (García-Mogollón y Torres-Zamudio, 2017; Díaz Martínez *et al.,* 2017; De la Torre-Almaraz *et al.,* 2014; Osborne *et al.,* 2014) aunque también están las que destacan aspectos técnicos del productor (Larqué Saavedra *et al.,* 2009). Desde un enfoque más económico se encuentran aportaciones en el ámbito de la logística y de costos de transporte (Antonio-González *et al.,* 2012) y las relacionadas con las importaciones y mercado del durazno (Arroyo-Pozos *et al.,* 2015). No obstante, a pesar de que los intermediarios contribuyen a una cadena de suministro eficiente y rentable, lo cierto es que existe poca información sobre la aceptación de atributos y comportamientos de compra que éstos tienen sobre el mercado del durazno en México. De ahí, que esta investigación buscó contribuir a disminuir el vacío que existe en la literatura sobre este tema. El objetivo de esta investigación fue caracterizar a los intermediarios mexicanos que participan en el mercado de durazno en México, para lo cual se realizó una encuesta personalizada a intermediarios, además de efectuarse un grupo de discusión con expertos en la temática. Como hipótesis se plantea que los intermediarios de cada región buscan cierto tipo de durazno con base en atributos de calidad específicos.

Material y métodos

La información se recabó mediante una encuesta personalizada a intermediarios de durazno, efectuada entre julio y septiembre de 2016. El cuestionario se aplicó a una muestra de 371 intermediarios estratificados por tamaño de negocio (mayorista y medio-mayorista), donde los encargados o gerentes comerciales de la organización minorista fueron los que respondieron la encuesta. El tamaño de muestra se calculó con base en la lista de bodegas que manejan durazno en las principales centrales de abasto del país (n = 138.176) (SNIMM, 2013). La muestra se calculó con la fórmula de poblaciones finitas con un nivel de significación al 5% (Z = 1,96) y un nivel máximo de error de 6,9% (Cochran y Díaz, 1980). Las encuestas se aplicaron en las centrales de abasto de la república mexicana (número de encuestas aplicadas): Ecatepec (27), Zacatecas (9), Guadalajara (74), Irapuato (20), Iztapalapa (101), León (34), Monterrey (21), Morelia (12), Puebla (42), Querétaro (16) y San Luis Potosí (15).

Fuentes de información

El cuestionario aplicado incluyó 72 preguntas de tipo cerrado, el cual primero se validó con una muestra piloto a intermediarios (n = 20). Las preguntas se dividieron según la clasificación propuesta por Malhotra (2008) en:

Características del intermediario: Esta sección incluyó nombre del intermediario, edad, escolaridad, ubicación, acceso a crédito y precios. No obstante, por cuestiones de protección de datos de los participantes, el análisis de la información se efectuó de manera anónima y no individual, permitiendo una perspectiva general de la problemática.

Productos manejados en el negocio: En esta sección se indagó sobre tipo de frutas que manejaba el establecimiento, época de venta y volumen de venta.

Atributos del fruto y comercialización de durazno: En esta sección se incluyeron aspectos relacionados con la apreciación del fruto, como: color externo, aroma, tamaño (diámetro o peso), sabor, contenido de azúcar (dulzor),

pigmentación en la piel (chapeo), ausencia de lesiones o golpes en el fruto, ausencia de daños fisiológicos (oscurecimiento de pulpa, daño por frío, oxidación), color de la pulpa, tipo de fruto (nectarina, hueso suelto, hueso pegado), vida de anaquel, época de cosecha, el tipo de empaque, tamaño de empaque, precio por kg, área geográfica donde se comercializa el durazno (noreste, noroeste, centro, sur, sureste de México), marca del producto, identificación de origen y etiquetado individual (Peñaherrera *et al.,* 2019; Sangerman-Jarquin *et al.,* 2011; Cerda Urrutia *et al.,* 2011; Mora *et al.,* 2010). Estos atributos se presentaron en diferentes constructos que incluyeron diversos ítems medidos en una escala de Likert entre 1 y 5, donde el intermediario no estuvo o estuvo totalmente de acuerdo con las afirmaciones presentadas, respectivamente. La información se procesó con el procedimiento de escalamiento multidimensional (EMD) (Malhotra, 2008) utilizando el sistema de análisis estadístico SAS (versión 9,1 SAS Institute, Cary, NC, USA).

Percepciones sobre tendencias futuras: En esta sección se incluyeron las tendencias futuras que juegan un papel importante como factores determinantes de la comercialización de durazno (Verdú, 2001), éstas se presentaron en diferentes constructos que incluyeron diversos ítems medidos en una escala de Likert de cinco puntos, donde el cinco representó la máxima puntuación e indicó que la afirmación señalada era sumamente probable. Las afirmaciones identificadas fueron comentadas y analizadas previamente en un grupo de discusión formado por expertos en la temática e investigadores implicados en el estudio. La información de los constructos (Tabla 1) se validó y se redujo con el método multivariado por componentes principales (CP) (Sánchez-Toledano *et al.,* 2013). Los factores que representaron las tendencias futuras identificadas con el CP se utilizaron, a la vez, como variables de segmentación de los intermediarios mediante un análisis de conglomerados (AC) (Sánchez-Toledano *et al.,* 2013).

Tabla 1. Variables sobre tendencias futuras de la comercialización del durazno.
Table 1. Variables on future peach marketing trends.

Variables sobre tendencias	Nombre de la variable	Referencia
¿Qué tan probable es que su empresa aumente la exigencia en la calidad del durazno?	a_1	Sangerman-Jarquin *et al.,* 2011
¿Qué tan probable será que su empresa requiera un producto inocuo?	a_2	Engo *et al.,* 2015
¿Qué tan probable es que su empresa invierta en la compra de duraznos orgánicos?	a_3	Padilla-Bernal y Pérez-Veyna, 2008
¿Qué tan probable es que en su empresa considere al durazno como un producto que mejore la salud del consumidor?	a_4	Padilla-Bernal y Pérez-Veyna, 2008
¿Qué tan probable es que en su empresa sea necesario el etiquetado inteligente o trazabilidad?	a_5	Metref y Calvo-Dopico, 2016
¿Qué tan probable es que su empresa invierta en comercializar un durazno personalizado? (forma o color exótico)	a_6	Yagüe, 1996
¿Qué tan probable es que en su empresa invierta en nuevos productos agroindustriales de durazno?	a_7	Sumaya-Martínez *et al.,* 2010

Resultados y discusión

Atributos de calidad del durazno mínimamente aceptados por los intermediarios

Las características que los intermediarios buscaron al comprar durazno estuvieron influenciadas por la región donde se encuentran los consumidores de esta fruta. Así, los atributos de calidad mínimos requeridos por los intermediarios variaron en función de la aceptación del mercado; por ejemplo, en el caso del color externo se indicó que fuese amarillo fuerte, con pulpa amarilla y que la semilla estuviese adherida a la pulpa. En cuanto al nivel de dulzor, predominó la fruta con 14 y 16 °Brix y alta firmeza. Lo anterior, se asemejó a los descrito por Gallardo *et al*. (2015). Ellos indicaron que los intermediarios de California optaron por manejar durazno con un dulzor superior a 11 °Brix y una firmeza superior a 4,5 kg cm^{-2}. Sin embargo, en las zonas del Centro y Golfo del país, se aceptó un durazno con 50% de chapeo en la piel, mientras que en el norte centro y occidente se orientaron por un durazno con 75% de chapeo (Tabla 2).

Tabla 2. Atributos de calidad del durazno mínimamente requeridos por los intermediarios en distintas regiones geográficas de México.
Table 2. Peach quality attributes minimally required by intermediaries in different geographic regions of Mexico.

Atributo	Noreste	Centro	Norte-Centro	Golfo	Occidente
Color externo	Amarillo fuerte	Amarillo fuerte	Amarillo fuerte	Amarillo fuerte	Amarillo fuerte
Tamaño (mm)	65	60	≥ 60	60	60
Dulzura (°Brix)	17-19 (Muy dulce)	14-16 (Dulce)	17-19 (Muy dulce)	14-16 (Dulce)	14-16 (Dulce)
Chapeo en la piel (%)	25	50	75	50	75
Color de pulpa	Amarilla	Amarilla	Amarilla	Amarilla	Amarilla
Tipo de durazno	Hueso pegado	Hueso pegado	Hueso pegado	Hueso pegado	Hueso pegado
Vida de anaquel (Semana)	1	≤1	1	1	1
Firmeza	Muy firme	Firme	Muy firme y firme	Firme	Firme
Tipo de empaque	Caja de cartón	Caja de cartón	Caja de cartón	Caja de plástico	Caja de cartón
Tamaño de empaque (kg)	10	12	20	20	10
Precio ($ kg^{-1})	15,5	12,9	7,7	5	11,5

Mercados objetivo para durazno

En el análisis de los atributos del fruto fueron dos las dimensiones que mejor explicaron la configuración espacial, cuyo índice de stress fue 0,05 e indicó un buen ajuste entre el modelo y los datos (Kruskal, 1964). Las dos primeras dimensiones explicaron aproximadamente el 52,3% de la variación (33% y 19,3%, respectivamente). La primera dimensión hizo referencia a los atributos que se pueden percibir antes de la compra y la segunda consideró aquellos atributos que se perciben después de la compra o en el consumo. Como se observó, los intermediarios no se distribuyeron equitativamente a lo largo de los cuadrantes del mapa, reflejando así, diferencias en cuanto a la aceptación del fruto. La ubicación de los mercados mayoristas de Ecatepec, Huixcolotla, Iztapalapa, León, Guadalajara y medio-mayorista de Morelia aceptaron durazno con un tamaño de 56 mm, contenido de azúcar entre 11 y 13 °Brix y buen sabor (Figura 1; Cuadrante I). Mientras que, los mayoristas de Querétaro, San Luis Potosí, Veracruz y medio-mayorista de Toluca y Guadalajara aceptaron un durazno con un color externo amarillo fuerte, 25% de chapeo y con un aroma característico (Figura 1; Cuadrante II). Por consiguiente, la estrategia para alcanzar estos mercados sugiere proyectos encaminados a satisfacer las necesidades de mercado a través del desarrollo de infraestructura que le permita seleccionar la fruta. La selección de la fruta permite segmentar el mercado y mejorar el precio.

En contraste, los medio-mayoristas de Ecatepec y mayoristas de Querétaro aceptaron durazno con una firmeza de 3,1 kg cm^{-2}. No obstante, los mayoristas de Puebla no dieron importancia a duraznos con lesiones y poca vida de anaquel, lo cual obedeció a una rápida comercialización de la fruta y, evitar así, la inversión en el proceso de selección y empaque (Figura 1; Cuadrante III).

Los medio-mayoristas de Puebla, Monterrey, San Luís Potosí y Huixcolotla, así como los Mayoristas de Iztapalapa, Morelia y Monterrey optaron por un durazno con pulpa amarilla y hueso adherido a la pulpa; sin embargo, descuidaron los daños fisiológicos, es decir, oscurecimiento de pulpa, daño por frío y oxidación (Figura 1; Cuadrante IV), lo cual reflejó un mal almacenamiento y, en consecuencia, precios bajos. Parker *et al*. (1991) determinaron que la ausencia de daños fisiológicos se correlacionó positivamente con los precios en los Estados Unidos. Los daños por frío observados después de los 45 y 66 días en almacenamiento indicaron que la fruta de ciertos cultivares presentan desordenes fisiológicos; entonces, extender el período de comercialización de los duraznos implica aumentar el riesgo de incidencia de daños por frío, circunstancia que puede originar insatisfacción en los consumidores y disminuir su valor comercial. Según Bruhn *et al*. (1991) uno de los mayores motivos de insatisfacción con frutas por parte de los consumidores es la presencia de daños por frío. Los mismos consumidores pagarían más por una fruta sana, madura y jugosa.

El análisis de los atributos de comercialización del durazno mostró un valor de stress aceptable (0,11) (Kruskal, 1964). Las dos primeras dimensiones explicaron cerca del 46% de la variación (33,2% y 12,2% la primera y segunda dimensión, respectivamente). El hecho de que el porcentaje total de la varianza explicada esté por debajo del 50% es frecuente dentro de las aplicaciones empíricas (Greenhoff y MacFie, 1994). La primera dimensión hizo referencia a los atributos con características de origen y la segunda dimensión a características de uso.

Los Mayoristas de Veracruz, Iztapalapa, Puebla y medio-mayoristas de León, Guadalajara, Puebla y Querétaro aceptaron durazno con marca y etiquetado (Figura 2; Cuadrante I); en cambio los medio-mayoristas de Zaca-

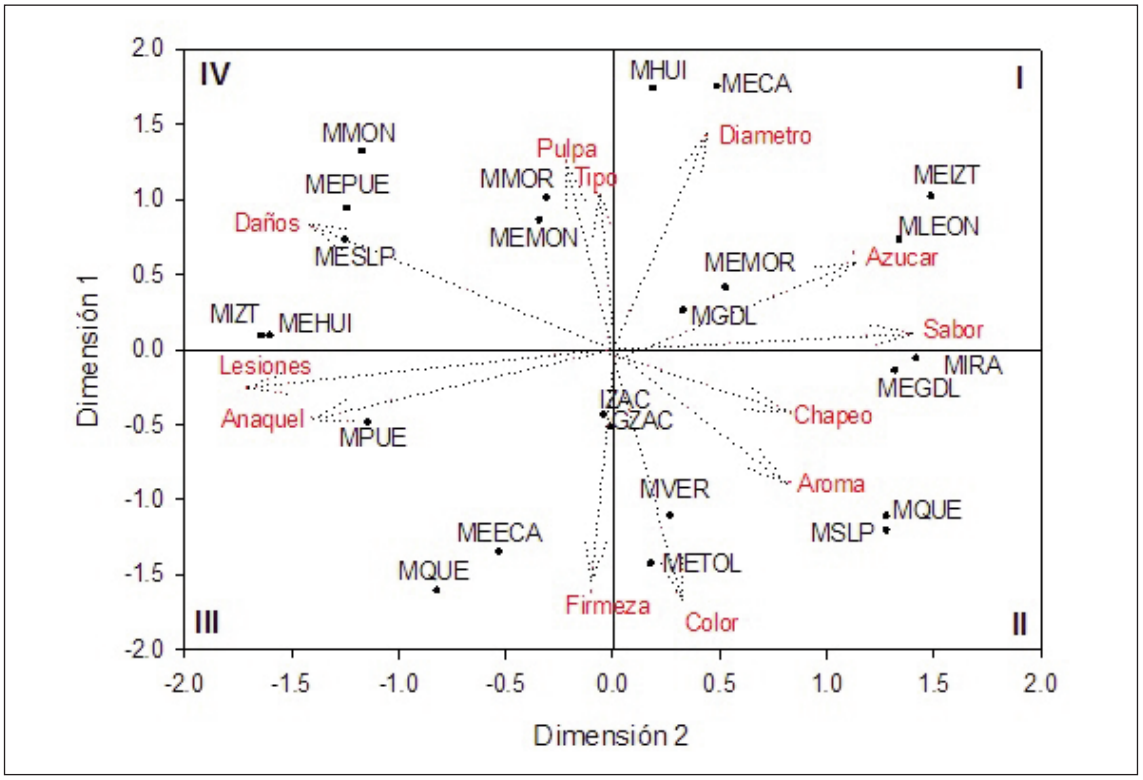


Figura 1. Segmentación de mercado basado en los atributos de calidad de la fruta.
Figure 1. Market segmentation based on the fruit quality attributes.

M= mayorista, ME= medio-mayorista; IZT= Iztapalapa, LEON= León, MOR= Morelia, GDL= Guadalajara, ECA= Ecatepec, IRA= Irapuato, QUE= Querétaro, TOL= Toluca, GZAC= Zacatecas, PUE= Puebla, MON= Monterrey, SLP= San Luis Potosí, HUI= Huixcolotla, Puebla.

tecas, San Luis Potosí, Ecatepec y Huixcolotla; así como los mayoristas de Monterrey, Veracruz e Iztapalapa dieron énfasis al precio y tamaño del empaque (Figura 2; Cuadrante II). Por lo tanto, para acceder a estos mercados se debe enfocar hacia mejorar la presentación de venta del producto. Según Saghir (2004) el empaque ayuda a manejar las mercancías de manera segura y efectiva. De la misma manera, el empaque influye en la decisión de compra por parte de los consumidores, ya que determina, en parte, cómo los clientes perciben la calidad del producto (Sanders y Green, 1989).

El tipo de empaque y su disponibilidad fueron más preciados por los mayoristas de Querétaro, Toluca, Monterrey y Huixcototla (Figura 2; Cuadrante III). El origen y procedencia (área) se valoró mejor por los mayoristas de Toluca, Guadalajara, Irapuato y San Luis Potosí; así como los medio-mayoristas de Iztapalapa y Ecatepec, éstos prefirieron un durazno de origen nacional y del norte-centro (Figura 2; Cuadrante IV). Lo anterior, concordó con lo señalado por Sangerman-Jarquin *et al*. (2011), ya que, en esta última investigación, el 78,3% de los mayoristas aceptaron durazno que fuese de origen nacional.

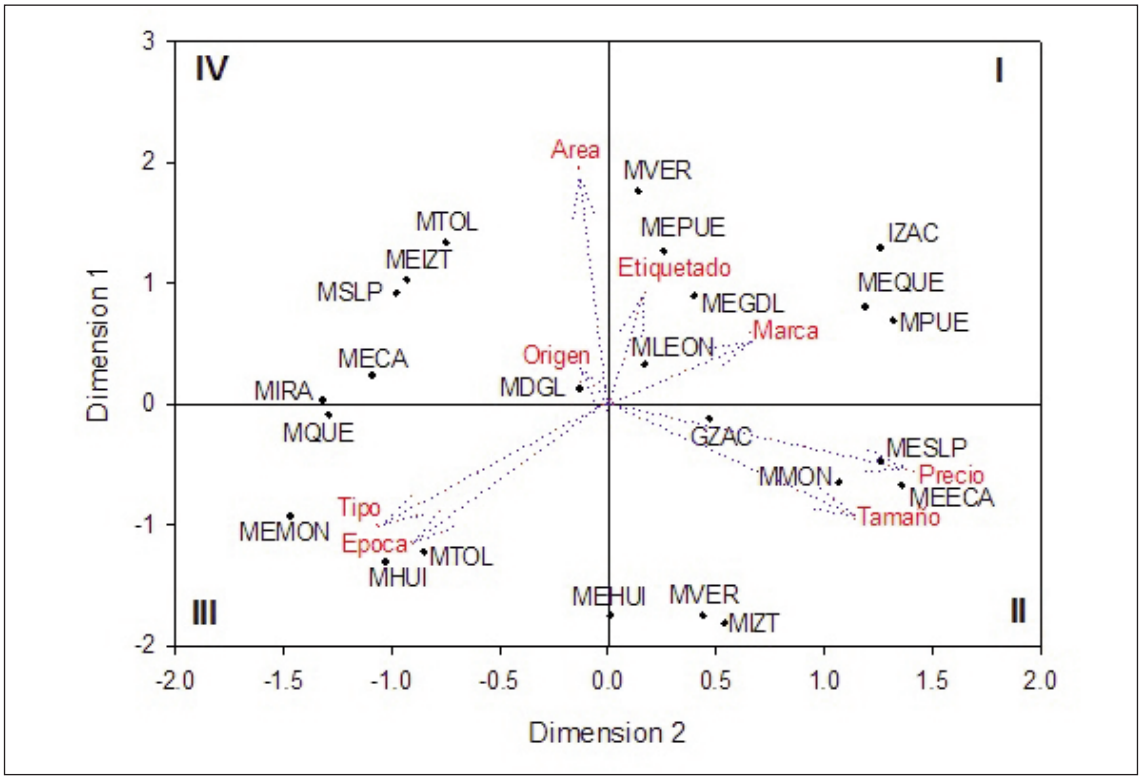


Figura 2. Segmentación de mercado basado en los atributos de comercialización del durazno.
Figure 2. Market segmentation based on the peach marketing attributes.

M= mayorista, ME= medio-mayorista; IZT= Iztapalapa, LEON= León, MOR= Morelia, GDL= Guadalajara, ECA= Ecatepec, IRA= Irapuato, QUE= Querétaro, TOL= Toluca, GZAC= Zacatecas, PUE= Puebla, MON= Monterrey, SLP= San Luis Potosí, HUI= Huixcolotla, Puebla.

Comportamiento de compra de los intermediarios en cuanto a sus percepciones futuras

En este apartado, los intermediarios fueron cuestionados sobre sus percepciones hacia las tendencias futuras de la comercialización del durazno. De acuerdo con el análisis, se generaron dos CP importantes. El primero explicó 55,3% de la variación y se orientó a aspectos naturales y con calidad de la fruta. La prueba de esfericidad de Bartlett ($p \leq$ 0,000) y la medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) (0,83), evidenciaron la existencia de correlación entre las variables dentro del componente en la muestra de intermediarios.

El segundo explicó 19,3% de la variación orientándose a productos innovadores y personalizados y donde la prueba de esfericidad de Bartlett fue significativa y la medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) fue de 0,77 (Tabla 3).

Utilizando como referencia los criterios de los dos componentes señalados previamente, se procedió a segmentar a los intermediarios. El primer segmento denominado "intermediarios comprometidos con productos más salu-

Tabla 3. Vectores raíz para la combinación de variables que integran los componentes principales sobre tendencias futuras de comercialización de los intermediarios.
Table 3. Root vectors for the combination of variables that integrate the Principal Components on perceptions of future marketing trends of intermediaries.

Variables	CP1. Natural y calidad	Variables	CP2. Innovadores y personalizados
¿Qué tan probable es que su empresa aumente la exigencia en la calidad del durazno?	0,83	¿Qué tan probable es que en su empresa sea necesario el etiquetado inteligente o trazabilidad?	0,85
¿Qué tan probable será que su empresa requiera un producto inocuo?	0,84	¿Qué tan probable es que su empresa invierta en comercializar un durazno personalizado? (forma o color exótico)	0,89
¿Qué tan probable es que su empresa invierta en la compra de duraznos orgánicos?	0,81	¿Qué tan probable es que en su empresa invierta en nuevos productos agroindustriales de durazno?	0,85
¿Qué tan probable es que en su empresa considere al durazno como un producto que mejore la salud del consumidor?	0,84		
Varianza explicada (%)	55,3		19,3
KMO	0,83		0,77

dables" concentró 27,2% de los intermediarios encuestados (101 intermediarios). Los integrantes de este grupo buscaron productos de buen sabor y, sobre todo, nutritivos y orgánicos, lo cual apoyó, en parte, los resultados de Hsu y Chen (2014) quienes señalaron que los consumidores buscan productos que no sólo contribuyan a la alimentación, sino que además contribuyan a la salud. Los miembros de este grupo tenían una edad promedio de 50 años y una escolaridad de secundaria. Los precios que manejaban fueron más altos que el promedio y contaban con acceso a crédito. Este grupo se integró por medio-mayoristas, principalmente de la zona centro en Iztapalapa. Al respecto, Shafie y Rennie (2012) apuntaron que en los países desarrollados la demanda por alimentos y bebidas orgánicas ha crecido hasta 20% promedio anual; lo cual se atribuyó fundamentalmente a que los consumidores ahora dan mayor importancia al cuidado de la salud y el ambiente, minimizando así, la contaminación de alimentos. Adicionalmente, Padilla-Bernal y Pérez-Veyna (2008) han sugerido acompañar la venta de estos productos, con información basada en una estrategia de comercialización orientada a incrementar el conocimiento de los consumidores acerca de los productos orgánicos, de cómo diferenciarlos en el mercado y donde se enfaticen en las propiedades naturales del durazno.

El segundo segmento identificado como "Intermediarios despreocupados" fue el grupo más grande (49,9%) de la muestra (185 intermediarios). Éstos tuvieron una edad promedio de 56 años y una escolaridad hasta primaria. Se integraron principalmente por mayoristas del norte de México y no contaban con acceso a crédito. Se caracterizaron por estar desvinculados de las consideraciones actuales respecto inocuidad, productos orgánicos y trazabilidad. Así mismo, no les interesó saber las demandas del consumidor. Por tanto, ofertaron duraznos sin considerar los requerimientos del mercado y medio ambiente. Al respecto, Higuchi (2015) mencionó que conocer la demanda del mercado permite aportar productos específicos para mercados definidos y, así mejorar utilidades.

El tercer segmento identificado como "Intermediarios innovadores" representó 22,9% de la muestra (85 intermediarios). En general, este grupo tuvo una edad promedio de 54 años y una escolaridad de secundaria. Este grupo se conformó principalmente por medio-mayoristas, sobre todo de la zona de Guadalajara. Son intermediarios que contaban con acceso a créditos que les permitía innovar en tecnologías. Los integrantes de este grupo prefirieron utilizar sistemas de trazabilidad como mecanismos de mercado que cierren la brecha de información entre los agentes. De igual manera, se dejaron llevar por las últimas tendencias del mercado, eliminando conceptos tradicionales, generando nuevas oportunidades y nichos para productos especializados. En este último aspecto, Drucker (2000) ha enfatizado sobre el tema del desarrollo de mercados, específicamente a la innovación como una herramienta importante en el desarrollo estratégico de las empresas. Él afirmó que la innovación es la única herramienta para la creación de mercados y clientes en las estrategias empresariales contemporáneas. Para ello, deberá realizarse una sólida planificación de los nuevos productos.

Al priorizar la información de las tendencias futuras de manera general, se encontró que generar nuevos productos agroindustriales es poco relevante, mientras que incrementar la calidad del durazno es el factor más importante para los intermediarios (Figura 3). La innovación y el proceso de desarrollo de un nuevo producto para el mercado, tiene que garantizar de alguna manera que éste vaya a tener los valores y los atributos de satisfacción que el cliente desea. No obstante, el desarrollo de un nuevo producto tiene que orientarse, desde sus fases iniciales, a descubrir cuáles son esas nuevas características que el cliente demanda o demandará. Una vez que se cuenta con dicho conocimiento, puede entonces, realizarse estrategias para mejorar la oferta de los productos que los consumidores solicitan. En el caso del durazno, se tienen experiencias con el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) que cuenta con diversas tecnologías para mejorar la producción de durazno, principalmente el mejoramiento genético de esta especie (Zegbe Domínguez *et al*., 1999). No obstante, es imperativo continuar profundizando en el conocimiento y directrices del mercado.

Conclusiones

Esta investigación representa el primer enfoque para el estudio de los intermediarios de durazno en México, si bien el análisis no integra a toda la cadena agroalimentaria, lo cierto es que los resultados proporcionados por 371 intermediarios, permite establecer directrices claras y tener una visión más amplia sobre las características de los intermediarios de durazno de once ciudades del país, así como de aspectos de calidad del producto que son más apreciadas en el mercado.

Los resultados mostraron que los intermediarios de durazno en México pueden formar

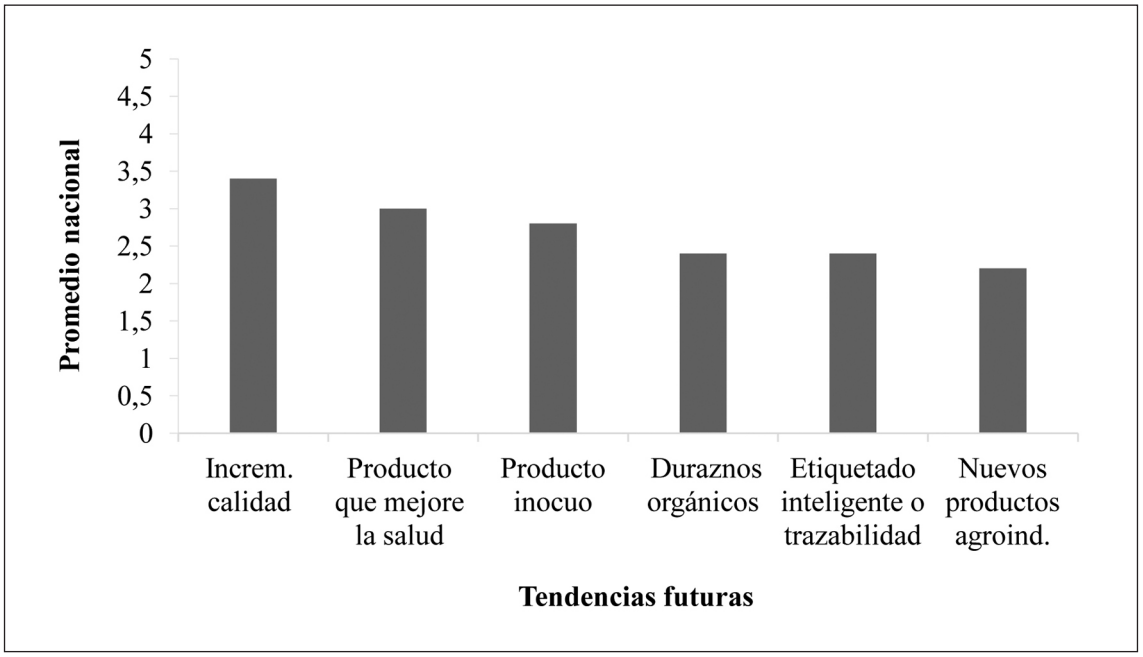


Figura 3. Priorización y ranking del promedio nacional de percepciones sobre tendencias futuras sobre comercialización.
Figure 3. Prioritization and ranking of regional averages of perceptions on future marketing trends.

tres grupos según sus percepciones futuras: comprometidos con productos más saludables, despreocupados e innovadores. Sólo el 22,9% de los intermediarios fueron innovadores; esto permite explicar la competitividad baja del durazno ante otros sistemas de producción. No obstante, cada segmento aplica estrategias de negocio diferenciados, lo que puede permitir a los productores de durazno de México canalizar el durazno de acuerdo a la calidad lograda en el año agrícola. Lo anterior, con el fin de colocar la fruta en el mercado a un precio aceptable. Además, existe un desconocimiento hacia los gustos y preferencias de los intermediarios de durazno, por ello los tomadores de decisiones deberán considerar la existencia de heterogeneidad entre los intermediarios y las características que los distinguen.

Los atributos de calidad aceptados, en general, van desde un color externo rojo hasta el amarillo, con un 25% de chapeo, el color de la pulpa puede ser desde el amarillo hasta el blanco, sin pigmentación rojiza en la pulpa o alrededor del hueso y diámetro ecuatorial mayor o igual a 56 mm. Estos elementos dejan evidente la necesidad de establecer nuevas plantaciones, donde los productores utilicen variedades que satisfagan requerimientos y logren satisfacer la demanda.

Los intermediarios del mercado valoran los rasgos de calidad de la fruta de manera diferente dependiendo de la región donde se ubicó la operación. En general, los intermediarios de mercado asignaron mayores valores a los rasgos de calidad de la fruta que mejorarían las ganancias de sus operaciones, satisfaciendo estrechamente la aceptación de los consumi-

dores ampliando la ventana de tiempo de comercialización o facilitando tratamiento.

Esta información, deja entrever que en términos empresariales es plausible efectuar estrategias de marketing diferenciadas. La comercialización en establecimientos y supermercados gourmet buscan otorgar experiencias de calidad a su audiencia, por lo que intermediarios comprometidos e innovadores pueden tener una mejor recepción de sus productos.

También, no se debe perder de vista que una mejora en las redes de abastecimiento, los tiempos de distribución y el mantenimiento de la cadena de frío permitirían ofrecer un producto con más calidad en aquéllos mercados que así lo demandan, tal y como sucede con el grupo de "intermediarios innovadores".

Por otra parte, es evidente que algunos intermediarios, muestran actitudes de desconocimiento y desinterés en el mercado, de ahí que estrategias para sensibilizar mediante la formación continua y desde la organización productiva pueden conducir a mejoras empresariales sustanciales.

Otro aspecto relevante, es el conocimiento del producto y el posicionamiento que se logre en la mente del consumidor, para lo cual se puede trabajar con estrategias de promoción genérica, donde se destaquen los atributos de salud, cuidado ambiental, de calidad del producto, origen, entre otros.

Por último, esta investigación se ha limitado a unas áreas geográficas específicas, por lo que su extrapolación debe de efectuarse con cautela.

Referencias bibliográficas

Antonio-González J, García-Salazar JA, Chalita-Tovar LE, Matus-Gardea JA, Cruz-Galindo G, Sangerman-Jarquin DM, Portillo Vazquez M, Forti-Hernandezs M (2012). Modelo de equilibrio espacial para determinar costos de transporte en la distribución de durazno en México. Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas 3: 701-712. https://doi.org/10.29312/remexca.v3i4.1424

Arroyo-Pozos M, Aguilar-Ávila J, Santoyo-Cortés V, Muñoz-Rodríguez M (2015). Demanda de importaciones de durazno (*Prunus persica* L. Batsch) en México procedentes de Estados Unidos de América (1982-2011). En: Ciencias Sociales: Economía y Humanidades (Ed. Pérez-Soto F, Figueroa-Hernández E y Godínez-Montoya L) pp. 167-176. ECORFAN-México, Universidad Autónoma Chapingo, México.

Bruhn CM, Feldman N, Garlitz C, Hardwood J, Ivans E, Marshall M, Riley A, Thurber D, Williamson E (1991). Consumer perceptions of quality: Apricots, cantaloupes, peaches, pears, strawberries and tomatoes. Journal of Food Quality 14: 187-195. https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.1991.tb00060.x

Cerda Urrutia AA, García Pérez LY, González Canino JC, Salvatierra Núñez AI (2011). Preferencias y disposición a pagar por uva de mesa orgánica en la región del Maule, Chile. Revista Brasileira de Fruticultura 33: 784-790. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452011000300012

Cochran G, Díaz E (1980). Técnicas de Muestreo, 1ra. Ed. Compañía Editorial Continental, México. 513 pp.

De la Torre-Almaraz R., Sánchez-Navarro J, Pallás V (2014). Detección del *Prunus necrotic ringspot virus* en durazno *Prunus persica* (L.) en México y caracterización molecular de su componente ARN-3. Agrociencia 48: 583-598.

Díaz Martínez J, Chaires Hernández I, Gurrola Reyes JN, Proal Nájera JB, González Güerreca MC, Castellanos Pérez E (2017). Modelos del crecimiento del fruto de duranzo *Prunus persica* (L) en tres sistemas de manejo. Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América 42: 597-602.

Diez E, Fernández C (1993). Distribución Comercial, 1ra. Ed. Craw Hill, Madrid. 234 pp.

Drucker PF (2000). La disciplina de la innovación. Creatividad e innovación 157-174.

Engo N, Fuxman A, González C, Negri L, Polenta G, Vaugagna S (2015). Desarrollo sobre las exigencias sobre calidad e inocuidad de alimentos en el mundo (2025), 1ra ed. Buenos Aires: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. 290 pp.

Gallardo RK, Li H, McCracken V, Yue C, Luby J, McFerson JR (2015). Market intermediaries' willingness to pay for apple, peach, cherry, and strawberry quality attributes. Agribusiness 31: 259-280. https://doi.org/10.1002/agr.21396

García-Mogollón A, Torres-Zamudio M (2017). Estudio de vigilancia tecnológica sobre el desarrollo de patentes en el campo de la producción y transformación de durazno. Revista Ciencia y Agricultura 14: 15-29. https://doi.org/10.19053/01228420.v14.n1.2017.6084

Greenhoff K, MacFie H (1994). Preference mapping in practice. En: Measurement of food preferences (Ed. H.J.H. MacFie, Thompson, D.M.H.) pp. 137-166. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2171-6_6

Higuchi A (2015). Características de los consumidores de productos orgánicos y expansión de su oferta en Lima. Apuntes 42: 57-89. https://doi.org/10.21678/apuntes.77.739

Hsu CL, Chen MC (2014). Explaining Consumer Attitudes and Purchase Intentions towards organic food: contributions from regulatory fit and consumer characteristics. Food Quality and Preference 35: 6-13. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.01.005

Kotler P, Keller L (2006). Marketing management, 12 ed., New Jersey. 816 pp.

Kruskal JB (1964). Nonmetric multidimensional scaling: A numerical method. Psychometrika 2: 115-129. https://doi.org/10.1007/bf02289694

Larqué Saavedra BS, Sangerman-Jarquín DM, Ramírez Valverde B, Navarro Bravo A, Serrano Flores ME (2009). Aspectos técnicos y caracterización del productor de durazno en el estado de México. Agricultura Técnica en México 35: 305-315.

Le Bellec F, Vaillant F, Imbert E (2006). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new fruit crop, a market with a future. Fruits 61: 237-250. https://doi.org/10.1051/fruits:2006021

Martínez Damián MA, Vargas Oropeza JA (2004). Un sistema de demanda casi ideal (AIDS) aplicado a once frutas en México (1960-1998). Revista Fitotecnia Mexicana 27: 367-375.

Malhotra K (2008). Investigación de mercados. 5a ed., Pearson Prentice Hall. México. 805 pp.

Metref H, Calvo-Dopico D (2016). Señalización de la calidad y análisis de los beneficios asociados a la trazabilidad. Análisis del mercado del atún en España. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 112: 421-437. https://doi.org/10.12706/itea.2016.026

Mora M, Contador L, Rodrigo I, Rubio P, Espinoza J, Schnettler B (2010). Identificación de segmentos de mercado y preferencias hacia dos variedades de durazno fresco: una aproximación mediante evaluación in situ en una frutería de Santiago, Chile. Economía Agraria 14: 47-63

Osborne J, Parra-Quezada RA, Robinson TL, Arreola-Avila JG (2014). El raleo químico en floración incrementa el tamaño del fruto y el valor de la producción en durazno variedad 'Zee Lady'. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 5: 353-365. https://doi.org/10.29312/remexca.v5i3.942

Padilla-Bernal LE, Pérez-Veyna O (2008). El consumidor potencial de durazno (*Prunus persica*) orgánico en Zacatecas, Aguascalientes y San Luis Potosí. Agrociencia 42: 379-389.

Parker DD, Zilberman D, Moulton KS (1991). How quality relates to price in California fresh peaches. California Agriculture 45: 14-16.

Peñaherrera V, Carpio C, Sandoval L, Sánchez M, Cabrera T, Guerrero P, Borja I (2019). Efecto del etiquetado de semáforo en el contenido nutricional y el consumo de bebidas gaseosas en Ecuador. Revista Panamericana de Salud Pública 42:1-8. https://doi.org/10.26633/rpsp.2018.177

Ramos-Sandoval N, García-Salazar JA, Borja-Bravo M, Guajardo-Hernández LG, Almeraya-Quintero SX, Arana-Coronado OA (2017). El mercado de la guayaba (*Psidium guajava* L.) en Aguascalientes: un análisis para reducir la volatilidad de los precios. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 18: 3757-3769. https://doi.org/10.29312/remexca.v8i18.219

Sánchez-Toledano BI, Zegbe Domínguez JA, Rumayor Rodríguez AF (2013). Propuesta para evaluar el proceso de adopción de las innovaciones tecnológicas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 4: 855-868. https://doi.org/10.29312/remexca.v4i6.1154

Sangerman-Jarquin DM, Larqué Saavedra BS, Navarro Bravo A, Schwentesius de Rindermann R, Nieto Morales C, Cuevas Sánchez JA (2011). Estudio de mercado de aguacate, guayaba y durazno en el Distrito Federal, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 2: 925-938. https://doi.org/10.29312/remexca.v2i6.1572

Secretaria de economía (SE) (2008). Logística de centrales de abasto. Disponible en: http://www.elogistica.economia.gob.mx/work/models/elogistica/Resource/1/1/images/ABASTO0812.pdf. (Consultado: 29 julio 2018).

Sanders RT, Green KC (1989). Proper packaging enhances productivity and quality. Industrial Engineering 21: 51-55.

Saghir M (2004). The concept of packaging logistics. In Proceedings of the Fifteenth Annual POMS Conference, April 30 – May 3, Cancun, Mexico.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2018). Las centrales de abasto y mercados mayoristas en México. Disponible en: https://www.gob.mx/siap/articulos/las-centrales-de-abasto-y-los-mercados-mayoristas-en-mexico (Consultado: 10 febrero 2018).

Sumaya-Martínez M, Suárez-Diéguez T, Cruz-Cansino NS, Alanís García E, y Sampedro JG (2010). Innovación de productos de alto valor agregado a partir de la tuna mexicana. Revista Mexicana Agronegocios 27: 435-41.

Sistema Nacional de Información e Integración de Mercado (SNIMM) (2013). Anuario estadístico. Disponible en: http://www.economia-sniim.gob.mx/Nuevo/Home.aspx?opcion=../SNIIM-Estadisticas/anuariofx.asp/ (Consultado: 10 enero 2019).

Shafie FA, Rennie D (2012). Consumer perceptions towards organic food. Procedia-Social and Behavioral Sciences 49: 360-367. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.07.034

Verdú J (2001). Desarrollo y validación de una escala de medición de la calidad percibida del vino tinto. Comunicación presentada al XI Congreso Nacional de la Asociación Científica de Economía y Dirección de la Empresa (ACEDE). Zaragoza, España. Septiembre. 12 pp.

Wicab Gutiérrez O, Blando Sánchez DB (2018). Exportaciones mexicanas al mercado hortofrutícola en fresco de Japón y las posibilidades de detonar un proceso de innovación inducida en el marco del CPTTP. PORTES, Revista Mexicana de Estudios sobre la Cuenca del Pacífico 12: 97-115.

Yagüe J (1996). Otras formas de competir: Diferenciación de productos y comercialización. Revista Situación 1: 201-221.

Zegbe Domínguez JA, Rumayor Rodríguez AF, Reveles Torres LR, Pérez Barraza MH (1999). 'Victoria' un clon criollo de durazno de hueso pegado para Zacatecas. Revista Fitotecnia Mexicana 22: 227-235.

(Aceptado para publicación el 10 de julio de 2019)

PREMIOS DE PRENSA AGRARIA 2019 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 2019. 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) Directora del Instituto Pirenaico de Ecología.
4. El premio será anual y tendrá una dotación económica.
5. Las deliberaciones del jurado serán secretas, y su fallo inapelable.
6. El fallo del jurado se dará a conocer en la revista ITEA, y la entrega del premio se realizará con motivo de la celebración de las Jornadas de Estudio de AIDA.

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

INSCRIPCIÓN EN AIDA

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

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

También puede hacer una transferencia a la cuenta de AIDA (Ibercaja, Ag. 156, Fernando el Católico 59, 50006 Zaragoza, nº ES65-2085-5202-7903-3053-6630) por el importe de la couta anual. En ese caso, adjunte un comprobante de la transferencia.

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

En _____ , a ___ de _____ de 20__

Firma:

FORMA DE PAGO (COUTA ANUAL: 50 EUROS)

	Cargo a cuenta corriente (rellenar la domiciliación bancaria)
	Transferencia a la cuenta de AIDA ES65-2085-5202-7903-3053-6630 (adjuntar comprobante)

DOMICILIACION BANCARIA

Sr. Director del Banco/Caja

Muy Sr. mío,

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

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

Atentamente,

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

PROTECCIÓN DE DATOS

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

AUTORIZACIONES

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

* Debe responder a estar cuestiones obligatoriamente.

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

SE INFORMA

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

Nombre y apellidos del Socio:

DNI:

Representante legal (si lo hubiere):

DNI:

En _____ , a ___ de _____de 20___

FIRMA DEL SOCIO:

NORMAS PARA LOS AUTORES (actualizado febrero de 2019)

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

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

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 fórmulas químicas (excepto símbolos químicos para indicar isótopos) y se evitarán las abreviaturas. 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. En caso de más de una referencia de un mismo autor principal, se mantendrá el orden cronológico entre ellas. Se podrán citar trabajos "en prensa", siempre que hayan sido aceptados para su publicación. En casos excepcionales, se aceptarán menciones como "Comunicación personal" o "Resultados no publicados", aunque no constarán entre las referencias bibliográficas. Se indican a continuación ejemplos de **referencias bibliográficas**:

Artículo

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

Capítulo de libro

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

Libro

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

Acta de congreso

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

Fuente electrónica

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

Documento oficial

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

Leyes / Reglamentos

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

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

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

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

Ejemplo de tabla:

Tabla 3. Tarjetas de productos hipotéticos expuestos a los encuestados

Table 3. Hypothetical products cards shown to those surveyed

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

Fuente: Diaz *et al.* (2013)

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

5. Normas de estilo

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

Volumen 115
Número 3
Septiembre 2019

itea

información técnica económica agraria

www.aida-itea.org

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO

