itea

información técnica económica agraria

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO



Volumen 116

Número 1

Marzo 2020

aida-itea.org

itea

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

2020- AÑO LI Vol. 116 N.º 1 http://dx.doi.org/10.12706/itea	**DIRECCIÓN Y REDACCIÓN** Avda. Montañana, 930 50059 ZARAGOZA (ESPAÑA) Tel.: 34-976 716305 Fax.: 34-976 716335 E-mail: direccion@aida-itea.org	Depósito legal: Z-577-82 ISSN: 2386-3765 INO Reproducciones, S.A. Pol. Malpica, calle E, 32-39 (INBISA II, nave 35) 50016 Zaragoza

DIRECTOR: Albina Sanz, CITA de Aragón. España

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

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

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

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

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

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



Foto y texto: Silvia Baizán González

La preocupación actual por la sostenibilidad ambiental, económica y social se refleja en una preferencia, por parte de los consumidores, por productos lácteos procedentes de sistemas de producción basados en pastos. El pastoreo, además de ser la forma más rentable de alimentar a las vacas lecheras, mejora la calidad nutricional de la leche al cambiar su composición de ácidos grasos disminuyendo el contenido en ácidos grasos saturados y favoreciendo el incremento en ácidos grasos poliinsaturados, especialmente los del grupo omega-3. Por tanto, el desarrollo de las actividades del Programa de Leche del Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario del Principado de Asturias (SERIDA) está orientado hacia la mejora de la producción de leche mediante un manejo sostenible y competitivo, protegiendo el medio ambiente, promoviendo la salud y el bienestar animal y mejorando la calidad del producto final.

Sumario

Producción Vegetal

Selección de una especie de *Trichogramma* (Hym., Trichogrammatidae) para el control biológico de la polilla de la patata *Phthorimaea operculella* (Lep., Gelechiidae) mediante el estudio del comportamiento de parasitación del huésped.
Selection of a Trichogramma *species (Hym., Trichogrammatidae) for the biological control of the potato moth* Phthorimaea operculella *(Lep., Gelechiidae) by host-parasitism behavioral study.*
J.R. Gallego, L. Mellado-López y T. Cabello 2

Efecto de rizobacterias y dosis reducidas de fertilizantes sintéticos sobre la expresión morfo-productiva de tomate en invernadero.
Effect of rhizobacteria and reduced doses of synthetic fertilizers on the morpho-productive expression of tomato in greenhouse.
R.G. Chiquito-Contreras, J.J. Reyes-Pérez, C.J. Chiquito-Contreras, L. Vidal-Hernández y L.G. Hernández-Montiel 19

Producción Animal

Evaluación de la crianza artificial de terneros lactantes, con dos tipos de alimentación inicial.
Evaluation of the artificial rearing of lactating calves, with two types of starter feed.
S. Pared, G. Bilbao, S. Gatius, P.I. Alvarado y R.A. Rubio 30

Evaluación de la sostenibilidad entre 2010 y 2015 de sistemas de producción de leche en pequeña escala en el altiplano central de México.
Assessment of the sustainability between 2010 and 2015 of small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico.
F. Prospero-Bernal, F. López-González, C.G. Martínez-García y C.M. Arriaga-Jordán 41

Economía Agraria

Intención de compra de aceite de oliva con denominación de origen protegida: el aceite del Bajo Aragón.
Intention to purchase olive oil with a protected designation of origin: the case of Bajo Aragón.
L. Pérez y Pérez y A. Gracia 57

La técnica de análisis *Shift-Share* y los mercados internacionales del vino.
The Shift-Share Analysis technique and the International wine markets.
F.J. Cervera y R. Compés 71

Selección de una especie de *Trichogramma* (Hym., Trichogrammatidae) para el control biológico de la polilla de la patata *Phthorimaea operculella* (Lep., Gelechiidae) mediante el estudio del comportamiento de parasitación del huésped

J.R. Gallego, L. Mellado-López y T. Cabello*

Escuela Superior de Ingeniería, Departamento de Biología y Geología, Universidad de Almería, Ctra. Sacramento s/n, CP. 04120, Almería, España

Resumen

Las plagas que actualmente ocasionan mayores pérdidas económicas en el cultivo de patata en España son las denominadas "polilla común de la patata", *Phthorimaea operculella,* y "polilla guatemalteca de la patata", *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae). Por ello, se ha llevado a cabo un estudio, en condiciones de laboratorio, para evaluar el potencial biológico de dos especies de parasitoides de huevos: *Trichogramma achaeae* y *T. cacoeciae* (Hym.: Trichogrammatidae) como agentes de control para *P. operculella*. Se han realizado tres grupos de ensayos: "no elección" de huésped, "elección" de huésped y estudio del comportamiento de parasitación. En todos los ensayos se compararon los huevos de la plaga frente al huésped de cría de los parasitoides: *Ephestia kuehniella*. En los resultados del ensayo de "no elección" se ha encontrado que *T. achaeae* parasitó significativamente más huevos huéspedes de ambas especies que *T. cacoeciae*. Así, la mortalidad total de huevos en *P. operculella* fue del 92,78 ± 13,47% para *T. achaeae* frente al 70,88 ± 15,11% para *T. cacoeciae*. A su vez, en el ensayo de "elección" se ha encontrado que las hembras adultas de ambas especies de parasitoides presentaron una preferencia por los huevos de *P. operculella* (β_2 = 0,58 ± 0,10 y β_2 = 0,61 ± 0,17 para *T. achaeae* y *T. cacoeciae*, respectivamente). Por último, en el ensayo de comportamiento de parasitación, se ha encontrado que *T. cacoeciae* presentó significativamente menores tiempo de búsqueda y menores tiempos de manipulación de ambos huevos huéspedes que *T. achaeae*. Ambas especies de *Trichogramma* parecen ser buenos candidatos como agentes de control biológico de *P. operculella*, lo que debe ser confirmado posteriormente mediante estudios en campo y en almacén.

Palabras clave: Parasitoides oófagos, selección de huésped, aceptación de huésped, tiempo de búsqueda, tiempo de manipulación.

Selection of a *Trichogramma* species (Hym., Trichogrammatidae) for the biological control of the potato moth *Phthorimaea operculella* (Lep., Gelechiidae) by host-parasitism behavioral study

Abstract

Currently, the "potato tuberworm", *Phthorimaea operculella*, and the "Guatemalan potato moth", *Tecia solanivora* (Lep.: Gelechiidae) are the two pests of the greatest economic importance in Spanish potato crops. For this reason, the potential as biological control agent of two egg parasitoid species –*Tri-*

* Autor para correspondencia: tcabello@ual.es

Cita del artículo: Gallego JR, Mellado-López L, Cabello T (2020). Selección de una especie de *Trichogramma* (Hym., Trichogrammatidae) para el control biológico de la polilla de la patata *Phthorimaea operculella* (Lep., Gelechiidae) mediante el estudio del comportamiento de parasitación del huésped. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 116(1): 2-18. https://doi.org/10.12706/itea.2019.013

chogramma achaeae and *T. cacoeciae* (Hym.: Trichogrammatidae)– of the pest species *P. operculella* has been studied, under laboratory conditions. Three groups of trials have been carried out: "non-choice" test, "choice" test, and study of parasitic behavior. In all the trials the eggs of the pest specie were compared with the rearing host of the parasitoids: *Ephestia kuehniella*. In the results, "no choice" test, *T. achaeae* parasitized significantly more eggs of both species than *T. cacoeciae*. Thus, total egg mortality in *P. operculella* was 92.78 ± 13.47% by *T. achaeae versus* 70.88 ± 15.11% by *T. cacoeciae*. In turn, in the "choice" test, it was found that adult females of both parasitoid species preferred *P. operculella* eggs (β_2 = 0.58 ± 0.10 y β_2 = 0.61 ± 0.17 para *T. achaeae* y *T. cacoeciae*, respectively). Finally, in the parasitic behavior test, it was found that *T. cacoeciae* showed significantly shorter host searching times and shorter host handling times than *T. achaeae*. Both *Trichogramma* species seem to be good candidates as biological control agents of *P. operculella*, which must be subsequently confirmed by field and warehouse trials.

Keywords: Egg parasitoids, host selection, host acceptance, foraging behavior, searching time, handling time.

Introducción

La patata (*Solanum tuberosum* L.) está considerada como uno de los cuatro cultivos más importantes para la alimentación humana, con una producción mundial de 195 millones de toneladas y una superficie cultivada de 19 millones de hectáreas (FAOSTAT, 2018).

Las plagas que actualmente ocasionan mayores pérdidas económicas en el cultivo de patata en España son las denominadas "polilla común de la patata", *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lep.: Gelechiidae), y "polilla guatemalteca de la patata", *Tecia solanivora* (Povolný) (Lep.: Gelechiidae).

De ellas, *T. solanivora* fue detectada en Canarias en 1999, llegando a producir pérdidas cercanas al 50% de la producción total en algunas campañas (Trujillo-García y Perera-González, 2017). En la Península, esta plaga se detectó por primera vez en septiembre de 2015 en varios términos municipales de las provincias de A Coruña y Lugo (Galicia); así como en el Principado de Asturias (MAPAMA, 2017).

A su vez, la "polilla común de la patata" es una de las plagas más importantes de los cultivos de patata a nivel mundial, pudiendo llegar a producir hasta un 80% de pérdidas en campo, así como daños importantes durante el almacenamiento (Rondon, 2010).

Es una especie cosmopolita que está ampliamente extendida en los cinco continentes (EPPO, 2015); así como en todas las zonas de cultivo de patata del territorio español.

En España, *P. operculella* se citó por primera vez en el año 1925 en Valencia, aunque posiblemente llevase más tiempo en la Península Ibérica (García-Mercet, 1925). Sus larvas forman galerías en el interior de los tubérculos, inutilizándolos para el consumo. Además, perforan los tallos y hojas de la planta, debilitándola y reduciendo los rendimientos, aunque los daños más importantes se producen después de la cosecha, cuando se almacenan los tubérculos (Kroschel y Schaub, 2013).

Hasta la fecha, el control químico con insecticidas ha dado buenos resultados para controlar la "polilla común de la patata" en campo y en almacenamiento (Trujillo-García y Perera-González, 2014). Sin embargo, la aparición de resistencias a insecticidas, conjuntamente con la cada vez más restrictiva lista de sustancias activas permitidas y la importancia de los residuos químicos en las hortalizas, hace que cada vez se tengan más en cuenta otros tipos de alternativas, como el uso de agentes de control biológico (Perera-González *et al.*, 2009).

Las liberaciones de himenópteros parasitoides oófagos del género *Trichogramma* Westwood

(Hym., Trichogrammatidae), constituyen un importante componente en los programas de manejo integrado de plagas para el control biológico de lepidópteros (Mills, 2010). Así, las especies de *Trichogramma* son los parasitoides más empleados como agentes de control biológico de especies plaga en cultivos y masas forestales a nivel mundial debido a su efectividad, a la facilidad para su producción en biofábricas a bajos costes y a su amplio rango de especies huésped (Cabello, 1985). Varias especies de este género son liberadas anualmente en el mundo en más de 33 millones de hectáreas de diferentes cultivos; ello para el control biológico de diversas especies plaga de lepidópteros (Hajek y Eilenberg, 2018).

Por otra parte, existen pocos antecedentes disponibles sobre aspectos relacionados con especies de *Trichogramma* como parasitoides de *P. operculella*. Se ha citado el potencial biótico de algunas especies de este género para controlar la plaga, como p. ej. *T. pretiosum* (Riley), *T. cacoeciae* (Marchal), *T. evanescens* (Westwood) y *T. brasiliensis* (Ashmead) (Harwalkar *et al.,* 1987; Pratissoli y Parra, 2000; Saour*,* 2004). Además, especies no identificadas de este género han aparecido en prospecciones de enemigos naturales de la "polilla de la patata" en Colombia (Kroschel y Schaub, 2013).

No es la primera vez que se utilizan especies de *Trichogramma* en el control biológico de la "polilla común de la patata" en España. Así, Urquijo (1944) introdujo desde Estados Unidos de América y llevó a cabo la cría en masa de *T. minutum* y *T. pretiosum* en la antigua Estación Fitopatológica de A Coruña. Realizó sueltas de *T. minutum* en más de 44 parcelas con cultivo comercial en las zonas costeras de Galicia, desde Muros (A Coruña) hasta la desembocadura del Miño (Pontevedra). Los resultados, en los casos en los que se dispuso de datos, fueron muy buenos con un resultado favorable de control en el 54,6% de los casos, no favorable en el 29,5% y dudoso en el resto (15,9%). Asimismo, este autor destacó la importancia de la coincidencia de dichas liberaciones con los máximos de oviposición de los adultos de la "polilla común de la patata".

En el presente trabajo, dos especies autóctonas de *Trichogramma* fueron evaluadas en condiciones de laboratorio mediante el estudio del parasitismo, emergencia, desarrollo, elección de huésped en condiciones de "no elección" y "elección", así como por el estudio del comportamiento de parasitación. Todo ello con el objetivo de seleccionar la especie de parasitoide de huevos con mejor potencial biótico para el control de la "polilla común de la patata". En este sentido, hay que señalar que el parasitismo y la idoneidad de los huevos de especies plaga, usualmente determinado mediante el porcentaje de huevos parasitados y el número de adultos emergidos, entre otros parámetros, son fundamentales para la selección de un buen agente de control biológico (Hou *et al*., 2018).

Material y métodos

Material biológico y condiciones experimentales

Los ejemplares de los parasitoides *T. achaeae* y *T. cacoeciae*, utilizados en los ensayos, se obtuvieron de poblaciones naturales de huevos parasitados de lepidópteros y hemípteros Scutelleridae en las localizaciones de Fuencaliente (Isla de la Palma, España) (28° 28′ 43″ N, 17° 51′ 42″ W) y Sierra de Cazorla (Jaén, España) (37° 47′ 43,2″ N, 2° 54′ 26,9″ W), respectivamente. Posteriormente, dichas especies fueron mantenidas artificialmente en el laboratorio de Entomología Agrícola de la Universidad de Almería durante 9 y 6 años, respectivamente, antes del inicio de los ensayos.

Para la cría se utilizaron huevos de la "polilla mediterránea de la harina", *Ephestia kuehniella* (Zeller) (Lep., Pyralidae), siguiendo la metodología descrita por Cabello (1985). Para ello, en dos cartulinas de 2 x 7 cm, se adhirieron aproximadamente 2000 huevos con agua y se introdujeron en tubos de plástico de 130 ml donde se encontraban los parasitoides adultos en proporción de 1:4 (adultos del parasitoide:huevos huéspedes), como alimento se aportó una línea fina de miel aplicada con una aguja.

La población de *P. operculella*, fue criada en el mismo laboratorio y se inició con ejemplares suministrados por el Laboratorio de Sanidad Vegetal de Almería (Junta de Andalucía, España). La cría se realizó siguiendo la metodología descrita por Fenemore (1977) utilizando patatas pequeñas, tipo guarnición, como alimento para las larvas. Para que se iniciase el desarrollo larvario sobre las patatas, discos de papel de filtro con huevos de la polilla provenientes de las cámaras de apareamiento y oviposición de los adultos (aproximadamente 20 parejas de adultos confinadas en vasos de plástico de 1000 ml de volumen cerrados con goma elástica y gasa quirúrgica) se dejaban en contacto con los tubérculos previamente agujereados superficialmente para facilitar la penetración de las larvas neonatas. Además, disponían de una capa de vermiculita para favorecer su posterior transformación en pupa. Una vez completado el desarrollo larvario, el sustrato era tamizado para retirar las pupas y colocarlas nuevamente en cámaras de oviposición hasta la emergencia de los adultos.

En todos los casos anteriores, las poblaciones de insectos fueron criadas en condiciones climáticas controladas a 25 ± 1 °C, 60-80% de humedad relativa (H.R.) y fotoperiodo de 16:8 (L:O). A su vez, los huevos de *E. kuehniella* (irradiados con luz UV) empleados en los diferentes ensayos fueron suministrados semanalmente por la empresa Biotop® (Valbonne, Francia).

Ensayo de "no elección" de huésped

Se realizó un primer ensayo del tipo "no elección" en el que se evaluaron la aceptación y parasitación por parte de las dos especies de *Trichogramma* sobre *P. operculella* y *E. kuehniella* (este último, huésped habitual de cría). Para ello, se utilizaron hembras de *T. achaeae* (previamente apareadas) o *T. cacoeciae* que fueron colocadas individualmente en tubos de ensayo (7 cm x 1 cm de diámetro). A continuación, en cada tubo de ensayo se introdujo una cartulina blanca (0,9 cm x 5,0 cm) que llevaba adheridos 15 huevos de *E. kuehniella* o de *P. operculella*; también, en dicho momento, se aportó (sobre las paredes del tubo de ensayo) unas gotas de miel (como alimento de las hembras). Los tubos de ensayo fueron posteriormente tapados con algodón y a las hembras se les permitió parasitar durante 24 horas, en las condiciones ambientales anteriormente indicadas.

El diseño experimental fue univariante factorial, totalmente aleatorio, con dos factores implicados: especie de parasitoide (a dos niveles: *T. achaeae* y *T. cacoeciae*) y especie de huevo huésped (a dos niveles: *P. operculella* y *E. kuehniella*); el número de repeticiones fue variable de 10 a 19 por tratamiento. Al final del ensayo, los datos recogidos fueron: (1) porcentaje de parasitismo aparente (huevos huéspedes parasitados que viraron a color negro; respecto a los huevos no parasitados que quedaban de color blanco-anacarado), (2) porcentaje de mortalidad total (por parasitismo y por depredación; en este caso, por alimentación en el huevo huésped, "host-feeding", por parte de la hembra, sin llegar a ser parasitados) y (3) emergencia de adultos del parasitoide correspondiente (F_1). Los valores del número de huevos huéspedes parasitados fueron analizados estadísticamente mediante modelo lineal generalizado (MLGZ) con la distribución de Poisson y la función de enlace logaritmo; a su vez, los valores medios

fueron comparados por pares mediante el test de Wald. Para ello se usó el software estadístico IBM SPSS versión 23.

Ensayo de "elección" de huésped

El segundo ensayo fue del tipo "elección". Para ello, se siguió la misma metodología anteriormente señalada, con la excepción de que a cada hembra aislada de *Trichogramma* se le ofrecieron, simultáneamente, huevos de los dos huéspedes, *E. kuehniella* y *P. operculella*, a las densidades de 8 huevos de cada una de ellas. El diseño experimental fue univariante factorial, totalmente aleatorio, con dos factores implicados: especie de parasitoide (a dos niveles: *T. achaeae* y *T. cacoeciae*) y especie de huevo huésped (a dos niveles: *P. operculella* y *E. kuehniella*). Al final del ensayo se registró el número de huevos huéspedes parasitados. Estos datos se analizaron estadísticamente mediante el modelo lineal generalizado (MLGZ). Las medias se compararon usando el mismo test y software estadístico antes indicado. En este ensayo, el número de repeticiones por tratamiento fue de 20.

Se evaluó también la preferencia de las hembras de cada especie de *Trichogramma* por los huevos de las dos especies huéspedes. Para ello se utilizó el índice de preferencia de Manly (β_2) (Manly *et al.*, 1972). La expresión de dicho índice, según Chesson (1983), fue la siguiente:

$$\beta_2 = \frac{Ln\frac{(n_i - r_i)}{n_i}}{\sum_{i=1}^{i=2} Ln\frac{(n_i - r_i)}{n_i}}$$

donde β_2 es el índice de preferencia de Manly (sin reposición), r_i es el número de huevos huéspedes parasitados y n_i es el número de huevos huéspedes ofertados; i = 1 y 2, representa las dos diferentes especies de huevos huésped utilizados. Hay que señalar que cuando el valor del índice de preferencia de Manly es $\beta_2 > 0{,}5$ indica preferencia, indiferencia cuando $\beta_2 = 0{,}5$ y rechazo si $\beta_2 < 0{,}5$. Los valores del índice de Manly, obtenidos para cada especie de *Trichogramma*, especie de huésped y repetición fueron analizados estadísticamente mediante el test de Wilcoxon usando el mismo software estadístico antes indicado.

Estudio del comportamiento de parasitación del huésped

A una hembra aislada de cada especie de parasitoide se le ofreció una cantidad de 5 huevos de *E. kuehniella* o de *P. operculella*, en tandas por separado, pegados con agua en papel vegetal (círculo de diámetro = 3 cm) y una distribución tipo "cinco de oros" ("patch" o parche). Para ello, cada hembra y "patch" de huevos huéspedes fueron colocados dentro de una placa Petri de vidrio (diámetro = 3 cm), permitiendo la parasitación durante 1 hora.

El diseño experimental fue univariante factorial, no totalmente aleatorio, con tres factores implicados: especie de parasitoide (a dos niveles: *T. achaeae* y *T. cacoeciae*), especie de huevo huésped (a dos niveles: *P. operculella* y *E. kuehniella*) y orden de parasitación de los huevos huéspedes (a 5 niveles).

En este ensayo, los valores medidos fueron el tiempo empleado en la búsqueda del huevo huésped dentro del "patch" o parche (T_s) y el tiempo de manipulación del huésped (T_h), que corresponde a la suma de los tiempos empleados en la secuencia de oviposición estándar de las hembras adultas de *Trichogramma*: (1) primer contacto con el huésped mediante las antenas; (2) examen de la superficie del huevo huésped mediante las antenas antes de su perforación con el ovipositor; (3) perforación (punción con éxito del corion del huésped); (4) inserción completa del ovipositor y movimiento abdominal (pero

antes del bombeo abdominal del huevo propio) y (5) oviposición (deposición del huevo propio en el huevo huésped) (Nurindah *et al*., 1999a).

Hay que señalar que la observación directa del comportamiento por parte de un observador humano puede causar interferencias en el comportamiento del animal observado y comprometer así la validez de los datos como ha sido señalado por Wade *et al*. (2005). Por este motivo y para facilitar el procesado de recogida de la información, en dichas condiciones y sin interferencia humana, se tomó una foto cada 10 segundos durante la realización de los ensayos mediante una cámara digital Eos 550D® (Canon), lente: EFS 18-55 con función macro y dotada de un tubo de extensión de 12 mm para permitir una menor distancia de enfoque. La cámara se conectó mediante cable a un ordenador mediante el software "communication software for the camera EOS utility", versión 2.14. Se utilizó iluminación diascópica (luz transmitida) para obtener las fotografías. Debido al tipo de lente utilizada y la resolución en píxeles necesarios, solo se pudieron capturar las imágenes de 6 arenas al mismo tiempo. Por este motivo el proceso se debió repetir durante varios días; en cada sesión de fotos se dispusieron al azar los distintos tratamientos y repeticiones utilizadas. Ya que el ensayo no pudo realizarse al mismo tiempo, las repeticiones son en realidad pseudo-repeticiones y como tales fueron tratadas en los análisis estadísticos llevados a cabo tal y como se explica más adelante. Las fotografías, después de tomadas, fueron montadas secuencialmente mediante el software Virtual Dub versión 1.49 lo que permitió la visualización del comportamiento y la anotación de los tiempos empleados por cada uno de los parasitoides en función de la especie huésped en cada repetición.

Como se ha comentado en el párrafo anterior, debido a tener que llevar a cabo el ensayo en diferentes días, las repeticiones de los tratamientos no representan verdaderas repeticiones en un diseño totalmente aleatorio. Esto es frecuente en estudios de comportamiento de insectos. Ante dicha situación no son de aplicación los clásicos análisis estadísticos mediante el análisis de la varianza (ANOVA), ni los más recientes de modelo lineal general (MLG). En cambio, sí le son de aplicación los modelos lineales generalizados (MLGZ) (Ricard, 2008). Por este motivo, se aplicaron MLGZ en los análisis estadísticos de los tiempos registrados (T_s y T_h), utilizando la función de distribución gamma y función de enlace logaritmo, con el mismo software estadístico anteriormente indicado. El número de pseudo-repeticiones fue variable de 11 a 24 por tratamiento.

Resultados

Ensayo de "no elección" de huésped

En la de la Tabla 1 (parte superior) se recogen los valores medios del número de huevos parasitados, en el ensayo de "no elección" de huésped por las hembras adultas de *T. achaeae* frente a *T. cacoeciae*, según la especie parasitada. A su vez, en la Figura 1 se representa dichos valores expresados en porcentaje.

En el análisis estadístico se presentó una alta significación estadística del modelo (Prueba Ómnibus: χ^2 de razón de verosimilitud = 10,681; g.l. = 3; P = 0,014). En las pruebas de efectos del modelo se encontró significación estadística de la especie de parasitoide (χ^2 de razón de verosimilitud = 4,661; g.l. = 1; P = 0,031) y de la especie huésped (χ^2 de razón de verosimilitud = 3,953; g.l. = 1; P = 0,047); pero no de su interacción (χ^2 de razón de verosimilitud = 1,468; g.l. = 1; P = 0,226).

En la Figura 2 se muestra la mortalidad total causada por cada especie de parasitoide que

Tabla 1. Número medio (±EE) de huevos parasitados (parasitismo aparente) en los ensayos de "elección" y "no elección", cuando a las hembras de dos especies de parasitoides (*T. achaeae* y *T. cacoeciae*) se les ofertaron huevos de dos especies huéspedes (*E. kuehniella* y *P. operculella*), llevados a cabo en condiciones de laboratorio (25 ± 2 °C; 60-80% de H.R. y luz continua) (* Valores, para cada ensayo, seguidos por distinta letra presenta diferencias significativas mediante test de Wald de comparación por pares: χ^2 de Wald = 9,546; g.l. = 3; P = 0,023 y χ^2 de Wald = 12,318; g.l. = 3; P = 0,006, respectivamente para el primer y segundo ensayo).
*Table 1. Mean number (±SE) of parasitized eggs (apparent parasitism) in the "choice" and "no choice" trials, when eggs of two parasitoid species (*T. achaeae *and* T. cacoeciae*) were offered eggs of two host species (*E. kuehniella *and* P. operculella*), carried out under laboratory conditions (25 ± 2 °C, 60-80% RH and continuous light) (* Values, for each test, followed by different letter shows significant differences by Wald χ^2 pairwise test: χ^2 de Wald = 9.546, g.l. = 3, P = 0.023 y χ^2 de Wald = 12.318, g.l. = 3, P = 0.006, respectively for the first and second trial).*

Ensayo	Parasitoide	Parasitismo aparente (Media ± EE)			
		E. kuehniella		*P. operculella*	
		N	Valores	N	Valores
No elección	*T. achaeae*	10	9,10 ± 0,95 b	12	12,00 ± 1,00 a
	T. cacoeciae	19	8,37 ± 0,66 b	19	8,95 ± 0,69 b
Elección	*T. achaeae*	20	4,20 ± 0,46 c	20	5,10 ± 0,51 bc
	T. cacoeciae	20	5,70 ± 0,53 ab	20	6,70 ± 0,58 a

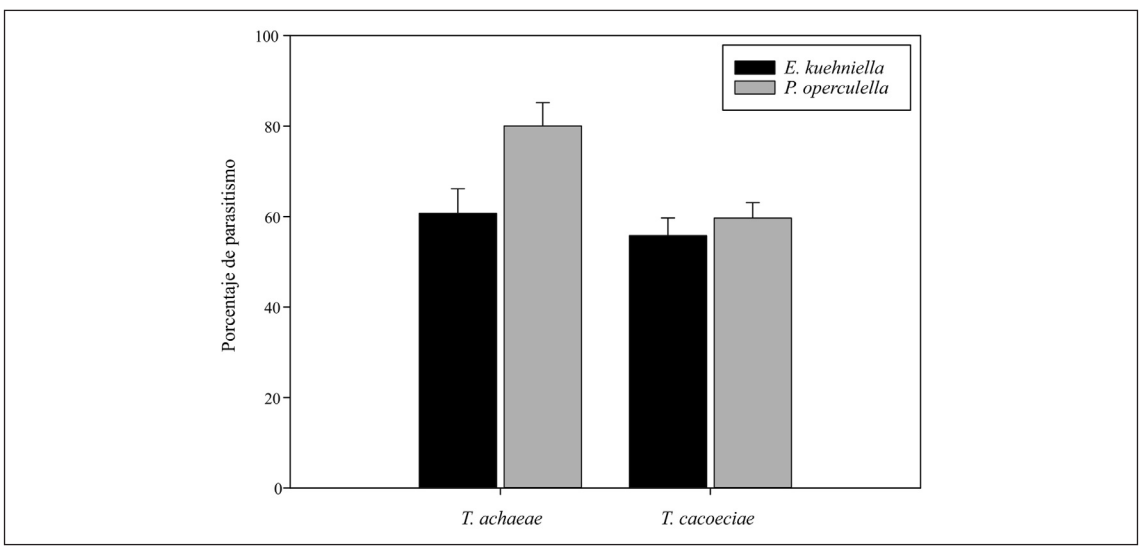


Figura 1. Porcentajes medios de parasitismo de los huevos huéspedes de *E. kuehniella* y *P. operculella*, causado por las hembras adultas de *T. achaeae* y *T. cacoeciae* en el ensayo de "no elección" de huésped, llevado a cabo bajo condiciones de laboratorio (25 ± 2 °C, 60-80% H.R. y luz continua) (Líneas verticales indican los errores estándares de las medias).
Figure 1. Average percentages of parasitism of the host eggs: E. kuehniella *and* P. operculella *by the adult females of* T. achaeae *and* T. cacoeciae *in the host "no choice" test, carried out under laboratory conditions (25 ± 2 ºC, 60-80% RH and continuous light) (Vertical lines indicate the standard errors of the means).*

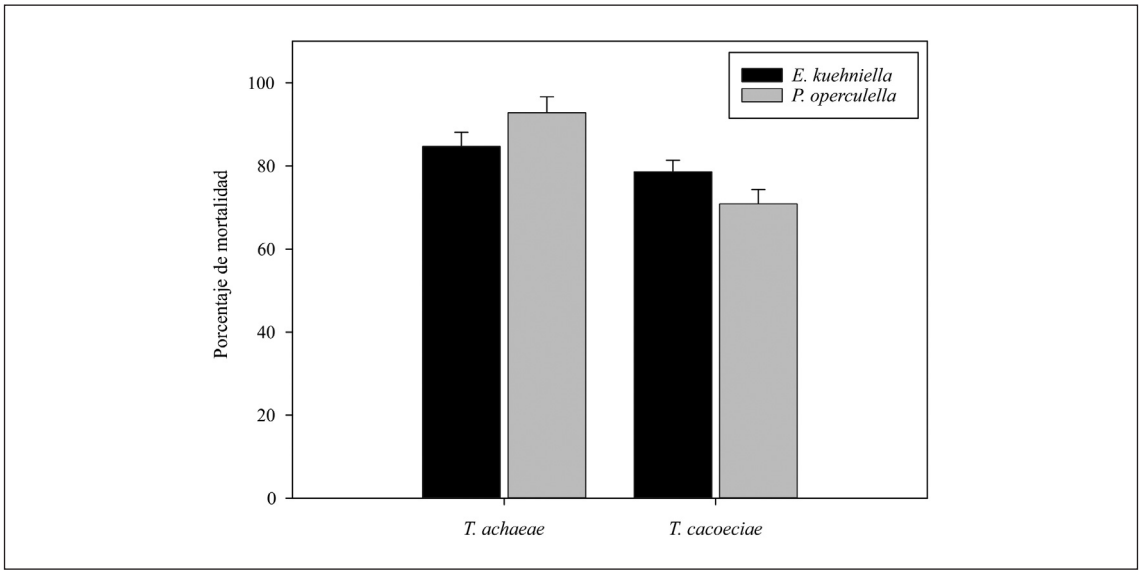


Figura 2. Porcentajes medios de mortalidad total (parasitismo + depredación por alimentación) en huevos huéspedes de *E. kuehniella* y *P. operculella*, causado por las hembras de *T. achaeae* y *T. cacoeciae* en el ensayo de "no elección" de huésped, llevado a cabo en condiciones de laboratorio (25 ± 2 °C; 60-80% H.R. y luz continua) (Líneas verticales indican los errores estándares de las medias).
Figure 2. Average percentages of total mortality (parasitism + host feeding) in host eggs of E. kuehniella *and* P. operculella*, by females of* T. achaeae *and* T. cacoeciae *in the host "no choice" test, carried out in laboratory conditions (25 ± 2 ºC, 60-80% RH and continuous light) (Vertical lines indicate the standard errors of the means).*

engloba a los huevos muertos a consecuencia del parasitismo y de la depredación o "host-feeding", en ambos casos por hembra. Dicha mortalidad total fue mayor para *T. achaeae*, independientemente del tipo de huésped. Para los huevos huéspedes de la "polilla común de la patata" dicho valor fue del 92,78 ± 13,47% para *T. achaeae* frente al 70,88 ± 15,11% para *T. cacoeciae*.

En la Figura 3 se muestra la emergencia de adultos según especie de huésped y especie de *Trichogramma* empleada. El porcentaje de adultos emergidos (generación F_1) fue mayor para la especie *T. achaeae* que para *T. cacoeciae*.

Se puede observar que las hembras adultas de ambas especies de parasitoides aceptaron como huésped y consiguieron un desarrollo completo en los huevos de la plaga *P. operculella* (Tabla 1, Figura 3).

Ensayo de "elección" de huésped

Los datos obtenidos para el número de huevos parasitados en el ensayo de "elección" (preferencia) se recogen en la Tabla 1 (parte inferior). En el análisis estadístico se presentó una alta significación estadística del modelo (Prueba Ómnibus: χ^2 de razón de verosimilitud = 12,247; g.l. = 3, P = 0,007). En las pruebas de efectos del modelo se encontró también alta significación estadística de la especie de parasitoide (χ^2 de razón de verosimilitud = 8,906; g.l. = 1; P = 0,003); pero no de la especie huésped (χ^2 de razón de vero-

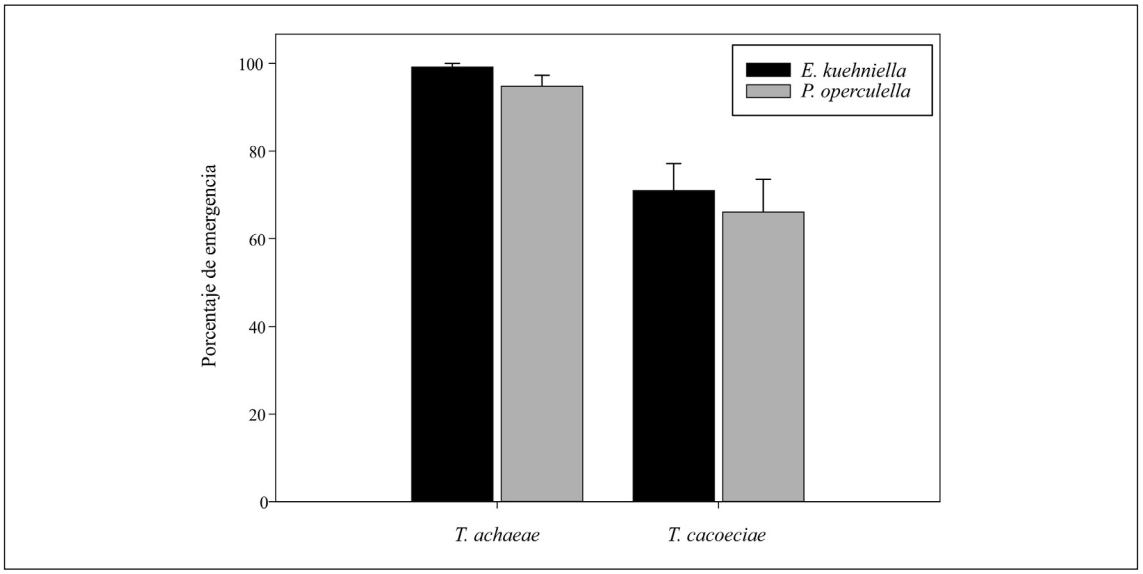


Figura 3. Porcentajes medios de emergencia de *T. achaeae* y *T. cacoeciae* en función del huésped (*E. kuehniella* y *P. operculella*) parasitado previamente por las hembras adultas en el ensayo de "no elección", llevado a cabo en condiciones de laboratorio (25 ± 2 °C; 60-80% H.R. y luz continua) (Líneas verticales indican los errores estándares de las medias).
Figure 3. Average emergency of T. achaeae *and* T. cacoeciae *adults, according to the host egg (*E. kuehniella *and* P. operculella*) previously parasitized by the adult females in the "no choice" test, carried out under laboratory conditions (25 ± 2 ºC) 60-80% RH and continuous light) (Vertical lines indicate the standard errors of the means).*

similitud = 3,350; g.l. = 1; P = 0,067) ni de su interacción (χ^2 de razón de verosimilitud = 0,028; g.l. = 1; P = 0,867).

Puede observarse cómo *T. cacoeciae* parasitó significativamente un mayor número de huevos de *P. operculella* (6,70 ± 0,58) respecto a *T. achaeae* (5,10 ± 0,51).

Las hembras adultas de *T. achaeae* presentaron una preferencia por los huevos de *P. operculella* (β_2 = 0,58 ± 0,10) respecto a los de *E. kuehniella* (β_2 = 0,42 ± 0,10) (Z = -2,772; P = 0,006). Similar preferencia mostraron las hembras adultas de *T. cacoeciae* por los huevos de *P. operculella* (β_2 = 0,61 ± 0,17) respecto a los de *E. kuehniella* (β_2 = 0,39 ± 0,17) (Z = -2,501; P = 0,012).

Comportamiento de parasitación

Los valores de T_s y T_h encontrados para las dos especies de *Trichogramma* en relación al huésped *E. kueniella* se recogen en las Figuras 4A y 5A. A su vez, los valores correspondientes para *P. operculella* se muestran en las Figuras 4B y 5B.

En el análisis estadístico mediante MLGZ del tiempo de búsqueda (T_s) se encontró una alta significación del modelo (Prueba ómnibus: χ^2 de razón de verosimilitud = 324,882; g.l. = 19; P < 0,0001); en las pruebas de los efectos del modelo se encontraron efectos altamente significativos de la especie de parasitoide (χ^2 de razón de verosimilitud = 124,754; g.l. = 1; P < 0,0001), especie huésped (χ^2 de razón de verosimilitud = 139,421; g.l.

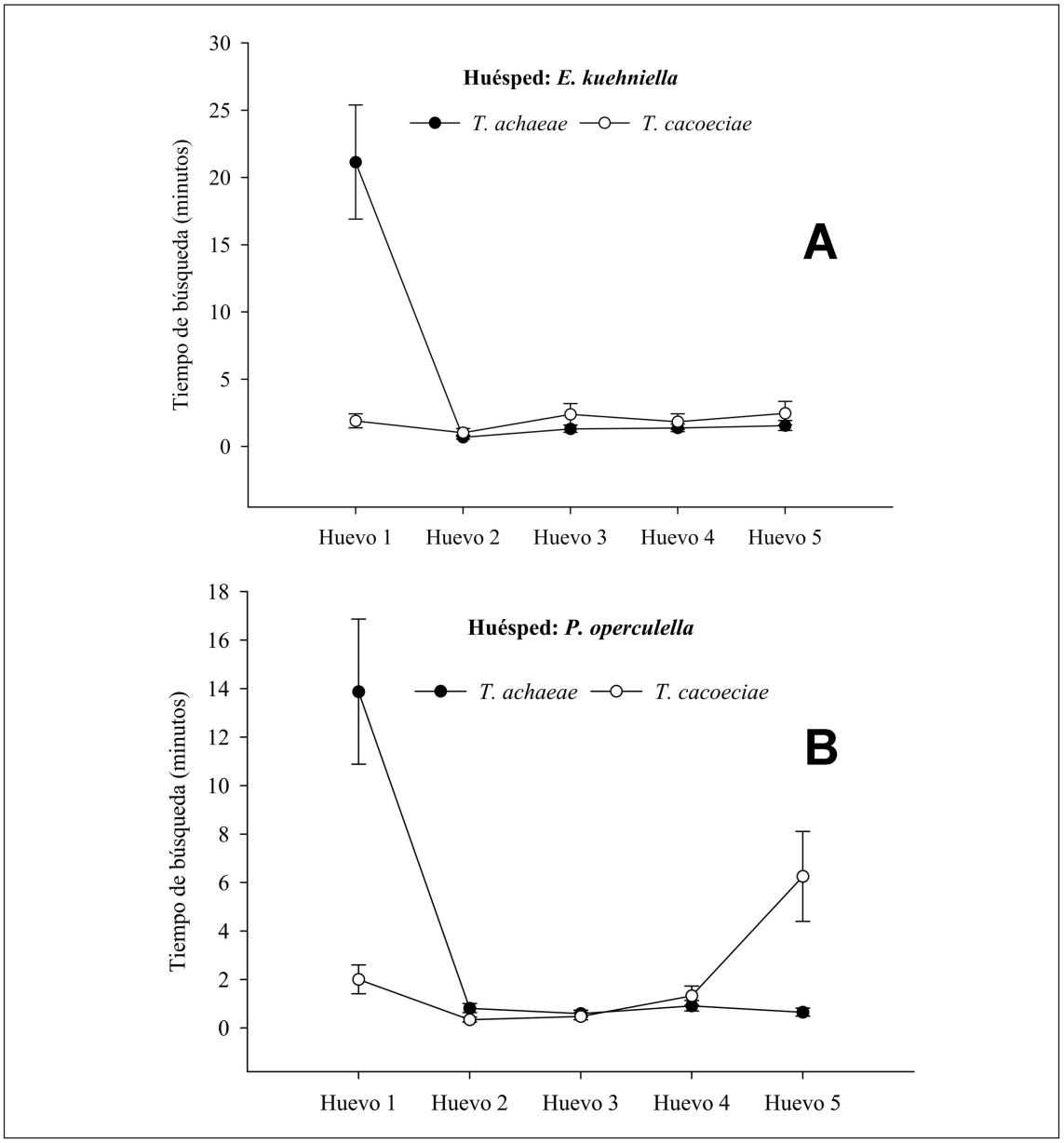


Figura 4. Variación del tiempo medio de búsqueda del huésped (T_s), expresados en minutos, de las hembras adultas de *T. achaeae* y *T. cacoeciae*, según secuencia de oviposición, en el caso de la especie huésped *E. kuehniella* (A) y *P. operculella* (B) en condiciones de laboratorio (25 ± 1 °C, 60-80% H.R. y luz continua) (líneas verticales indican los errores estándares de las medias).

Figure 4. Progression of the average of searching time (T_s) per egg host, in minutes, of the adult females of T. achaeae *and* T. cacoeciae*, according to the oviposition sequence, in the case of the host species* E. kuehniella *(A) and* P. operculella *(B) under laboratory conditions (25 ± 1 °C, 60-80% RH and continuous light) (vertical lines indicate the standard errors of the means).*

= 1; $P < 0,0001$) y orden de parasitación del huésped (χ^2 de razón de verosimilitud = 341,602; g.l. = 4; $P < 0,0001$), así como de las interacciones parasitoide*huésped (χ^2 de razón de verosimilitud = 124,754; g.l. = 1; $P < 0,0001$), parasitoide*orden (χ^2 de razón de verosimilitud = 237,311; g.l. = 4; $P < 0,0001$), huésped*orden (χ^2 de razón de verosimilitud = 135,774; g.l. = 4; $P < 0,0001$) y parasitoide*huésped*orden (χ^2 de razón de verosimilitud = 148,462; g.l. = 4; $P < 0,0001$). De sus análisis se observa un comportamiento de búsqueda del huésped muy diferente entre ambas especies de parasitoides, así como el hecho de estar muy condicionado por la especie de huevo parasitado y el orden de parasitación. No obstante, a efectos globales, los valores medios del tiempo de búsqueda no presentaron diferencias significativas entre las dos especies de parasitoides (χ^2 de Wald = 0,763; g.l. = 1; $P = 0,382$). Así, el valor medio para *T. achaeae* fue de 1,67 ± 0,12 min y para *T. cacoeciae* de 1,51 ± 0,15 min.

Sin embargo, si se tiene en cuenta el orden de parasitación, sí se presentaron marcadas diferencias. En este sentido, hay que señalar que el T_s del huevo parasitado en primer lugar por *T. achaeae* fue, tanto para el huevo huésped de *E. kuehniella* (21,15 ± 4,24 min) como para *P. operculella* (13,88 ± 2,99 min), significativamente mayor que el empleado por *T. cacoeciae* para ambos huéspedes y número de orden (1,91 ± 0,52 y 2,01 ± 0,60 min, respectivamente) (χ^2 de Wald = 111,883; g.l. = 19; $P < 0,0001$) (Figuras 4A y B).

A su vez, en el análisis estadístico mediante MLGZ del tiempo de manipulación (T_h) se encontró una alta significación del modelo (Prueba ómnibus: χ^2 de razón de verosimilitud = 138,780; g.l. = 19; $P < 0,0001$); en las pruebas de los efectos del modelo se encontraron efectos altamente significativos de la especie de parasitoide (χ^2 de razón de verosimilitud = 14,863; g.l. = 1; $P < 0,0001$) y orden de parasitación del huésped (χ^2 de razón de verosimilitud = 94,188; g.l. = 4; $P < 0,0001$), así como de las interacciones parasitoide*huésped (χ^2 de razón de verosimilitud = 8,163; g.l. = 1; $P = 0,004$), y parasitoide*orden (χ^2 de razón de verosimilitud = 10,073; g.l. = 4; $P = 0,039$). Sin embargo, no se encontraron efectos significativos de la especie huésped (χ^2 de razón de verosimilitud = 0,001; g.l. = 1; $P = 0,977$), huésped*orden (χ^2 de razón de verosimilitud = 3,398; g.l. = 4; $P = 0,494$) y parasitoide*huésped*orden (χ^2 de razón de verosimilitud = 2,063; g.l. = 4; $P = 0,724$). A diferencia de lo encontrado en el T_s, parece que los tiempos de manipulación del huevo huésped por ambas especies de *Trichogramma*, presentaron menos variabilidad.

El promedio del tiempo de manipulación en función de la especie de *Trichogramma* fue de 4,18 ± 0,14 min para *T. achaeae* y de 3,32 ± 0,16 min para *T. cacoeciae*, con diferencias significativas entre dichos valores (χ^2 de Wald = 16,427; g.l. = 1; $P < 0,0001$). Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre los valores medios encontrados para el huevo huésped *E. kuehniella* (3,72 ± 0,15 min) y el de *P. operculella* (3,73 ± 0,15 min) (χ^2 de Wald = 0,001; g.l. = 1; $P = 0,977$). Ello parece indicar un comportamiento de parasitación distinto entre *T. achaeae* y *T. cacoeciae*, más debido a las características propias de las hembras de cada especie e independiente del huevo huésped. Según los datos obtenidos (Figuras 5A y B), se debe señalar que las hembras de *T. achaeae* emplearon un T_h (4,54 ± 0,23 min) en huevos de *P. operculella* significativamente mayor que las de *T. cacoeciae* (3,06 ± 0,20 min); pero no con relación al otro huésped (χ^2 de Wald = 24,568; g.l. = 3; $P < 0,0001$). A su vez, se puede observar, en ambas especies de parasitoides y ambas especies de huevos huéspedes, que el valor medio del T_h decreció a medida que las hembras adultas fueron parasitando los huevos. Así, el valor medio para todas las especies fue de 6,39 ± 0,39 min para el primer huevo, dis-

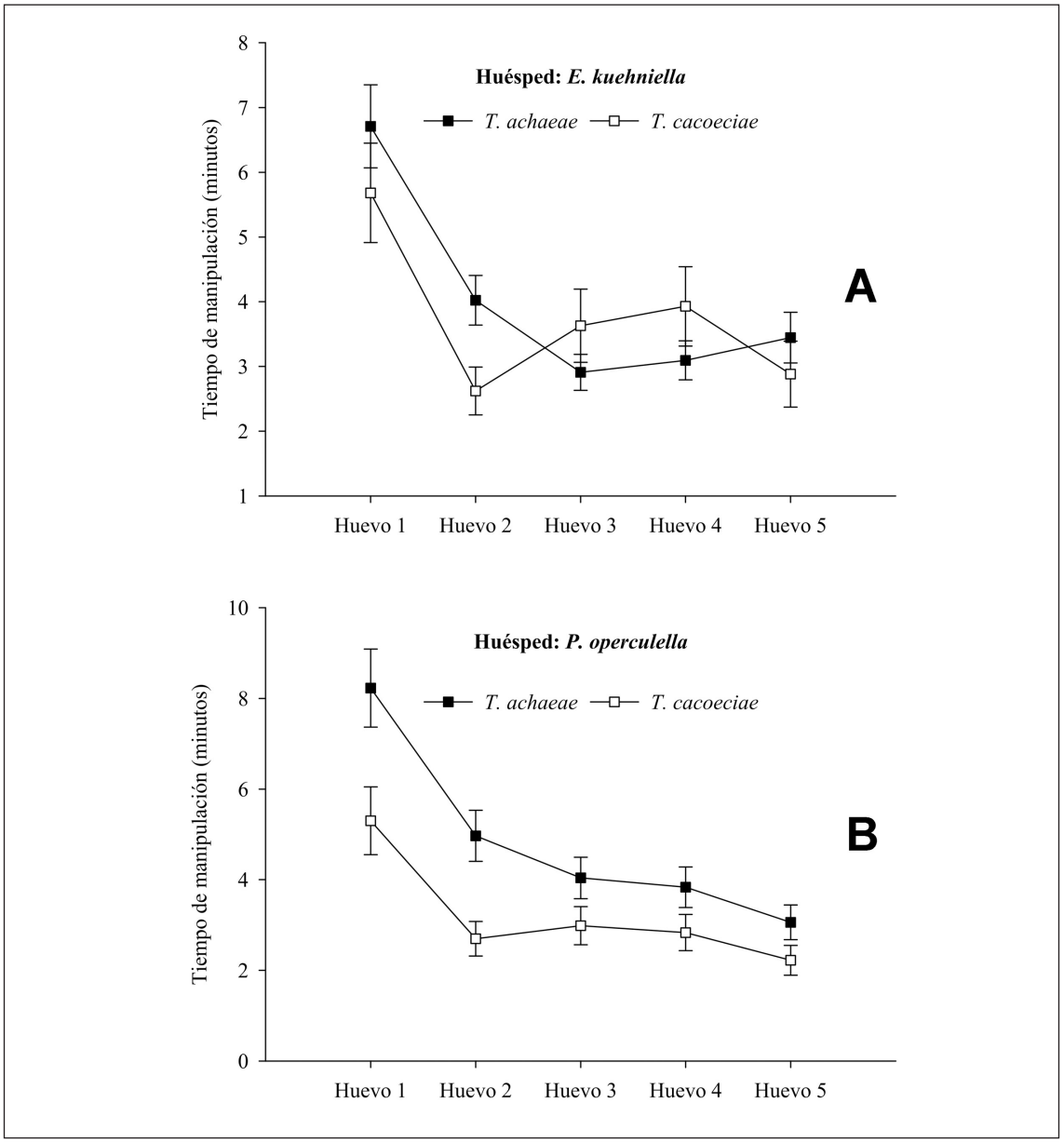


Figura 5. Variación del tiempo medio de manipulación del huésped (T_h), expresados en minutos, en las hembras adultas de *T. achaeae* y *T. cacoeciae*, según secuencia de oviposición, en el caso de la especie huésped *E. kuehniella* (A) y *P. operculella* (B) en condiciones de laboratorio (25 ± 1 °C, 60-80% H.R. y luz continua) (líneas verticales indican los errores estándares de las medias).

Figure 5. Progression of the average of handling time (T_h) per egg host, in minutes, of the adult females of T. achaeae *and* T. cacoeciae*, according to the oviposition sequence, in the case of the host species* E. kuehniella *and* P. operculella *(B) under laboratory conditions (25 ± 1 °C, 60-80% RH and continuous light) (vertical lines indicate the standard errors of the means).*

minuyendo significativamente hasta los 2,87 ± 0,21 min en el quinto huevo huésped (χ^2 de Wald = 66,421; g.l. = 4; $P < 0,0001$). Este hecho fue más acusado sobre *P. operculella* que sobre *E. kuehniella* (Figuras 5A y B).

Discusión

No es la primera vez que se aborda el control biológico de la "polilla común de la patata" mediante especies de *Trichogramma*. Así, el presente trabajo se puede considerar una continuación de dicha línea con la diferencia, en el presente caso, de que se aborda el control biológico de la especie plaga con especies autóctonas de este género de parasitoides oófagos.

Los resultados encontrados en el ensayo de "no elección" demuestran la capacidad de reconocimiento y aceptación de los huevos de *P. operculella* por parte de las especies de *Trichogramma* estudiadas. Para ambas especies de parasitoides, el número de huevos parasitados de la plaga supera a los del huésped habitualmente empleado para la cría, *E. kuehniella* (Tabla 1). Además, en este mismo ensayo se ha constatado cómo las dos especies de *Trichogramma* consiguen completar su desarrollo dentro del huevo plaga con un buen porcentaje de emergencia, lo cual es un indicativo de la idoneidad del huésped, ya que ésta hace referencia a la capacidad del parasitoide para completar el desarrollo usando el huésped en cuestión (Pak, 1990).

Por otra parte, la emergencia de adultos, en ambos huéspedes, presentó diferencias significativas en ambas especies de parasitoides (Figura 3). Con relación a este parámetro, autores como Van Lenteren (1980) no consideran la idoneidad del huésped como un criterio importante para la selección de enemigos naturales que van a ser liberados en sueltas inundativas, siempre y cuando la acción de los parasitoides conlleve la muerte del huésped, aunque éstos no lleguen a desarrollarse. Por el contrario, hay otros autores que sostienen que si los huevos plaga no mueren cuando son atacados, la emergencia debería ser considerada un criterio en la selección del enemigo natural (Pak *et al*., 1990; Hou *et al*., 2018).

En línea con estas argumentaciones, cabe destacar que la mortalidad total causada por el parasitismo y el "host feeding" es particularmente importante para *T. achaeae*, frente a *T. cacoeciae*. En ambos casos, el porcentaje de "host feeding" es similar, en torno al 12%, por lo que las diferencias en la mortalidad se deben a un mayor parasitismo por parte de *T. achaeae*. En algunas especies de *Trichogramma*, el "host feeding" contribuye significativamente al control de la plaga (Vasquez *et al*., 1997). En el caso de *T. achaeae*, usado para el control de *T. absoluta* en invernaderos, se ha demostrado la importancia de la mortalidad causada por el parasitoide sin que este llegue a desarrollarse en el huevo huésped ("host-feeding"), siendo un mecanismo importante para en el control de la plaga (Cabello *et al*., 2009; Cabello *et al*., 2012).

En principio, la "polilla común de la patata" puede ser considerada como un buen huésped para *Trichogramma* spp., en parte debido al tamaño de su huevo; tal y como se ha indicado en los resultados, es ligeramente superior al del huésped de cría *E. kuehniella* que presenta valores de longitud y anchura inferiores a las 600 y 300 µm, respectivamente (Cabello *et al*., 2009).

Los resultados encontrados no nos deben extrañar ya que *Trichogramma* es un género compuesto por parasitoides generalistas y altamente polífagos (Cabello, 1985; Polaszek, 2010). Sin embargo, el nivel de parasitismo puede variar entre diferentes huéspedes debido a factores como la preferencia del parasitoide o el estado, tamaño y edad del huevo huésped, entre otros (Pak, 1988; Pizzol *et al*., 2012; Du *et al*., 2018).

En el presente estudio, las dos especies de *Trichogramma* evaluadas prefirieron los huevos de *P. operculella* frente a los de *E. kuehniella*, como se refleja observando los valores de huevos parasitados con síntomas de parasitismo aparente (viran a color negro) y del índice de preferencia de Manly.

Por otra parte, parecería que los huevos de la plaga son un huésped menos idóneo que los de *E. kuehniella* debido a que emergieron un menor número de adultos de los huevos parasitados de la "polilla de la patata" frente a los del huésped de cría. Esto puede deberse a una baja calidad nutricional del huevo huésped que repercute en el desarrollo larvario de *Trichogramma* (Huang *et al*., 2018) o a la existencia de superparasitismo que puede incrementar significativamente la mortalidad de la descendencia en parasitoides oófagos, por competencia intraespecífica (Duval, 2018).

T. achaeae y *T. cacoeciae* aceptan bien los huevos de *P. operculella*. Es la primera vez que se cita a *T. achaeae* como potencial agente de control de esta especie plaga, según la bibliografía consultada. Por el contrario, *T. cacoeciae* ya ha sido evaluada en condiciones de laboratorio y con buenos resultados como potencial agente de control biológico de la "polilla común de la patata" por Saour (2004).

En los resultados obtenidos en los ensayos se ha encontrado que los tiempos de búsqueda y, en menor medida, los tiempos de manipulación, de las hembras adultas de *T. cacoeciae* eran menores que los correspondientes a *T. achaeae*. Dichas diferencias pueden ser debidas a la diferente forma de reproducción de ambas especies partenogénesis telitóquica y partenogénesis arrenotóquica, respectivamente. Las hembras adultas de *Trichogramma*, con reproducción arrenotóquica, tienen que decidir, en función del huevo huésped, tamaño del "patch", etc. (Wajnberg, 2010) si ovipositar un óvulo que no sea fecundado (que generará a un macho) o un óvulo fecundado (que generará a una hembra) (Wajnberg, 1993). Contrariamente, las hembras adultas de *T. cacoeciae* no tiene que hacer dicha asignación del sexo ya que siempre ovipositan óvulos con embriones diploides viables que dan lugar a hembras. Por ello, sus valores de T_s y T_h serían menores, como se ha encontrado en el presente trabajo.

Conclusiones

Los resultados de aceptación, desarrollo en el huésped, preferencia y comportamiento de parasitación por parte de *T. achaeae* y *T. cacoecia* sobre la "polilla común de la patata" *P. operculella* muestran que ambas especies de *Trichogramma* son buenas candidatas para el control biológico de la plaga con ciertas peculiaridades. Por una parte, *T. achaeae* parasita más, se desarrolla mejor y causa una mayor mortalidad en los huevos de la "polilla de la patata". Por otra parte, *T. cacoeciae* encuentra los huevos de la plaga más rápido y los parasita en menor tiempo. En vista a la complementariedad de ambas especies de *Trichogramma*, podría ser interesante plantear el empleo simultáneo de ellas. Ese uso simultáneo de varias especies de *Trichogramma* ha sido reportado con anterioridad como exitoso para el control de esta plaga en invernaderos (Zimmerman y Wührer, 2010). Sin embargo, estos resultados deben ser corroborados con posteriores estudios en condiciones de semi-campo y campo; así como en condiciones de almacenamiento de la patata.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado dentro del proyecto titulado: Desarrollo de nuevos métodos para el manejo integrado para las polillas de la patata *Phthorimaea operculella* y

Tecia solanivora (Ref.: RTA2015-00074-C02-00), financiado en la convocatoria de 2015 de proyectos de investigación fundamental orientada y acciones complementarias en el marco del programa estatal de I+D+I orientada a los retos de la sociedad (reto de seguridad y calidad alimentaria, actividad agraria productiva y sostenible, sostenibilidad de los recursos naturales e investigación marina y marítima). Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) y Ministerio de Economía y Competitividad. España.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias bibliográficas

Cabello T (1985). Biología de dos especies de *Trichogramma* (Hym.: Trichogrammatidae) parasitas de *Heliothis* spp. Lep.: Noctuidae) en algodonero. Posibilidades de su empleo como agente de control. Tesis Doctoral, Universidad de Córdoba, España.

Cabello T, Gallego JR, Vila E, Soler A, del Pino M, Carnero A, Hernández-Suárez E, Polaszek A (2009). Biological control of the South American tomato pinworm, *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae), with releases of *Trichogramma achaeae* (Hym.: Trichogrammatidae) in tomato greenhouses of Spain. IOBC/WPRS Bulletin 49: 225-230.

Cabello T, Gallego JR, Fernandez FJ, Gamez M, Vila E, del Pino M, Hernandez-Suarez E (2012). Biological control strategies for the South American tomato moth (Lep.: Gelechiidae) in greenhouse tomatoes. Journal of Economic Entomology 105: 2085-2096. https://doi.org/10.1603/EC12221

Chesson J (1983). The estimation and analysis of preference and its relationship to foraging models. Ecology 64(5): 1297-1304. https://doi.org/10.2307/1937838

Du WM, Xu J, Hou YY, Lin Y, Zang LS, Yang X, Zhang JJ, Desneux N (2018). *Trichogramma* parasitoids can distinguish between fertilized and unfertilized host eggs. Journal of Pest Science 91(2): 771-780. https://doi.org/10.1007/s10340-017-0919-z

Duval JF (2018). Quantification des effets du superparasitisme sur la valeur adaptative et la survie des couvées chez *Trichogramma euproctidis* Girault. Tesis Doctoral, Université de Montréal, Canada.

EPPO (2015). *Phthorimaea operculella* (PHTOOP). EPPO Global Database. Disponible en: https://gd.eppo.int/taxon/PHTOOP (Consultado: 30 de agosto de 2018).

FAOSTAT (2018). Food and Agriculture Organization statistical database. Disponible en: http://www.fao.org/statistics/es/ (Consultado: 30 agosto 2018).

Fenemore PG (1977). Oviposition of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* Zell. (Lep.: Gelechiidae); fecundity in relation to mated state, age, and pupal weight. New Zealand Journal of Zoology 4(2): 187-191. https://doi.org/10.1080/03014223.1977.9517952

García-Mercet R (1925). La polilla de la patata. Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural 25: 469-476.

Hajek A, Eilenberg J (2018). Natural enemies: an introduction to biological control. 2ª Edición. Cambridge University, Cambrige, UK, 439 pp.

Harwalkar MR, Rananavare HD, Rahaikar GW (1987). Development of *Trichogramma brasiliensis* (Hym: Trichogrammatidae) on eggs of radiation sterilized females of potato tuberworm, *Phthorimaea operculella* (Lep.: Gelechiidae). Entomophaga 32(2): 159-162. https://doi.org/10.1007/BF02373126

Hou YY, Yang X, Zang LS, Zhang C, Monticelli LS, Desneux N (2018). Effect of oriental armyworm *Mythimna separata* egg age on the parasitism

and host suitability for five *Trichogramma* species. Journal of Pest Science 91: 1181-1189. https://doi.org/10.1007/s10340-018-0980-2

Huang J, Hua HQ, Zhang F, Li YX (2018). Suitability assessment of three *Trichogramma* species in the control of *Mythimna separata* (Lep.: Noctuidae). Journal of Applied Entomology 142(1-2): 131-140. https://doi.org/10.1111/jen.12414

Kroschel J, Schaub B (2013). Biology and ecology of potato tuber moths as major pests of potato. En Insect Pests of Potato. Global Perspective on Biology and Management (Eds. Giordanengo P, Vincent C, Alyokhin A), pp. 165-192. Ed Elsevier, Massachusetts, USA.

Manly BFJ, Miller P, Cook LM (1972). Analysis of a selective predation experiment. The American Naturalist 106(952): 719-736. https://www.jstor.org/stable/2459502

MAPAMA (2017). Áreas demarcadas de *Tecia solanivora* en España. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/zonasdemarcadasteciaespana-14junio2017_tcm30-381566.pdf (Consultado: 4 de diciembre de 2018).

Mills N (2010). Egg parasitoids in biological control and integrated pest management. En Egg parasitoids in agroecosystems with emphasis on *Trichogramma* (Eds Consoli FL, Parra JRP, Zucchi RA), pp 389-411. Ed Springer, Dordrecht, NL. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9110-0_15

Nurindah, Bronwen WC, Gordh G (1999a). Experience acquisition by *Trichogramma australicum* (Hym.: Trichogrammatidae). Australian Journal of Entomology 38: 115-119. https://doi.org/10.1046/j.1440-6055.1999.00084.x

Pak GA (1988). Selection of *Trichogramma* for inundative biological control. Tesis Doctoral, Waganingen Agricultural University, Netherlands.

Pak GA (1990). Inundative release of *Trichogramma* for the control of cruciferous lepidoptera: preintroductory selection of an effective parasitoid. En: Diamondback moth and other crucifers pests: Proceedings of the second International Workshop (Ed Talekar NS). 10-14 December, Tainan, Taiwan. pp 297-308.

Pak GA, Kaskens JW, de Jong EJ (1990). Behavioural variation among strains of *Trichogramma* spp.: host species selection. Entomologia Experimentalis et Applicata 56(1): 91-102. https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1990.tb01384.x

Perera-González S, Cubas-Hernández F, Padilla-Cubas Á, Carnero-Hernández A, Hernández-Borges J, Asensio Ramos M. (2009). Ensayo de eficacia en el control de la polilla guatemalteca de la patata (*Tecia solanivora*) mediante la aplicación en campo de nematodos entomopatógenos. Cabildo Insular de Tenerife, 24 pp.

Pizzol J, Desneux N, Wajnberg E, Thiéry D (2012). Parasitoid and host egg ages have independent impact on various biological traits in a *Trichogramma* species. Journal of Pest Science 85(4): 489-496. https://doi.org/10.1007/s10340-012-0434-1

Polaszek A (2010). Species diversity and host associations of *Trichogramma* in Eurasia. En Egg parasitoids in agroecosystems with emphasis on *Trichogramma*. (Eds. Consoli FL, Parra JRP, Zucchi RA), pp 237-266. Ed. Springer, Dordrecht, NL.

Pratissoli D, Parra JRP (2000). Desenvolvimento e exigências térmicas de *Trichogramma pretiosum* Riley, criados em duas traças do tomateiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira 35(7): 1281-1288. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2000000700001

Ricard I (2008). Statistical methods for insect choice experiments. Tesis Doctoral, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, CH. https://doi.org/10.5075/epfl-thesis-4020

Rondon SI (2010). The potato tuberworm: a literature review of its biology, ecology, and control. American Journal of Potato Research 87(2): 149-166. https://doi.org/10.1007/s12230-009-9123-x

Saour G (2004). Efficacy assessment of some *Trichogramma* species (Hym.: Trichogrammatidae) in controlling the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* Zell. (Lep.: Gelechiidae). Journal of Pest Science 77(4): 229-234. https://doi.org/10.1007/s10340-004-0058-1

Trujillo-García E, Perera-González S (2014). Guía de lucha contra las plagas y enfermedades de la papa. Cabildo Insular de Tenerife, España. 24 pp.

Trujillo-García E, Perera-González S (2017). Polilla guatemalteca de la papa (*Tecia solanivora*): identificación y control. Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural, Cabildo de Tenerife, España. 8 pp.

Urquijo L. (1944). Ensayo del parasito útil *Trichogramma minutum* en la lucha contra la polilla de la patata. Boletín de Patología Vegetal y Entomología Agrícola 13: 281-300.

Van Lenteren JC (1980). Evaluation of control capabilities of natural enemies: Does art have to become science? Netherlands Journal of Zoology 30: 369-381. https://doi.org/10.1163/002829679X00467

Vásquez LA, Shelton AM, Hoffmann MP, Roush RT (1997). Laboratory evaluation of commercial Trichogrammatidae products for potential use against *Plutella xylostella* (L.) (Lep.: Plutellidae). Biological Control 9(2): 143-148. https://doi.org/10.1006/bcon.1997.0528

Wade MR, Zalucki MP, Franzmann BA (2005). Influence of observer presence on pacific damsel bug behavior: who is watching whom?. Journal of Insect Behavior 18(5): 651-667. https://doi.org/10.1007/s10905-005-7017-4

Wajnberg E (1993). Genetic variation in sex allocation in a parasitic wasp: variation in sex pattern within sequence of oviposition. Entomologia Experimentalis et Applicata 69: 221-229. https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1993.tb01745.x

Wajnberg E (2010) Genetics of the behavioral ecology of egg parasitoids. En: Egg parasitoids in agroecosystems with emphasis on *Trichogramma* (Eds. Consoli FL, Parra JRP, Zucchi RA), pp 149-165. Ed Springer Science+Business Media BV, Dordrecht, NL.

Zimmerman O, Wührer B (2010). The South American Tomato Moth, *Tuta absoluta*, a new pest in Germany: An assessment of biological control options. En: Report on the 28th Annual Meeting of the Working Group "Beneficial Arthropods and Entomopathogenic Nematodes" (Eds. Herz A, Ehlers RU). Journal of Plant Diseases and Protection 117: 88. https://doi.org/10.1007/BF03356340

(Aceptado para publicación el 27 de mayo de 2019)

Efecto de rizobacterias y dosis reducidas de fertilizantes sintéticos sobre la expresión morfo-productiva de tomate en invernadero

R.G. Chiquito-Contreras[1], J.J. Reyes-Pérez[2], C.J. Chiquito-Contreras[1], L. Vidal-Hernández[1] y L.G. Hernández-Montiel[3,*]

[1] Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Agrícolas, Campus Xalapa. Circuito Universitario Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria. Xalapa, Veracruz, México, CP. 91090
[2] Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Campus Ingeniero Manuel Agustín Haz Álvarez. Av. Quito km. 1 1/2 vía a Santo Domingo de los Tsáchilas, Quevedo, Los Ríos, Ecuador
[3] Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Calle Instituto Politécnico Nacional Nº 195, Col. Playa Palo de Santa Rita Sur, La Paz, Baja California Sur, México, CP 23096

Resumen

El aprovechamiento de rizobacterias como promotores del crecimiento vegetal en la producción agrícola es considerado una alternativa ecológicamente viable ante el uso excesivo de fertilizantes sintéticos. Se determinó el efecto de la inoculación de dos cepas rizobacterianas de *Pseudomonas putida* y aplicación de dos concentraciones de fertilización sintética sobre la expresión morfo-productividad de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* M.) en invernadero. Las plantas se inocularon con las cepas FA-8 y FA-56 mediante inmersión del sistema radicular. La fertilización sintética suministrada fue de 100% y 75% de concentración. Se determinó la altura, diámetro de tallo, longitud y volumen de raíz, biomasa, rendimiento, sólidos solubles totales (SST) de fruto y población rizobacteriana. Los resultados indican que las dos cepas de *P. putida* más los dos niveles de fertilización sintética promovieron significativamente los parámetros morfo-productivos de las plantas. La aplicación de *P. putida* en plantas de tomate representa una alternativa potencial como bio-fertilizante en la producción sustentable.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum*, *Pseudomonas putida*, crecimiento, rendimiento.

Effect of rhizobacteria and reduced doses of synthetic fertilizers on the morpho-productive expression of tomato in greenhouse

Abstract

The use of rhizobacteria as promoters of plant growth in agricultural production is considered an ecologically viable alternative to the excessive use of synthetic fertilizers. The effect of the inoculation of two rhizobacterial strains of *Pseudomonas putida* and application of two concentrations of synthetic fertilization on the morpho-productivity expression of tomato plants (*Solanum lycopersicum* M.) in greenhouse was determined. The plants were inoculated with strains FA-8 and FA-56 by immersion of the root sys-

* Autor para correspondencia: lhernandez@cibnor.mx

Cita del artículo: Chiquito-Contreras RG, Reyes-Pérez JJ, Chiquito-Contreras CJ, Vidal-Hernández L, Hernández-Montiel LG (2020). Efecto de rizobacterias y dosis reducidas de fertilizantes sintéticos sobre la expresión morfo-productiva de tomate en invernadero. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 116(1): 19-29. https://doi.org/10.12706/itea.2019.015

tem. The synthetic fertilization supplied was 100% and 75% concentration. The height, stem diameter, root length and volume, biomass, yield, total soluble solids (TSS) and rhizobacterial population were determined. The results indicate that two strains of *P. putida* and two levels of synthetic fertilization significantly promoted the morpho-productive parameters of the plants. The application of *P. putida* in tomato plants represents a potential alternative as a bio-fertilizer in sustainable production.

Keywords: *Solanum lycopersicum*, *Pseudomonas putida*, growth, yield.

Introducción

El tomate (*Solanum lycopersicum* M.) es una de las hortalizas que más se cultiva en el mundo, debido a la alta demanda que tiene su fruto para consumo en fresco o procesado, cualidad que le confiere ser una planta de alto valor económico al representar más del 30% de la producción hortícola a nivel mundial (Nawab *et al.,* 2017; Costa *et al.,* 2018). Anualmente se incrementa la superficie del cultivo, lo que genera el uso constante y excesivo de los fertilizantes sintéticos, los cuales, además de tener un alto costo económico, son altamente contaminantes para el suelo, agua y salud humana (Watanabe *et al.,* 2015). En América Latina, se destina más del 70% de la superficie total cultivada en sistema de agricultura protegida para la producción de tomate (Juárez-Maldonado *et al.,* 2015; Ramos *et al.,* 2018).

Ante la implementación de esquemas de producción agrícola intensivo para el cultivo de tomate, donde la demanda de insumos nutricionales sintéticos es grande, han surgido estrategias nutricionales sustentables a base de microorganismos, como por ejemplo las rizobacterias promotoras del crecimiento en plantas (Naili *et al.,* 2018; Mustafa *et al.,* 2019), entre las que destacan numerosas especies agrupadas en los géneros *Pseudomonas, Azospirillum, Bacillus, Azotobacter, Enterobacter, Rhizobium*, entre otros (Kamou *et al.,* 2015; Gamez *et al.,* 2019).

Las rizobacterias son capaces de inducir de forma directa o indirecta la sanidad, crecimiento y productividad de las plantas a través de diferentes mecanismos como; la fijación biológica de nitrógeno atmosférico, solubilización de fosforo (Gouda *et al.,* 2018; Coy *et al.,* 2019), producción de fitohormonas como auxinas, citocinas y giberelinas (Jeyanthi y Kanimozhi, 2018; Puente *et al.,* 2018) e inhibición de fitopatógenos mediante metabolitos antifúngicos extracelulares como glucanasas, quitinasas, antibióticos, sideróforos, entre otros (Thakur y Parikh, 2018; Chenniappan *et al.,* 2019). Las rizobacterias se desempeñan como elicitores naturales, aumentando el crecimiento y productividad de las plantas, siendo una alternativa biotecnológica viable de bajo costo, aprovechable en la producción sustentable de cultivos agrícolas establecidos bajo condiciones de campo o invernadero y en la reducción de fertilizantes sintéticos que deterioran el ambiente (Mehmood *et al.,* 2018; Dar *et al.,* 2018).

Estudios sobre la aplicación de rizobacterias y fertilizantes sintéticos han reportado un incremento en el crecimiento de las plantas, debido a una mayor capacidad de absorción de los nutrimentos (Dominguez-Nuñez *et al*., 2015; Paungfoo-Lonhienne *et al.,* 2019), promovida principalmente por el aumento de las poblaciones rizobacterianas (Tahir *et al.,* 2018). Al respecto Naseri y Mirzaei (2010), reportan que la aplicación de *Azotobacter* sp. y *Azospirillum* sp. más una fertilización reducida al 50% de nitrógeno inorgánico incrementó significativamente el crecimiento de plantas de cártamo establecidas en campo. Por su parte Yousefi y Barzegar (2014), obtuvieron un rendimiento similar en trigo establecido en campo con fertilizante fosforado al 100% y con el tratamiento de *A. chrocoo-*

ccum, P. fluorescens más 50% del fertilizante sintético. A pesar del efecto positivo de la aplicación de rizobacterias con dosis reducidas de fertilizantes sintéticos sobre las plantas, es necesario conocer y determinar la mejor combinación de ambos insumos biológicos y sintéticos que permita lograr una mayor expresión del crecimiento y productividad de plantas de interés agrícola (Hernández-Montiel *et al*., 2017; Cordero *et al*., 2018). El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la inoculación de dos cepas rizobacterianas de *P. putida* y la aplicación de dos concentraciones de fertilización sintética sobre la expresión morfológica y productiva de plantas de tomate en invernadero.

Material y métodos

Sitio de estudio

El estudio se realizó en un invernadero de 160 m^2, tipo túnel con ventilación lateral, ubicado en la Facultad de Ciencias Agrícolas Campus Xalapa de la Universidad Veracruzana, en las coordenadas 19° 30' latitud norte y 96° 55' latitud oeste, a una altura de 1450 msnm, en Xalapa, Veracruz, México.

Obtención y crecimiento de rizobacterias

Las dos cepas de *P. putida* utilizadas en este estudio, están catalogadas como FA-8 y FA-56 y fueron proporcionadas por el Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agrícolas Campus Xalapa de la Universidad Veracruzana. Ambas cepas fueron cultivadas individualmente en medio líquido B-King (conteniendo; 10 ml L^{-1} de glicerol, 15 g L^{-1} de peptona, 1 ml L^{-1} de MgSO ·7H O al 1,0 M y 1,5 g L^{-1} de K_2HPO_4) y colocadas en una incubadora (Binder^{TM} BF 400) por 48 h a 28 °C y 180 rpm. La concentración de cada rizobacteria fue ajustada a 1 × 10^9 células mL^{-1} mediante un espectrofotómetro (Thermo Spectronic modelo 4001/1) a una longitud de onda de 660 nm y absorbancia de 1.

Producción de plántulas de tomate

Se utilizaron semillas de tomate tipo saladette var. Río Grande (Westar Seeds International Inc®). La producción de plántulas con hábito de crecimiento determinado se realizó en una bandeja de germinación de poliestireno de 200 cavidades (de 2,5 x 2,5 x 6 cm), la cual fue desinfectada con una solución de hipoclorito de sodio al 5%. Posteriormente fue llenada con una mezcla de sustrato a base de lombricomposta, grava y arena (2:1:1 vol/vol), esterilizada con una solución sanitizante y desinfectante líquida de Anibac 580® (Promotora Técnica Industrial, S.A de C.V, i. a. cuaternario de amonio [1a. generación] al 8,6% y cuaternario de amonio [doble cadena] al 3,7%) a una dosis de 5 ml L^{-1}. Se colocó una semilla por cavidad a una profundidad de 1 cm, la bandeja germinadora se mantuvo en invernadero por 30 días a 25 °C y 60% HR.

Trasplante e inoculación de P. putida

Transcurridos los 30 días en la bandeja germinadora, se extrajeron las plántulas, realizándoles un lavado de raíz con agua destilada, posteriormente las raíces fueron inoculadas por inmersión en un vaso de precipitado de 250 ml conteniendo 100 ml de una suspensión (1 × 10^9 células mL^{-1}) de cada cepa rizobacteriana por 20 min. Una vez inoculadas las plantas, fueron depositadas en bolsas de polietileno negro de 10 kg de capacidad que contenían como sustrato inerte 8,5 kg de grava previamente desinfectada con solución líquida de Anibac 580® en dosis de 5 ml L^{-1}. Se inocularon lotes de plantas con cada cepa rizobacteriana y uno de forma combinada (con las dos *P. putida*) denominado MIX. Otro grupo de plantas (control) sin rizobacterias solo fueron fertilizadas. A

todas las plantas se les suministro una solución nutritiva al 75% y 100% (Tabla 1) de la siguiente manera; a los dos días después del trasplante (ddt) se aplicó 0,3 L de solución nutritiva por planta, el volumen se incrementó a 1 L día^{-1} a los 25 ddt y 1,8 L día^{-1} a partir de los 70 ddt hasta finalizar el experimento. Las plantas se mantuvieron dentro del invernadero tipo túnel durante 125 días. Durante el experimento se registró una temperatura media de 26 ± 4 °C y 60 ± 5% de humedad relativa. Al final del experimento se cuantificó; altura, diámetro de tallo, longitud de raíz, volumen radical, biomasa fresca y seca y unidades formadoras de colonias (UFC), rendimiento de fruto y contenido de sólidos solubles totales (SST) por el método refractométrico, y se expresó en porcentaje (%). Se realizaron diez repeticiones con tres unidades experimentales por tratamiento.

Tabla 1. Fertilizantes sintéticos utilizados en la solución nutritiva de plantas de tomate inoculadas con rizobacterias.
Table 1. Synthetic fertilizers used in the nutrient solution supplied to tomato plants inoculated with rhizobacteria.

Fertilizante comercial	Fórmula	Cantidad g L^{-1} (Dosis al 100%)	Cantidad g L^{-1} (Dosis al 75%)
Nitrato de calcio	$Ca(NO_3)_2$ $4H_2O$	1,43	1,07
Nitrato de magnesio	$Mg(NO_3)_2$	0,90	0,67
Nitrato de potasio	KNO_3	0,35	0,26
Fosfato monopotásico	KH_2PO_4	0,35	0,26
Micronutrientes (Tradecorp®AZ)*	Fe, Zn, Mn, B, Cu y Mo	0,04	0,03

*Trade Corporation International, S.A.U. (Madrid, España).

Población rizobacteriana

La determinación de la población de las rizobacterias en las raíces de las plantas se cuantificó en unidades formadoras de colonias (UFC). Al final del experimento se colectó una muestra de 3 g de raíz fresca de las plantas inoculadas con rizobacterias y sin inocular (control); las raíces se colocaron en placa Petri con solución salina estéril de NaCl al 0,85% (peso/vol). Posteriormente, de acuerdo a la metodología propuesta por Holguin y Bashan (1996), las raíces fueron maceradas mediante una varilla de vidrio estéril, se colectó 1 ml de la muestra y se depositó en un tubo de ensayo que contenía 9 ml de solución salina estéril al 0,85% (peso/vol), del cual se procedió a realizar diluciones seriadas para cuenta en placa con medio de cultivo sólido B-King por triplicado, incubando por un periodo de 72 h a 26 °C. La población de cada cepa rizobacteriana fue expresada como UFC log 10^7 g^{-1} de raíz.

Análisis estadístico

Se empleó un diseño de bloques al azar y los datos obtenidos fueron procesados por un análisis de varianza (ANOVA) de una vía. Se utilizó el paquete estadístico Statistica® v. 10,0 para Windows (StatSoft) y para la comparación de medias se utilizó la prueba multiple de Duncan ($p < 0,05$).

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos indican que la respuesta de las plantas de tomate inoculadas de forma individual y combinada con las cepas rizobacterianas de *P. putida* más la aplicación de dos concentraciones de fertilización sintética, muestra diferencias significativas ($P < 0,05$) en las variables morfológicas de planta y rendimiento del fruto (Tabla 2). Las plantas inoculadas con las dos cepas FA-8 y FA-56 (MIX) más dosis de fertilización sintética al 75% aumentaron la altura, longitud radical, biomasa fresca y rendimiento del fruto en 21,94%, 33,70%, 29,47% y 42,46%, respectivamente, respecto a las plantas con el 100% de fertilización sintética (control). Para las variables diámetro de tallo y volumen radical, las plantas fertilizadas al 75% e inoculadas con la cepa FA-56 mostraron un aumento del 8,56% y 48,36%, respectivamente, respecto a las plantas control fertilizadas al 100%. La biomasa seca de planta fue mayor con la cepa FA-8 más fertilización sintética al 75%, logrando un aumento del 42,46% respecto a las plantas control con fertilización sintética al 100%. La cuantificación porcentual de SST en jugo de fruto de tomate no mostró diferencias significativas entre los tratamientos de las plantas inoculadas con las cepas de *P. putida* más fertilización sintética en dosis del 75% y 100% (Tabla 2).

El aumento en el crecimiento y productividad de las plantas de tomate inoculadas con las cepas rizobacterianas y dosis reducida de fertilización sintética (75%) ésta relacionado con la capacidad de *P. putida* para sintetizar hormonas vegetales del grupo de las auxinas como el ácido indolacético (AIA), mecanismo de acción que estimula el crecimiento y desarrollo vegetal al intervenir en la división celular y diferenciación de tejidos, expresado en un aumento de biomasa y rendimiento (He *et al.,* 2018; Ghosh *et al.,* 2018). Diversas cepas rizobacterianas también tienen la habilidad para mejorar el proceso de nutrición mineral de las plantas al facilitar y aumentar la absorción de nutrimentos como N, P y quelatización de iones como el Fe (Singh *et al.,* 2018; Bhat, 2019). Al respecto, distintos autores han reportado la capacidad de las rizobacterias para actuar como agentes estimuladores del crecimiento y de producción en cultivos bajo diferentes sustratos como, tomate cultivado en piedra pómez (Hernández-Montiel *et al*., 2017) y banana en arena: aluvión (Gamez *et al.,* 2019) o directamente en campo sobre maíz (Di Salvo *et al*., 2018). En el estudio realizado por Carlier *et al.* (2008), reportan que la inoculación de plantas de trigo establecidas en campo con *Pseudomonas* sp. más un 50% de fertilización sintética aumentó significativamente el peso de semilla por número de espiga. Díaz Franco *et al*. (2015), encontraron que plantas de sorgo establecidas en campo inoculadas con *A. brasilense* más una dosis de fertilización sintética al 50% aumenta el número de granos por panoja, el peso de 100 granos, contenido de proteína y rendimiento de grano. Por su parte, Chiquito-Contreras *et al*. (2017) observaron que la inoculación de rizobacterias *P. putida* más una fertilización sintética en dosis del 75% en chile habanero cultivado en un sustrato a base de piedra pómez, aumentó el rendimiento de fruto respecto a las plantas con el 100% de fertilización. En este estudio, plantas de tomate inoculadas con dos cepas de *P. putida* más dosis de fertilización sintética al 75% (MIX) aumentó el rendimiento del fruto en un 42%, en comparación con las plantas fertilizadas al 100% (control).

Por otra parte, en cuanto a la composición nutricional del fruto, particularmente al contenido de sólidos solubles totales (SST), algunos reportes señalan que esta cualidad organoléptica puede estar influenciada por la capacidad de algunas rizobacterias para facilitar en las plantas la asimilación de nutri-

Tabla 2. Efecto de *P. putida* y fertilización sintética sobre el crecimiento y productividad de plantas de tomate en invernadero.
Table 2. Effect of P. putida *and synthetic fertilization on the growth and productivity of tomato plants in the greenhouse.*

Tratamientos	Altura (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Longitud radical (cm)	Volumen radical (cm^3)	Biomasa fresca (g)	Biomasa seca (g)	Rendimiento (g)	SST (%)
*Fertilización sintética 100%**								
Cepa FA-8	111,08 cd	8,26 abc	61,33 cd	69,07 bcd	333,78 b	57,09 bc	711,50 a	5,0 a
Cepa FA-56	116,06 bc	8,02 bcd	65,00 c	72,05 bc	330,59 b	64,74 ab	769,33 a	5,5 a
MIX+	106,67 de	8,36 abc	56,25 de	57,06 d	297,85 c	56,39 bc	736,33 a	5,5 a
Control	103,33 de	7,94 cd	54,17 e	61,04 cd	288,46 c	48,33 c	548,33 b	5,5 a
Fertilización sintética 75%								
Cepa FA-8	119,17 ab	8,45 ab	66,48 bc	83,33 ab	362,30 ab	72,93 a	634,33 ab	5,5 a
Cepa FA-56	124,50 a	8,62 a	71,25 ab	90,53 a	369,98 a	72,65 a	719,67 a	5,0 a
MIX	126,08 a	8,21 abc	72,43 a	89,83 a	373,47 a	70,84 a	781,17 a	5,5 a
Control	100,50 e	7,75 d	52,67 e	56,33 d	273,67 c	52,56 c	515,05 b	5,0 a

SST: Sólidos solubles totales.

Valores promedio (n = 30) dentro de la misma columna con letras diferentes muestran diferencias significativas en el ensayo con diseño de bloques al azar y la prueba de rango múltiple de Duncan ($P < 0,05$).

mentos, la estimulación por medio de reguladores del crecimiento (Gamalero y Glick, 2015) y compuestos orgánicos volátiles (COVs) que promueven la síntesis de enzimas reductoras de azúcares presentes en la pared celular del fruto, las cuales, producen azúcares simples que incrementan la concentración de sólidos solubles totales en los frutos durante el proceso de maduración (Vázquez-Ovando *et al*., 2012; Taiti *et al.,* 2015).

En relación a la población de las dos cepas de *P. putida* cuantificadas en raíces de plantas de tomate, las rizobacterianas más dosis de fertilización sintética al 75% y 100% mostraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos (Figura 1). Las plantas inoculadas con la cepa FA-56 y fertilización sintética al 75% mostraron la mayor población de células con 382 UFC (10^7 g^{-1} de tejido fresco de raíz). Las plantas con ambas cepas de *P. putida* y fertilización sintética al 100% mostraron las poblaciones bajas de UFC. Existen evidencias que indican el efecto negativo de los fertilizantes sintéticos sobre la tasa poblacional y actividad metabólica de las rizobacterias inoculadas en plantas, por ejemplo, especies rizobacterianas fijadoras de nitrógeno atmosférico generalmente en presencia de N inorgánico presentan una reducción en su habilidad para la fijación biológica de N, debido a que la acción de este tipo de rizobacterias es particularmente significativa cuando este elemento nutrimental se encuentra escaso en la rizósfera de las plantas (Nadeem *et al*., 2014; Moreau *et al.,*

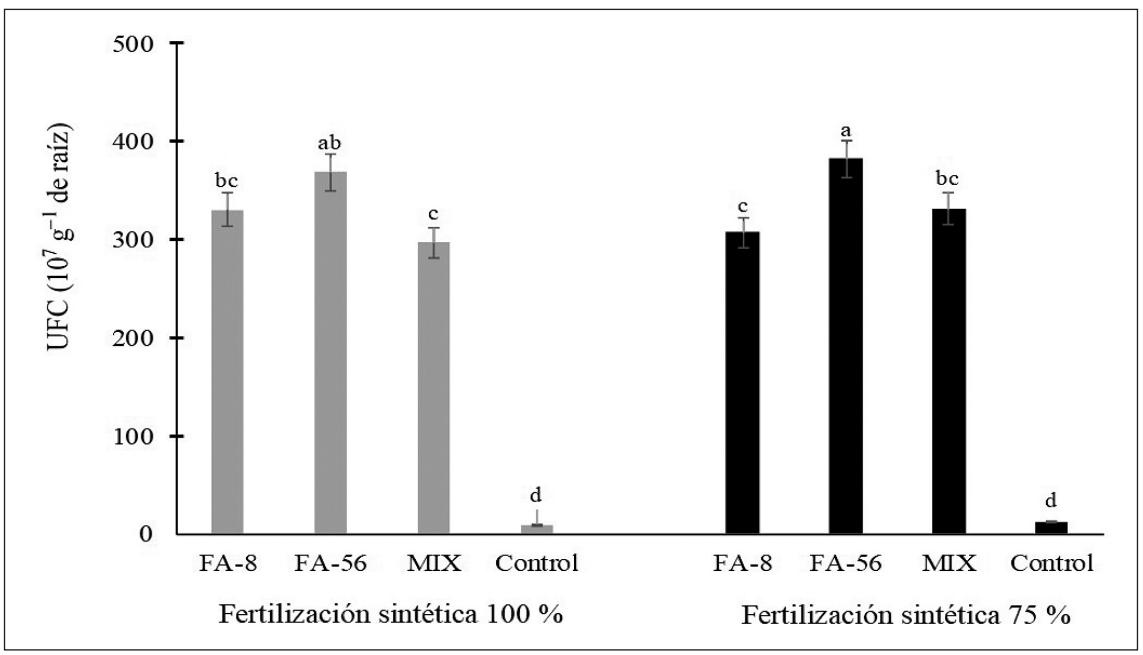


Figura 1. Unidades formadoras de colonias (UFC) cuantificadas en raíz de plantas de tomate inoculadas con *P. putida* cepas FA-8 y FA-56. Letras distintas sobre las barras muestran diferencias significativas de acuerdo con la prueba de rango múltiple de Duncan ($P < 0,05$).
Figure 1. Colony forming units (CFU) quantified in root tomato plants inoculated with P. putida *strains FA-8 and FA-56. Different letters on the bars show significant differences according to Duncan's multiple range test (P < 0.05).*

2019). Finalmente, las fluctuaciones en la tasa poblacional de rizobacterias está condicionada según el método de inoculación de las rizobacterias sobre las plantas, así como a la cantidad y calidad de los compuestos orgánicos producidos por los exudados radicales, destacando los aminoácidos, ácidos orgánicos, fenoles, fitohormonas (auxinas, giberelinas y citoquininas), azúcares, vitaminas y enzimas (Lundberg y Teixeira, 2018; Wu *et al.,* 2018). La cantidad y calidad de los exudados radicales de las plantas promueve en las rizobacterias la competencia por estos metabolitos, así como por el sitio que ocupan sobre la raíz de la planta, siendo las uniones entre las células epidérmicas y el área donde emerge la raíz los sitios con mayor atracción, adhesión, actividad y población microbiana (Sasse *et al.,* 2018; Olanrewaju *et al.,* 2019).

Conclusiones

La respuesta de las plantas de tomate inoculadas con las diferentes cepas de *P. putida* y fertilización sintética en dosis reducida al 75% mostró los mayores incrementos en todas las variables morfológicas de crecimiento, población rizobacteriana y rendimiento de fruto. El aprovechamiento de rizobacterias contribuye a la disminución de la cantidad de fertilizante sintético suministrado a las plantas hasta en 25%, lo que puede permitir una reducción en los costos de producción del cultivo, mantener la fertilidad del suelo y minimizar el impacto ambiental. Es necesario realizar trabajos en campo con la implementación de la fertilización sintética en dosis reducidas para validar el potencial de las cepas rizobacterianas de *P. putida* como agentes promotores del crecimiento y en la productividad de las plantas de tomate en torno a un esquema de producción agrícola sustentable.

Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento otorgado por la Facultad de Ciencias Agrícolas, Campus Xalapa de la Universidad Veracruzana y el soporte técnico proporcionado por el personal responsable del Laboratorio de Química Agrícola y del área de invernaderos.

Referencias bibliográficas

Bhat MA, Rasool R, Ramzan S (2019). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) for sustainable and eco-friendly agriculture. Acta Scientific Agriculture 3: 23-25.

Carlier E, Rovera M, Rossi Jaume A, Rosas SB (2008). Improvement of growth, under field conditions, of wheat inoculated with Pseudomonas chlororaphis subsp. aurantiaca SR1. World Journal of Microbiology and Biotechnology 24: 2653-2658. https://doi.org/10.1007/s11274-008-9791-6

Chiquito-Contreras RG, Murillo-Amador B, Chiquito-Contreras CJ, Márquez-Mártinez JC, Córdoba-Matson MV, Hernández-Montiel LG (2017). Effect of Pseudomonas putida and inorganic fertilizer on growth and productivity of habanero pepper (Capsicum chinense Jacq.) in greenhouse. Journal of Plant Nutrition 40: 2595-2601. https://doi.org/10.1080/01904167.2017.1381119

Chenniappan C, Narayanasamy M, Daniel GM, Ramaraj GB, Ponnusamy P, Sekar J, Ramalingam PV (2019). Biocontrol efficiency of native plant growth promoting rhizobacteria against rhizome rot disease of turmeric. Biological Control 129: 55-64. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.07.002

Cordero I, Balaguer L, Rincón A, Pueyo JJ (2018). Inoculation of tomato plants with selected PGPR represents a feasible alternative to chemical fertilization under salt stress. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 181: 694-703. https://doi.org/10.1002/jpln.201700480

Costa E, Cardoso ED, Junior DBL (2018). Cherry tomato production on different organic substrates under protected environment conditions. Australian Journal of Crop Science 12: 87-92.

Coy RM, Held DW, Kloepper JW (2019). Rhizobacterial colonization of bermudagrass by Bacillus spp. in a Marvyn loamy sand soil. Applied Soil Ecology 141: 10-17. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.04.018

Dar ZM, Rouf A, Masood A, Asif M, Malik MA (2018). Review on plant growth promoting rhizobacteria and its effect on plant growth. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 7: 2802-2804.

Di Salvo LP, Cellucci GC, Carlino ME, García de Salamone IE (2018). Plant growth-promoting rhizobacteria inoculation and nitrogen fertilization increase maize (Zea mays L.) grain yield and modified rhizosphere microbial communities. Applied Soil Ecology 126: 113-120. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.02.010

Díaz Franco A, Gálvez López D, Ortiz Cháirez FE (2015). Bioinoculación y fertilización química reducida asociadas con el crecimiento de planta y productividad de sorgo. Revista Internacional de Contaminación Ambiental 31: 245-252.

Dominguez-Nuñez JA, Delgado-Alvez D, Berrocal-Lobo M, Anriquez A, Albanesi A (2015). Controlled-release fertilizers combined with *Pseudomonas fluorescens* rhizobacteria inoculum improve growth in *Pinus halepensis* seedlings. iForest Biogeosciences and Forestry 8: 12-18. https://doi.org/10.3832/ifor1110-007

Gamalero E, Glick BR (2015). Bacterial modulation of plant ethylene levels. Plant Physiology 169: 13-22. DOI: https://doi.org/10.1104/pp.15.00284

Gamez R, Cardinale M, Montes M, Ramirez S, Schnell S, Rodriguez F (2019). Screening, plant growth promotion and root colonization pattern of two rhizobacteria (*Pseudomonas fluorescens* Ps006 and *Bacillus amyloliquefaciens* Bs006) on banana cv. Williams (*Musa acuminata* Colla). Microbiological Research 220: 12-20. https://doi.org/10.1016/j.micres.2018.11.006

Ghosh D, Gupta A, Mohapatra S (2018). Dynamics of endogenous hormone regulation in plants by phytohormone secreting rhizobacteria under water-stress. Symbiosis 77: 1-14. https://doi.org/10.1007/s13199-018-00589-w

Gouda S, Kerry RG, Das G, Paramithiotis S, Shin HS, Patra JK (2018). Revitalization of plant growth promoting rhizobacteria for sustainable development in agriculture. Microbiological Research 206: 131-140. https://doi.org/10.1016/j.micres.2017.08.016

He Y, Wu Z, Wang W, Ye BC, Zhang F, Liu X (2018). Different responses of *Capsicum annuum* L. root and shoot to salt stress with *Pseudomonas putida* Rs-198 inoculation. Journal of Plant Growth Regulation 1-13. https://doi.org/10.1007/s00344-018-9891-y

Hernández-Montiel LG, Chiquito-Contreras CJ, Murillo-Amador B, Vidal-Hernández L, Quiñones-Aguilar EE, Chiquito-Contreras RG (2017). Efficiency of two inoculation methods of *Pseudomonas putida* on growth and yield of tomato plants. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 17: 1003-1012. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162017000400012

Holguin G, Bashan Y (1996). Nitrogen-fixation by *Azospirillum brasilense* Cd is promoted when co-cultured with a mangrove rhizosphere bacterium (*Staphylococcus* sp.). Soil Biology and Biochemistry 28: 1651-1660. https://doi.org/10.1016/S0038-0717(96)00251-9

Jeyanthi V, Kanimozhi S (2018). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR)-prospective and mechanisms: A review. Journal of Pure and Applied Microbiology 12: 733-749. http://dx.doi.org/10.22207/JPAM.12.2.34

Juárez-Maldonado A, de Alba-Romenus K, Zermeno-Gonzalez A, Ramírez H., Benavides-Mendoza A (2015). Análisis de crecimiento del cultivo de tomate en invernadero. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 6: 943-954.

Kamou NN, Karasali H, Menexes G, Kasiotis KM, Bon MC, Papadakis EN, Tzelepis GD, Lotos L, Lagopodi AL (2015). Isolation screening and characterization of local beneficial rhizobacteria based upon their ability to suppress the growth of *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* and tomato foot and root rot. Biocontrol Science and Technology 25: 928-949. https://doi.org/10.1080/09583157.2015.1020762

Lundberg DS, Teixeira PJ (2018). Root-exuded coumarin shapes the root microbiome. Proceedings of the National Academy of Sciences 115: 5629-5631. https://doi.org/10.1073/pnas.1805944115

Mehmood U, Inam-ul-Haq M, Saeed M, Altaf A, Azam F (2018). A brief review on plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): A key role in plant growth promotion. Plant Protection 2: 77-82.

Moreau D, Bardgett RD, Finlay RD, Jones DL, Philippot L (2019). A plant perspective on nitrogen cycling in the rhizosphere. Functional Ecology 33: 540-552. https://doi.org/10.1111/1365-2435.13303

Mustafa S, Kabir S, Shabbir U, Batool R (2019). Plant growth promoting rhizobacteria in sustainable agriculture: from theoretical to pragmatic approach. Symbiosis 78: 115-123. https://doi.org/10.1007/s13199-019-00602-w

Nadeem SM, Ahmad M, Zahir ZA, Javaid A, Ashraf M (2014). The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in improving crop productivity under stressful environments. Biotechnology Advances 32: 429-448. https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2013.12.005

Naili F, Neifar M, Elhidri D (2018). Optimization of the effect of PGPR-based biofertlizer on wheat growth and yield. Biometrics and Biostatistics International Journal 7: 226-232. https://doi.org/10.15406/bbij.2018.07.00213

Naseri R, Mirzaei A (2010). Response of yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to seed inoculation with *Azotobacter* and *Azosprilium* and different nitrogen levels under dry land condition. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 9: 445-449.

Nawab A, Alam F, Hasnain A (2017). Mango kernel starch as a novel edible coating for enhancing shelf-life of tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit. International Journal of Biological Macromolecules 103: 581-586. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.05.057

Olanrewaju OS, Ayangbenro AS, Glick BR, Babalola O (2019). Plant health: feedback effect of root exudates-rhizobiome interactions. Applied Microbiology and Biotechnology 103: 1155-1166. https://doi.org/10.1007/s00253-018-9556-6

Paungfoo-Lonhienne C, Redding M, Pratt C, Wang W (2019). Plant growth promoting rhizobacteria increase the efficiency of fertilizers while reducing nitrogen loss. Journal of Environmental Management 233: 337-341. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.12.052

Puente ML, Gualpa JL, Lopez GA, Molina RM, Carletti SM, Cassán FD (2018). The benefits of foliar inoculation with *Azospirillum brasilense* in soybean are explained by an auxin signaling model. Symbiosis 76: 41-49. https://doi.org/10.1007/s13199-017-0536-x

Ramos RS, Kumar L, Shabani F, Picanço MC (2018). Mapping global risk levels of *Bemisia tabaci* in areas of suitability for open field tomato cultivation under current and future climates. Plos One 13: e0198925. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198925

Sasse J, Martinoia E, Northen T (2018). Feed your friends: do plant exudates shape the root microbiome?. Trends in Plant Science 23: 25-41. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2017.09.003

Singh AV, Prasad B, Goel R (2018). Plant growth promoting efficiency of phosphate solubilizing *Chryseobacterium* sp. PSR 10 with different doses of N and P fertilizers on lentil (*Lens culinaris* var. PL-5) growth and yield. International Journal of Current Microbiology and Applied Science 7: 2280-2289. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.705.265

Tahir M, Khalid U, Ijaz M, Shah GM, Naeem MA, Shahid M, Mahmood K, Ahmad N, Kareem F (2018). Combined application of bio-organic phosphate and phosphorus solubilizing bacteria (*Bacillus* strain MWT 14) improve the performance of bread wheat with low fertilizer input under an arid climate. Brazilian Journal of Microbiology 49: 15-24. http://dx.doi.org/10.1016/j.bjm.2017.11.005

Taiti C, Costa C, Menesatti P, Caparrotta S, Bazihizina N, Azzarello E, Petrucci WA, Masi, E, Giordani E (2015). Use of volatile organic compounds and physicochemical parameters for monitoring the post-harvest ripening of imported tropical fruits. European Food Research and Technology 241: 91-102. https://doi.org/10.1007/s00217-015-2438-6

Thakur A, Parikh SC (2018). Screening of groundnut plant associated rhizobacteria for multiple plant beneficial plant growth promoting traits. Journal of Plant Pathology and Microbiology 9: 1-7. https://doi.org/10.4172/2157-7471.1000457

Vázquez-Ovando JA, Andrino-López DM, Adriano-Anaya ML, Salvador-Figueroa M, Ovando-Medina I (2012). Sensory and physico-chemical quality of banana fruits "Grand Naine" grown with biofertilizers. African Journal of. Agricultural Research 7: 4620-4626.

Watanabe M, Ohta Y, Licang S, Motoyama N, Kikuchi J (2015). Profiling contents of water-soluble metabolites and mineral nutrients to evaluate the effects of pesticides and organic and chemical fertilizers on tomato fruit quality. Food chemistry 169: 387-395. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.07.155

Wu L, Kobayashi Y, Wasaki J, Koyama H (2018). Organic acid excretion from roots: a plant mechanism for enhancing phosphorus acquisition, enhancing aluminum tolerance, and recruiting beneficial rhizobacteria. Soil Science and Plant Nutrition 64: 697-704. https://doi.org/10.1080/00380768.2018.1537093

Yousefi A, Barzegar A (2014). Effect of *Azotobacter* and *Pseudomonas* bacteria inoculation on wheat yield under field condition. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 7: 616-619.

(Aceptado para publicación el 7 de julio de 2019)

Evaluación de la crianza artificial de terneros lactantes, con dos tipos de alimentación inicial

S. Pared, G. Bilbao*, S. Gatius, P.I. Alvarado y R.A. Rubio

Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA) Campus Universitario B7000, Tandil, Buenos Aires, Argentina

Resumen

En el presente trabajo se evaluó el consumo de materia seca (MS) y de energía bruta, la ganancia diaria de peso y el índice de conversión alimenticia en una crianza de 60 días, suministrando alimentos sólidos de diferente calidad los primeros 20 días. Se utilizaron 20 terneros machos y 20 hembras cruce de "Montbeliarde × Holstein", los cuales fueron distribuidos equitativamente en dos grupos de alimentación (grupos de alimentación A y B). La alimentación se compuso de leche de vaca (6 L/día en dos tomas, hasta el día 30 y 4 L/día en una toma, hasta el día 45) y dieta sólida (A: alimento extrusionado hasta día 20 de crianza y alimento iniciador del día 21 al 60; B: alimento iniciador desde el día 1 al 60 de crianza). Se registró el peso vivo de los terneros al ingresar al sistema de crianza artificial, semanalmente y al finalizar la crianza. Se estimó el consumo de alimento sólido diariamente por diferencia entre alimento ofrecido y rechazado hasta el día 45 y, posteriormente, se estimó el consumo acumulado cada cinco días hasta el día 60. En los primeros 20 días de crianza el consumo en kg MS de alimento sólido fue de 1,81 kg para el grupo A y de 1,42 kg para el B, que junto al consumo de MS de la leche representa un total de 17,34 kg y 16,23 kg MS grupo A y B respectivamente. El consumo de energía bruta fue de 14,08 Mcal y 12,06 Mcal y el índice de conversión alimenticia fue de 2,19 y 2,13 (A y B respectivamente). La ganancia diaria de peso durante el periodo de 60 días fue de 0,685 ± 0,1 kg/día y 0,700 ± 0,1 kg/día para el grupo A y B respectivamente. Ninguna de las variables estudiadas durante el período de 60 días, mostraron diferencias significativas entre grupos de alimentación ($p > 0,05$). Se concluye que la crianza de terneros con alimento sólido extrusionado o iniciador con 6 L diarios de leche en 2 tomas los primeros 20 días de vida es similar para el consumo de alimento sólido, la ganancia diaria de peso y el índice de conversión alimenticia.

Palabras clave: Crianza artificial, terneros, leche, alimentación.

Evaluation of the artificial rearing of lactating calves, with two types of starter feed

Abstract

The aim of this work was to evaluate dry matter (DM) and gross energy (GE) consumption, daily weight gain (DWG) and food conversion index (FCI) during 60-days when different solid feed were supplied (with or without extrusion) during the first 20-day of rearing. 20 male and 20 female crosbred calves (Montbeliarde × Holstein), which were distributed equally in two feeding groups (A and B). The diet was com-

* Autor para correspondencia: gladiola@vet.unicen.edu.ar

Cita del artículo: Pared S., Bilbao G., Gatius S., Alvarado P.I., Rubio R.A. (2020). Evaluación de la crianza artificial de terneros lactantes, con dos tipos de alimentación inicial. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 116(1): 30-40. https://doi.org/10.12706/itea.2019.011

posed of cow's milk (6 L/day in 2 feedings until day 30 and 4 L/day up to day 45) and solid feed (A: extruded feed until day 20 of age and starter feed from day 21 to the day 60 of age; or B: starter feed from day 1 to day 60 of age). The live weight of the calves was recorded at the beginning of the artificial rearing process, and then weekly up to the end of the process. The consumption of solid feed was estimated daily by difference between milk and feed offered and rejected until the 45th day and, later on, cumulative consumption was estimated every 5 days until the 60th day. In the first 20 days, the DM intake of solid feed was 1.81 kg for group A and 1.42 kg for B, that together with the milk DM intake represents a total of 17.34 kg and 16.23 kg for group A and B, respectively. The GE intake was (14.08 Mcal and 12.06 Mcal) and the FCI was (2.19 and 2.13) for group A and B respectively. The DWG during 60 days of age was 0.685 ± 0.1 kg / day and 0.700 ± 0.1 kg / day for group A and B, respectively. None of the variables studied during the 60-day period showed significant differences between the feeding groups ($P > 0.05$). It is concluded that feeding calves with solid extruded or starter feed and 6 L of milk per day in 2 feedings during the first 20 days of age allows obtaining similar solid feed intake, DWG and FCI.

Keywords: Artificial rearing, calves, milk, feeding.

Introducción

Tradicionalmente, los terneros de granjas productoras de leche han sido alimentados con leche o sustitutos líquidos de la leche con una cantidad diaria equivalente al 10% del peso vivo (PV) del ternero en 2 tomas diarias (Vasseur *et al.*, 2012; Hötzel *et al.*, 2014; Staněk *et al.*, 2014). Estos sistemas de alimentación convencional (4 L diarios de leche en dos tomas hasta el día 60 crianza) estaban destinados a fomentar un mayor consumo de alimento sólido desde una edad temprana; sin embargo, limitan el crecimiento potencial, permitiendo alcanzar sólo el 20-30% del crecimiento biológicamente normal (Appleby *et al.*, 2001), siendo perjudicial para la salud y el bienestar de los terneros (SVC, 1995).

La investigación en las últimas décadas ha llevado a un mayor interés en acelerar la crianza, proponiendo programas de alimentación intensiva en los que se incluyen una mayor cantidad de leche o sustituto líquido de la leche. Estos programas tienen como finalidad incrementar el potencial de la producción futura y disminuir en las hembras la edad al primer parto, lo que podría proporcionar un mayor beneficio económico a largo plazo a los productores. Khan *et al.* (2011) concluyeron por un lado que los terneros que ingieren cantidades altas de leche presentarán mayor ganancia de peso, mejor eficiencia de alimentación, menor incidencia de enfermedades y mayor oportunidad para expresar comportamientos naturales, aspectos que combinados sugieren un mejor bienestar; y por otro lado, que los programas de reducción progresiva de la leche promueven una mayor ingesta de alimento sólido, siendo más efectivos cuanto mayor es la ración de leche en la etapa inicial. Existe poca información sobre los datos productivos de terneros lactantes cuando se incluyen mayores cantidades iniciales de leche con suministro de alimento extrusionado (sustituto lácteo sólido), el cual presenta mayor digestibilidad por estar sometido al proceso de extrusión que sufre en el momento de su elaboración (Rosemberger *et al*., 2017).

El objetivo de este trabajo fue evaluar en diferentes periodos de una crianza de 60 días el consumo de materia seca (MS) y de energía bruta (EB), la ganancia diaria de peso (GDP) y el índice de conversión alimenticia (ICA), cuando se suministran alimentos sólidos de diferente calidad y presentación (grupo de alimentación A, extrusado; y B, alimento iniciador) los primeros 20 días de crianza, con una dieta láctea de 6 L diarios en dos tomas.

Material y métodos

Animales y granja

El ensayo se realizó en un establecimiento lechero ubicado en el partido de Balcarce, provincia de Buenos Aires, Argentina. Se llevó a cabo durante el período que abarca desde el 21 de abril al 28 de junio del 2016 con temperaturas promedio máxima de 15 ± 2 °C y una mínima de 6 ± 2 °C (Weather Spark, 2019).

Se utilizaron cuarenta terneros (veinte machos y veinte hembras) cruce de Montbeliarde y Holstein, nacidos entre el 21 y 28 de abril, los cuales fueron asignados alternativamente a cada grupo de alimentación (A y B) hasta completar la totalidad de los terneros respetando la proporcionalidad de los sexos.

Los terneros fueron criados al aire libre, sujetados individualmente con una disponibilidad de 15 m^2 por ternero. Cada uno provisto de un reparo proporcionado por un heno de 400 kg y una estaca con dos baldes para alimentos y agua. El ingreso de los terneros al sistema de crianza artificial fue entre las 24-46 h de nacidos.

Alimentación

El encalostrado de los terneros se realizó de forma natural al pie de la madre y suplementado en aquellos casos que fuera necesario. La dieta líquida para ambos grupos de alimentación constó de leche (densidad promedio de 1,029 g/cm^3) proveniente de los rodeos de leche fresca y de descarte (vacas en lactancia que se encuentran bajo tratamiento medicamentoso), a razón de 6 L/día en dos tomas (periodo de 30 días) hasta el día 30 y 4 L/día en una toma (periodo de 15 días) hasta el día 45 de crianza, momento en el que se suspendió el suministro de leche. La dieta sólida difirió entre grupos de alimentación los primeros 20 días. Los terneros del grupo de alimentación A fueron alimentados con alimento extrusado (Nutrika® - Segundo Sombra 1657. Tandil, Buenos Aires, Argentina) hasta el día 20 de crianza y con alimento iniciador (Ternero Mamón Especial® – Ruta 226 y 30 – Parque Industrial Tandil, Buenos Aires, Argentina) del día 21 al 60 de crianza; y los terneros del grupo de alimentación B fueron alimentados con alimento iniciador (Ternero Mamón Especial®) sin extrusionar durante toda la crianza. La composición centesimal de los alimentos se muestra en la Tabla 1. Los terneros de ambos grupos fueron provistos de agua *ad libitum*, y no tuvieron oferta de forraje.

Tabla 1. Composición centesimal de los alimentos: extrusionado, iniciador y leche.
Table 1. Centesimal composition of: extruded, starter solid food and milk.

Composición centesimal	Extrusionado	Iniciador	Leche
Proteína Bruta (%)	22,5	22,0	3,6
Extracto etéreo (%)	7,4	3,5	3,7
Fibra bruta (%)	4,5	5,0	–
Humedad (%)	11,5	12	87,3
Minerales totales (% de cenizas)	7	6	–
Lactosa (%)	6,0	–	4,9

Datos registrados y determinaciones

Se registró el consumo diario de leche (L/día) y de alimento sólido (kg/día). La leche se administró con jarra medidora y se registró el remanente en los casos donde el ternero no consumió la totalidad.

El consumo de alimento sólido se determinó diariamente desde el día 1 al 45 de la crianza por diferencia entre el alimento ofrecido y el rechazado. Desde el día 46 al 60, se determinó el consumo acumulado cada cinco días (oferta diaria y rechazo final). El peso de alimento ofrecido y rechazado se registró con una balanza electrónica de un rango de peso 1 a 2000 g. Se valoró el contenido de materia seca del alimento por diferencia de peso hasta peso constante en estufa a 105 °C (AOAC, 2005).

El peso de los terneros se registró al ingresar a la crianza, semanalmente y al día 60 del ensayo, utilizando una báscula electrónica (Tru Test modelo 703, con un rango de peso entre 10,0 y 1000,0 kg con un error de 0,5 kg). Los registros de peso se realizaron después de la primera toma de leche. A partir del desleche, los terneros se pesaron luego del suministro de agua y alimento.

Análisis de datos

Se realizó el experimento por medio de un diseño en bloque generalizado, donde el efecto principal fue el tratamiento y el bloque fue el sexo. Los promedios de consumo de dieta sólida (kg MS/animal/día) y de EB (Mcal/animal/día) aportada por la dieta líquida y sólida, de GDP (kg/animal/día) y del ICA (kg MS consumida/kg de peso ganado) de los grupos se compararon mediante el Test T (α = 0,05), utilizando la versión libre del programa estadístico InfoStat (Di Renzo *et al.*, 2010). Todas estas variables se analizaron por períodos sujetos a la cantidad de días del ensayo. Los períodos se determinaron de acuerdo al manejo de la alimentación durante la crianza: 1) día 1 a 20: ambos grupos recibieron 6 L diarios de leche/ternero en dos tomas, al A se le suministró alimento extrusionado y al B alimento iniciador; 2) día 21 a 30: ambos grupos recibieron 6 L/día de leche/ternero, en dos tomas y alimento iniciador; 3) día 31 a 45: ambos grupos recibieron 4 L/día de leche/ternero, en una toma y alimento iniciador; y 4) día 46 a 60: ambos grupos sólo recibieron alimento iniciador.

La concentración de EB de la leche (Mcal/kg) y de los alimentos (Mcal/kg MS), extrusionado e iniciador, se estimaron a partir de su composición, utilizando para la leche la ecuación [1] (AFRC, 1990) modificada para expresar la energía en megacalorías, y la ecuación [2] para los alimentos sólidos de acuerdo a la composición detallada en la tabla 1 (Nehring y Haenlein, 1973).

$$EB\ leche\left(\frac{Mcal}{Kg}\right) = 0{,}038 \times \%\ Grasa\ Butirosa + 0{,}022 \times \%\ Proteína\ Bruta + 0{,}019 \times \%\ Lactosa - 0{,}108 \times 0{,}239$$

$$EB\ alimentos\left(\frac{Mcal}{Kg}\ MS\right) = 5{,}7 \times \%\ Proteína\ Bruta + 9{,}4 \times \%\ Extracto\ Etereo + 4{,}7 \times \%\ Fibra\ Bruta + 4{,}7 \times \%\ Extracto\ Libre\ Nitrógeno$$

Para observar cómo se comportó la ganancia diaria de peso a lo largo del ensayo, se determinó una función polinómica utilizando el programa Microsoft Excel 2007 para cada grupo de alimentación.

Resultados y discusión

El consumo promedio diario de leche los primeros 30 días fue de 0,76 ± 0,02 kg MS (grupo A y B), y de 0,52 ± 0,02 kg MS (grupo A) y 0,52 ± 0,03 kg MS (grupo B) los 15 días siguientes. Con un total de leche por ternero de 31,3 ± 0,7 kg MS (grupo A) y 31,2 ± 0,6 kg MS (grupo B), sin diferencias significativas (P > 0,05) entre grupos. El 78% de las granjas lecheras de la región pampeana (Bilbao, 2014 y 2015) suministran dietas convencionales de 4 L diarios durante un período de crianza de 60 días que significan 240 L totales por ternero.

En la Tabla 2, se muestran los resultados obtenidos del consumo de MS de la dieta sólida y líquida, en la Tabla 3 el consumo de EB y en la Tabla 4 la GDP y el ICA, evaluados en cada período. Ninguna de las variables muestran diferencias significativas entre grupos (P > 0,05).

No muestra diferencia significativa el peso promedio inicial de los terneros, el cual fue de 41,8 ± 6,5 kg y 43,1 ± 6,1 kg para tratamiento A y B, respectivamente. El sexo no tuvo efecto significativo (P = 0,20). La GDP no difirió (P = 0,48) entre grupos y fue de 0,685 ± 0,1 kg/día y 0,700 ± 0,1 kg/día para los terneros que recibieron las dietas A y B, respectivamente. Tampoco se registraron diferencias (P = 0,43) entre grupos en la GDP en los distintos períodos considerados (Tabla 2). En la Figura 1, se muestra la evolución del peso de los terneros de ambos grupos durante los 60 días de la crianza.

Tabla 2. Consumo de dieta sólida y consumo total (dieta sólida y líquida) evaluado en diferentes periodos de la crianza de los terneros.
Table 2. Intake of solid diet and total intake (solid and liquid diet) evaluated in the different periods of rearing calves.

Días	Grupo de alimentación								P-Valor	
	Extrusionado (A, n = 20)				Iniciador (B, n = 18)					
	Promedio		EE[a]		Promedio		EE[a]			
	CS[1]	CT[2]	CS[1]	CT[2]	CS[1]	CT[2]	CS[1]	CT[2]	CS[1]	CT[2]
1 a 20	1,81	17,34	0,30	0,34	1,42	16,23	0,31	0,35	0,31	0,396
21 a 30	3,90	11,55	0,39	0,38	3,42	11,06	0,41	0,40	0,41	0,381
31 a 45	13,87	21,98	0,80	0,80	14,08	22,09	0,84	0,84	0,84	0,921
46 a 60	52,58	52,58	15,50	15,50	33,14	33,14	16,34	16,34	16,34	0,394

[a] Error estándar.

[1] Consumo acumulado de alimento sólido, kg MS/ternero.

[2] Consumo acumulado total de dieta líquida y sólida, kg MS/ternero. Día 1 a 20, ambos grupos de alimentación recibieron 6 L/día/ternero en dos tomas, al A se le suministró alimento extrusionado y a B alimento inicio; día 21 a 30, ambos grupos recibieron 6 L/día/ternero en dos tomas y alimento inicio; día 31 a 45, ambos grupos recibieron 4 L/día/ternero en una toma y alimento inicio; y cuarto periodo, día 46 a 60 ambos grupos sólo recibieron alimento inicio. El consumo promedio total de leche fue de 31,29 ± 0,7 kg MS (grupo A) y 31,15 ± 0,6 kg MS (grupo B) y no difirió significativamente (P > 0,5104). En el grupo de alimentación B, n = 18 debido a que se murieron 2 terneros por causas no inherentes a los grupos de alimentación.

Tabla 3. Consumo total de energía bruta (CTM) evaluado en los diferentes periodos de la crianza del ternero.
Table 3. Total gross energy intake evaluated in the different periods of rearing calves.

Días	Grupo de alimentación				P-Valor
	Extrusionado (A, n = 20)		Iniciador (B, n = 18)		
	Promedio	EE[a]	Promedio	EE[a]	
	CTM[1]	CTM[1]	CTM[1]	CTM[1]	CTM[1]
1 a 20	14,08	1,30	12,06	1,37	0,289
21 a 30	19,38	1,62	17,37	1,71	0,399
31 a 45	61,43	3,36	62,30	3,54	0,861
46 a 60	220,83	65,09	139,20	68,62	0,394

[a] Error estándar.

[1] Consumo acumulado total de energía bruta, Mcal EB/ternero. Día 1 a 20, ambos grupos de alimentación recibieron 6 L/día/ternero en dos tomas, al A se le suministró alimento extrusionado y a B alimento inicio; día 21 a 30, ambos grupos recibieron 6 L/día/ ternero en dos tomas y alimento inicio; día 31 a 45, ambos grupos recibieron 4 L/día/ternero en una toma y alimento inicio; y cuarto periodo, día 46 a 60 ambos grupos sólo recibieron alimento inicio.

La energía bruta (EB) se obtuvo mediante las siguientes formulas:

$$EB\ leche\left(\frac{Mcal}{Kg}\right) = 0,038 \times \%\ Grasa\ \ Butirosa + 0,022 \times \%Proteína\ \ Bruta$$

$$+ 0,019 \times \%Lactosa - 0,108 \times 0,239$$

$$EB\ alimentos\left(\frac{Mcal}{Kg}\,MS\right) = 5,7 \times \%Proteína\ \ Bruta + 9,4 \times \%Extracto\ \ Etereo$$

$$+4,7 \times \%Fibra\ \ Bruta + 4,7 \times \%Extracto\ \ Libre\ \ Nitrógeno$$

En el grupo de alimentación B, n = 18 debido a que se murieron 2 terneros por causas no inherentes a los grupos de alimentación.

Del día 1 al 20, la leche representó el 91,1% del total de la MS consumida en promedio para ambos grupos; y si bien los alimentos extrusionado y de inicio difirieron un 4,5% en la concentración de energía, el escaso consumo no permitió que se evidenciaran diferencias en el consumo de EB entre grupos. Tampoco se evidenció que el utilizar alimentos de diferente calidad donde uno posee mayor digestibilidad por el proceso de extrusión (Abdelgadir *et al*., 1995), en la etapa inicial de la alimentación produjera diferencias en el consumo o GDP en las etapas posteriores del período de crianza. Khan *et al.* (2011) señalaron que los terneros comienzan a consumir cantidades medibles de alimentos sólidos a los 14 días de edad y la ingesta de estos alimentos aumenta rápidamente cuando las raciones de leche son reducidas o la leche es suspendida. En este trabajo se pudo observar en los primeros 10 días un consumo de alimento sólido en cada grupo de alimentación por debajo de los 0,1 kg/día, aumentando 0,02 kg/día hasta el día 20 (Figura 2). En la fi-

Tabla 4. Ganancia diaria de peso (GDP) e índice de conversión alimenticia (ICA) evaluado en los diferentes períodos de crianza artificial de los terneros.
Table 4. Daily weight gain and feed conversion index evaluated in the different periods of rearing calves.

Días	Grupo de alimentación								P-Valor	
	Extrusionado (A, n = 20)				Iniciador (B, n = 18)					
	Promedio		EE[a]		Promedio		EE[a]			
	GDP[1]	ICA[2]	GDP[1]	ICA[2]	GDP[1]	ICA[2]	GDP[1]	ICA[2]	GDP[1]	ICA[2]
1 a 20	0,420	2,19	0,30	0,18	0,430	2,13	0,30	0,19	0,780	0,827
21 a 30	0,680	1,49	0,10	0,14	0,650	1,79	0,11	0,15	0,870	0,132
31 a 45	0,620	2,37	0,40	0,14	0,630	2,48	0,50	0,15	0,830	0,613
46 a 60	0,910	4,54	0,40	1,64	0,870	2,58	0,40	1,72	0,430	0,414

[a] Error estándar.

[1] Ganancia diaria de peso vivo, kg/día.

[2] Índice de conversión alimenticia, kg/kg. Día 1 a 20, ambos grupos de alimentación recibieron 6 L/día/ternero en dos tomas, al A se le suministró alimento extrusionado y a B alimento inicio; día 21 a 30, ambos grupos recibieron 6 L/día/ternero en dos tomas y alimento inicio; día 31 a 45, ambos grupos recibieron 4 L/día/ternero en una toma y alimento inicio; y cuarto periodo, día 46 a 60 ambos grupos sólo recibieron alimento inicio. En el grupo de alimentación B, n = 18 debido a que se murieron 2 terneros por causas no inherentes al grupo de alimentación.

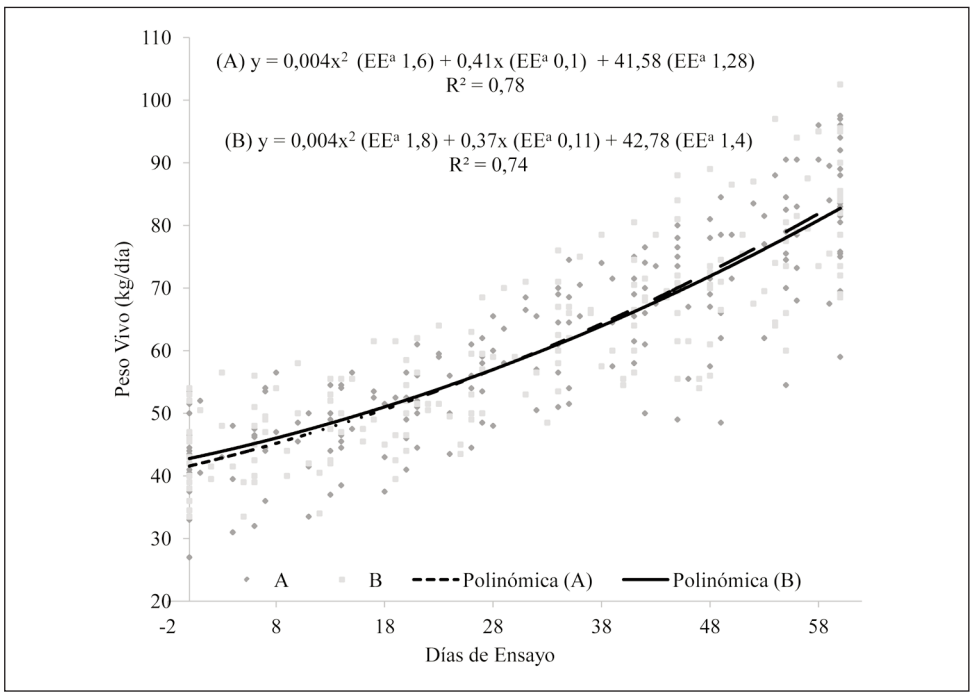


Figura 1. Evolución de peso vivo del grupo de alimentación A y B (ª EE = Error Estándar).
Figure 1. Evolution of live weight of feeding group A and B.

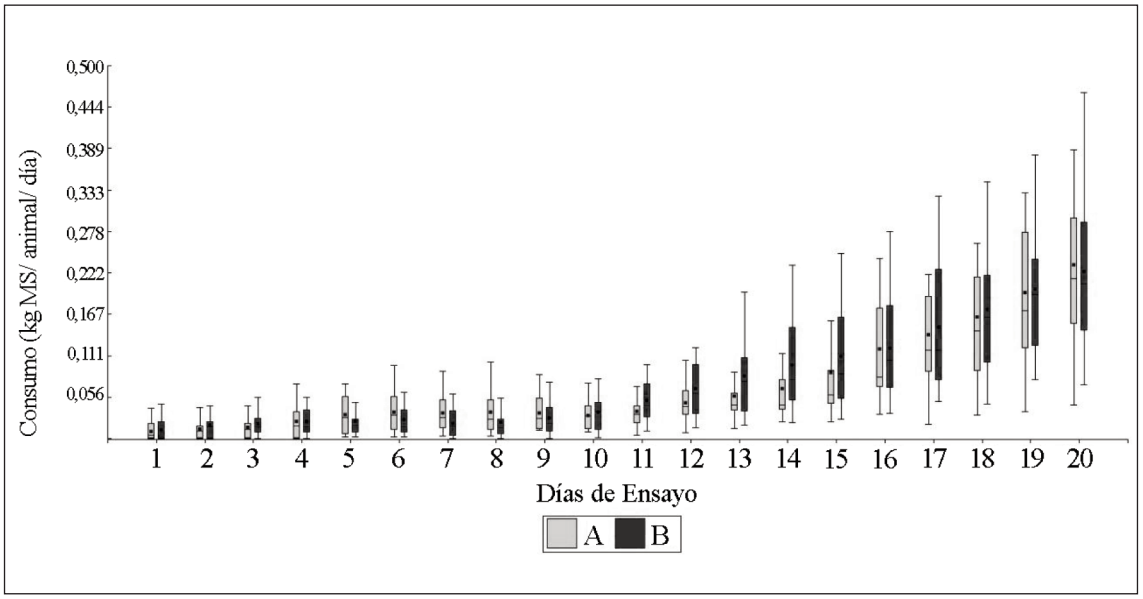


Figura 2. Consumo de alimento sólido diario. A: extrusionado, B: iniciador (periodo día 1 a 20).
Figure 2. Intake of daily solid feed. A: extruded, B: starter (period day 1 to 20).

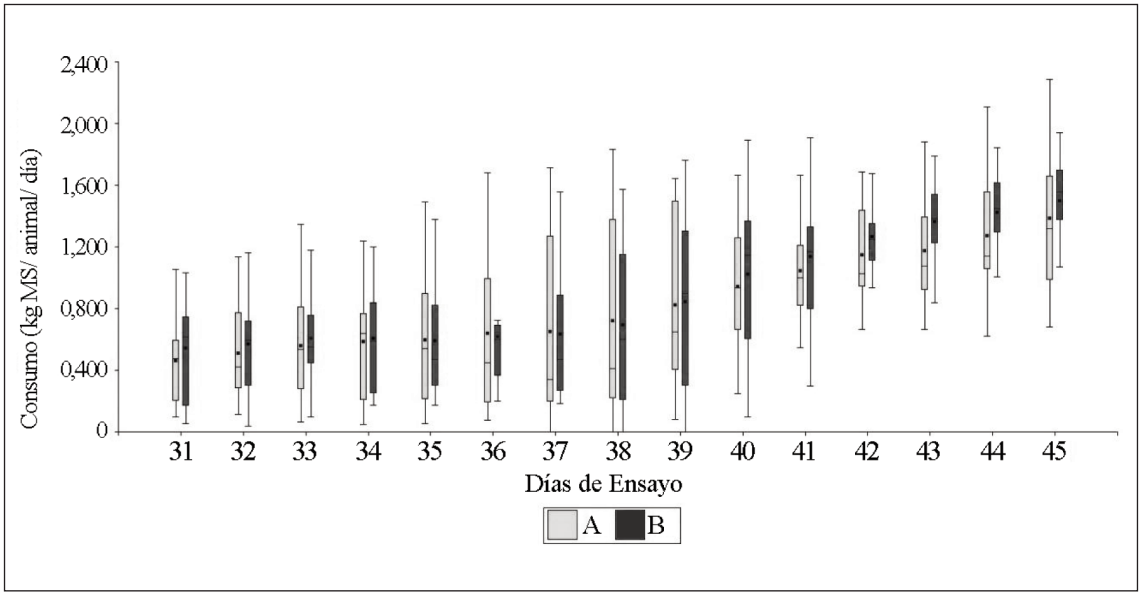


Figura 3. Consumo de alimento sólido diario. A: extrusionado, B: iniciador (periodo día 31 a 45).
Figure 3. Intake of daily solid feed. A: extruded, B: starter (period day 31 to 45).

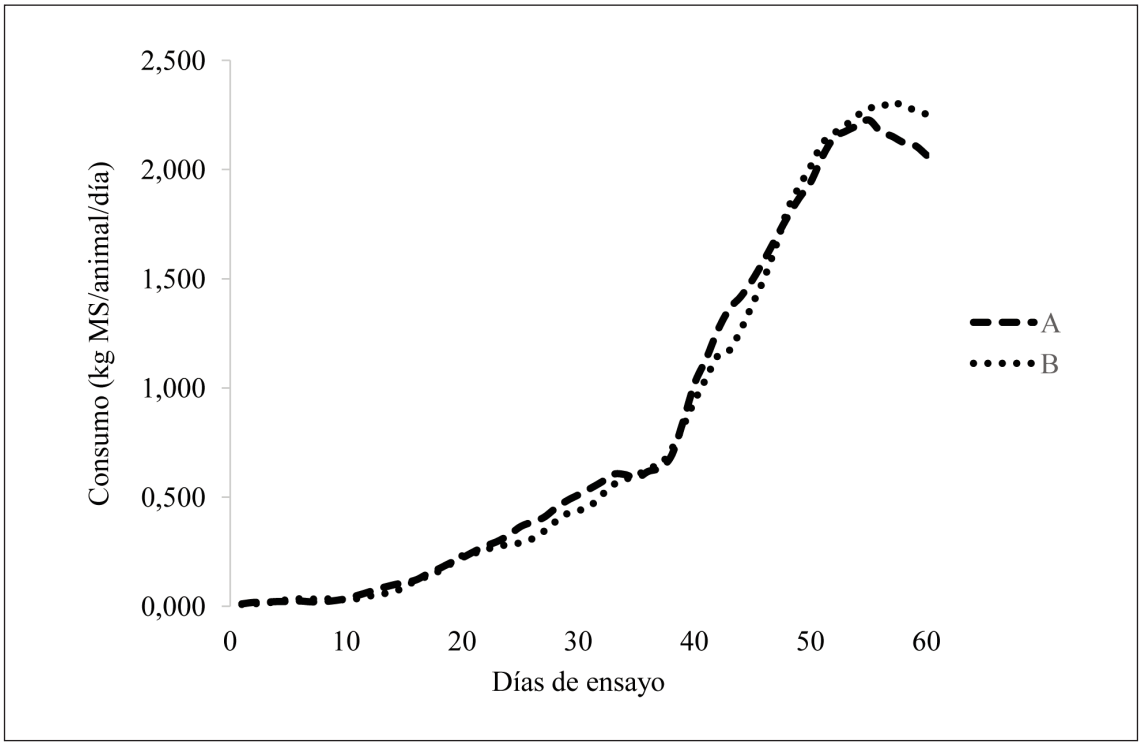


Figura 4. Consumo de alimento sólido acumulado. A: extrusionado, B: iniciador.
Figure 4. Accumulated solid feed intake. A: extruded, B: starter.

gura 3 se observa que cuando se pasó de 6 a 4 L (día 30), el consumo diario promedio de alimento sólido se mantuvo durante 8 días alrededor de 0,8 kg/día. Esta desaceleración en el consumo podría ser consecuencia de disminuir la dieta líquida bruscamente (lo cual es práctico para el manejo) y no en forma paulatina (Rosemberger *et al.*, 2017). Sin embargo, los terneros obtuvieron un consumo promedio de alimento sólido de 1,30 kg/día previo al desleche con un máximo de 2,77 kg/día y un mínimo de 0,69 kg/día (Figura 4), valores recomendados para realizar el desleche (Davis y Drackley, 2002).

Si comparamos los consumo de alimento sólido en los primeros 20 días de crianza obtenido por Guzmán (2004), con 4 L de leche/día y alimento sólido extrusionado, con los obtenidos en el presente trabajo, con 6 L de leche/día, se observa que en el primer caso el consumo fue superior en 0,1 kg/día. Este mayor consumo de alimento sólido se debería a un menor suministro de leche (Davis y Drackley, 2002). Al comparar en ambos trabajos el consumo total de MS de dieta sólida y líquida en igual periodo, en el presente trabajo se registró un consumo 4 kg mayor. Esta diferencia coincide con lo que aseveran Jasper y Weary (2002), que los terneros alimentados con dieta líquida convencional no llegan a compensar con el consumo de dieta sólida. Además, suministrar una cantidad mayor de leche mejora la ganancia de peso durante el período de crianza; por ejemplo, en este trabajo la GDP fue 0,700 kg/día y en Guzmán (2004) fue 0,450 kg/día.

Conclusiones

En función de los resultados obtenidos se concluye que, cuando se suministran 6 L diarios de leche al inicio de la crianza y un alimento sólido extrusionado o iniciador, ofrecido los primeros 20 días, no se afecta al consumo de alimento sólido, la ganancia de peso ni el índice de conversión alimenticia.

Agradecimientos

Al veterinario Facundo Palma Parodi, Nicolás Crespo, Jazmín Molina y Leo Díaz, por su colaboración en el trabajo de campo. A Silvina, Mónica y Graciela por brindar el espacio en el Laboratorio de Nutrición de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

Referencias bibliográficas

Abdelgadir IEO, Morrill JL (1995). Effect of processing sorghum grain on dairy calf performance. Journal of Dairy Science 78: 2040-2046. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(95)76829-1

AOAC (2005). Official Methods of Analysis, 18th. Ed. Association of Official Analytical Chemists; Arlington, VA, USA.

Appleby MC, Weary DM, Chua B (2001). Performance and feeding behaviour of calves on *ad libitum* milk from artificial teats. Applied Animal Behaviour Science 74: 191-201. https://doi.org/10.1016/S0168-1591(01)00171-X

Bilbao GN (2014). Crianza de terneros, manejo, alimentación y sanidad: Situación actual de la crianza de terneros. ¿Cambiamos? 1° estudio diagnóstico realizado en la zona Centro-Norte de la provincia de Santa Fe. Reunión técnica organizada por Estudio Avis, Nutriar S.A. y Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Esperanza, 28 de marzo de 2014, Santa Fe, Argentina.

Bilbao GN (2015). Estudio de prevalencia de los agentes microbianos causales de la diarrea neonatal de los terneros y su relación con el sistema de crianza de los terneros en la Cuenca Mar y Sierras. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

Di Renzo A (2010) Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en: http://www.infostat.com.ar (Consultado 05 septiembre 2018).

Davis CL, Drackley JK (2002). Alimento Iniciador: Importancia, composición y consumo. En: Desarrollo, nutrición y manejo del ternero joven, pp. 261-277. Editorial Inter-Médica, Buenos Aires, Argentina.

Guzmán M (2004). Evaluación productiva y económica de la crianza artificial de terneros con dos sistemas de alimentación. Tesina de Grado. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

Hötzel MJ, Longo C, Balcão LF, Cardoso CS, Costa JHC (2014). A survey of management practices that influence performance and welfare of dairy calves reared in southern Brazil. PLoS ONE 9:e114995. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114995

Jasper J, Weary DM (2002). Effects of *ad libitum* milk intake on dairy calves. Journal of Dairy Science 85: 3054-3058. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74391-9

Khan MA, Weary DM, von Keyserlingk MAG (2011). Invited review: Effects of milk ration on solid feed intake weaning, and performance in dairy heifers. Journal of Dairy Science 94: 1071-1081. https://doi.org/10.3168/jds.2010-3733

Nehring K, Haenlein GFW (1973). Feed evaluation and ration calculation based on net energy fat. Journal of Animal Science 36: 949-964. https://doi.org/10.2527/jas1973.365949x

Rosemberger K, Costa JHC, Neave HW, von Keyserlingk MAG (2017). The effect of milk allowance on behavior and weight gains in dairy calves. Journal of Dairy Science 94: 504-512. https://doi.org/10.3168/jds.2016-11195

Staněk S, Zink V, Doležal O, Štolc L (2014). Survey of preweaning dairy calf-rearing practices in Czech dairy herds. Journal of Dairy Science 97: 3973-3981. https://doi.org/10.3168/jds.2013-7325

SVC (1995). Report on the Welfare of Calves. Scientific Veterinary Committee, Animal. Welfare Section. Directorate General for Agriculture VI/BII.2. 120 pp.

Vasseur E, Pellerin D, de Passillé AM, Winckler C, Lensink BJ, Knierim U, Rushen J (2012). Assessing the welfare of dairy calves: Outcome-based measures of calf health versus input-based measures of the use of risky management practices. Animal Welfare 21: 77-86.

Weather Spark (2019). El clima promedio en Balcarce Argentina. Disponible en: https://es.weatherspark.com/y/28950/Clima-promedio-en-Balcarce-Argentina-durante-todo-el-a%C3%B1o (Consultado: 14 de enero 2019).

(Aceptado para publicación el 17 de abril de 2019)

Evaluación de la sostenibilidad entre 2010 y 2015 de sistemas de producción de leche en pequeña escala en el altiplano central de México

F. Prospero-Bernal[1,2], F. López-González[1], C.G. Martínez-García[1] y C.M. Arriaga-Jordán[1,*]

[1] Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario #100, Toluca, Estado de México, México, CP 50000

[2] Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM) Mabegondo. Galicia, España CP 15318

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar el nivel de sostenibilidad a través del tiempo en sistemas de producción de leche en pequeña escala con un manejo convencional de corte y acarreo de praderas irrigadas, más pajas de cereales y concentrados comerciales, en el altiplano central de México. Se evaluó la sostenibilidad de cinco explotaciones en dos ciclos productivos con una diferencia de cinco años 2010 y 2015, mediante el método IDEA (*Indicateurs de Durabilité des Explotations Agricoles* – Indicadores de Sostenibilidad en Explotaciones agropecuarias) bajo un esquema de investigación participativa rural. Se aplicaron encuestas semiestructuradas mensualmente en cada año de evaluación durante todo un ciclo productivo (doce meses). Los análisis económicos fueron deflactados a diciembre de 2015 para ambos ciclos de evaluación. En ambos años de evaluación la escala económica resultó ser el factor limitante en el nivel de sostenibilidad al obtener las menores puntuaciones respecto a las escalas agroecológica y socioterritorial. Se presentaron diferencias ($P < 0,05$) para manejo de nutrientes y espacios en la escala agroecológica, que fueron 21 % mayores en 2015. Asimismo, se identificaron diferencias ($P < 0,05$) en los componentes de viabilidad e independencia de la escala económica, siendo 53 y 60 % menores en el ciclo 2015 respecto a 2010, resaltando que no existen diferencias en el rendimiento de leche por vaca y las estrategias de alimentación entre los ciclos de evaluación, lo que indica que las explotaciones al mantenerse estáticas y no implementar innovaciones en las prácticas de manejo tienden a disminuir la rentabilidad y por ende disminuir su nivel de sostenibilidad.

Palabras clave: Desarrollo rural, método IDEA, sistema de corte y acarreo, praderas de riego, rentabilidad económica.

Assessment of the sustainability between 2010 and 2015 of small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico

Abstract

The objective was to assess the sustainability through time of small-scale dairy systems with a conventional management of cut-and-carry of irrigated pastures, plus cereal straws and commercial concentrates, in the highlands of central Mexico. Sustainability was assessed in two productive cycles five years

* Autor para correspondencia: cmarriagaj@uaemex.mx

Cita del artículo: Prospero-Bernal F, López-González F, Martínez-García CG y Arriaga-Jordán CM (2020). Evaluación de la sostenibilidad entre 2010 y 2015 de sistemas de producción de leche en pequeña escala en el altiplano central de México. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 116(1): 41-56. https://doi.org/10.12706/itea.2019.017

apart, 2010 and 2015, following the IDEA Method (*Indicateurs de Durabilité des Explotations Agricoles* – Sustainability Indicators in Agricultural Farms) under a rural participatory research approach. Semi-structured interviews were applied monthly over the two years of assessment. Economic analyses were deflated to December 2015 for both cycles. In both assessment cycles, the economic scale was the factor limiting sustainability given the lower scores compared to the agroecological and socioterritorial scales. There were differences ($P < 0.05$) for management of nutrients and space in the agroecological scale, which were 21 % higher in 2015. Furthermore, there were differences ($P < 0.05$) in the economic scale for the components of economic viability and independence that were 53 and 60 % lower in 2015 than 2010, noting that there were no differences in yields per cow and in feeding strategies in both assessment cycles; which showed that farms that remained static and did not innovate in their production practices tend to reduce their profitability, and therefore their sustainability.

Keywords: Rural development, IDEA method, cut and carry system, irrigated pastures, economic profitability.

Introducción

Actualmente los sistemas de producción agropecuarios enfrentan el reto de aumentar la producción de alimentos, sin posibilidad de aumentar la superficie agrícola y con la disminución en el uso de recursos no-renovables, a fin de entrar en una dinámica de desarrollo sostenible (Flysjö, 2012). En ese contexto, las explotaciones de producción de leche tienen el reto de incrementar los rendimientos con la menor huella de carbono (Gerber *et al.,* 2011). Según FAOSTAT (2018) se ha incrementado al doble la producción de leche a nivel internacional en el último medio siglo, y México ocupa actualmente el lugar 14 (FAOSTAT, 2018).

La producción de leche en México se realiza bajo condiciones heterogéneas, dada por las condiciones agroclimáticas, sociales de cada región y el nivel de tecnificación, distinguiéndose los siguientes sistemas de producción: i) sistemas intensificados con ganadería de gran escala, rendimientos superiores a 30 kg/vaca al día y ganado especializado, ubicada en el norte de México (Odermatt y Santiago, 1997); ii) sistemas de pequeña escala, caracterizados por emplear pequeñas superficies de tierra, hatos entre 3 y 35 vacas más sus reemplazos, y depender de la fuerza de trabajo familiar (Fadul-Pacheco *et al*., 2013); y iii) los sistema extensivos de las zonas tropicales con ganadería de doble propósito y rendimientos promedio de 6 kg por vaca al día (Odermatt y Santiago, 1997). Los sistemas en pequeña escala toman relevancia al representar el 78 % de las explotaciones especializadas en producción de leche, aportar el 37 % de la producción nacional (Hemme *et al*., 2007), generar empleos a nivel de explotación y en la localidad (Espinoza-Ortega *et al*., 2007), además son una opción para superar los índices de pobreza en el medio rural (Espinoza-Ortega *et al*., 2007; FAO, 2010). El Estado de México representa el 1,14 % de la superficie nacional con una extensión de 22.499,5 km^2, ubicado en el altiplano central mexicano, es el séptimo productor de leche del país, donde el 90 % de las explotaciones son en pequeña escala (INEGI, 2007).

Las unidades de producción de leche en pequeña escala del altiplano central de México con acceso a riego basan la alimentación del ganado en una estrategia convencional basada en el corte y acarreo de praderas irrigadas de clima templado, suplementación con concentrado comercial, grano y mazorcas de maíz, y pajas de cereales (principalmente maíz, pero también de avena, cebada y trigo, ya que tienen acceso a riego en la época seca (Alfonso-Ávila *et al*., 2012; Martínez-García *et al.,* 2015; Pincay-Figueroa *et al*., 2016).

Trabajos realizados han demostrado que la implementación del pastoreo de praderas y la utilización de ensilados (principalmente ensilado de maíz) durante la época seca de invierno-primavera, reducen los costos de alimentación, la dependencia de alimentos externos a la unidad de producción, e incrementan el nivel de sostenibilidad (Prospero-Bernal *et al*., 2017). Sin embargo, los procesos de adopción de nuevas tecnologías y cambio en las prácticas de manejo son lentos y requieren de la concurrencia de diversos factores que afectan la decisión de los productores para adoptar una innovación (Juárez-Morales *et al*., 2017).

En la mayor parte de México, los productores conservan sus prácticas de manejo de manera invariable sin incorporar cambios o innovaciones, por lo que es necesario evaluar la sostenibilidad de estas explotaciones a través del tiempo, para identificar sus perspectivas a futuro, así como áreas de oportunidad.

La evaluación de la sostenibilidad es un elemento clave para hacer eficiente la toma de decisiones en los sistemas de producción por la identificación de puntos críticos (Zahm *et al*., 2008 y 2015), además de tener la capacidad de detectar a través del tiempo los impactos que se originan en los sistemas por efectos de los sucesos económicos, climatológicos, políticos y sociales (Vilain *et al.,* 2008). Además, la evaluación de la sostenibilidad de estos sistemas es importante y necesaria, al ser la producción de leche un sector de relevancia e identidad en varias regiones, que se liga a los modos de vida de las comunidades rurales y que representa una interesante herramienta de desarrollo rural (Makkar Harinder, 2016).

Lo anterior es particularmente importante dado que la evaluación inicial de la sostenibilidad de estos sistemas identificó la escala económica como el eslabón más débil. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el nivel de sostenibilidad de explotaciones de leche en pequeña escala que tienen un manejo convencional en la alimentación de los hatos, en 2010 y en 2015, con la finalidad de identificar el efecto de los cambios sociales, ambientales y económicos a través del tiempo e identificar la resiliencia de estas explotaciones.

Material y métodos

Área de estudio

Este trabajo se realizó en el municipio de Aculco del altiplano central mexicano ubicado en las coordenadas 20° 05′ 58″ N y 99° 49′ 37″ W, a una altitud media de 2440 msnm, con clima templado sub-húmedo, precipitación media anual de 800 mm, temperatura media anual de 13,2 °C, con una época de lluvias bien definida de mayo a octubre y época seca en invierno y primavera con heladas en invierno (INEGI, 2007).

Selección de las unidades de producción y periodos de evaluación

Se invitó a participar a los propietarios de cinco unidades de producción de leche en pequeña escala con características similares bajo un muestreo de bola de nieve (Fadul-Pacheco *et al.,* 2013). Los periodos se conformaron de dos ciclos de producción de un año cada uno, el primero fue de mayo de 2010 a abril de 2011, el segundo año fue de enero a diciembre de 2015. Se recolectó información de forma mensual durante cada periodo de evaluación con visitas a las explotaciones de leche a través de una encuesta semiestructurada. Las encuestas recogieron información referente al desarrollo y manejo de la unidad de producción, necesaria para la evaluación de los indicadores sociales, ecológicos y económicos (Tabla 1). Dado que los ganaderos de leche en pequeña escala no llevan registros, fue necesario recolectar y generar la información para el estudio (ver Tablas 2 y 3).

Tabla 1. Escalas, componentes e indicadores del método IDEA V3.
Table 1. Scales, components and indicators of the IDEA V.3 method.

Escala	Componente	Indicadores
Agro-ecológica	Diversidad local	Diversidad de cultivos anuales, diversidad de cultivos perenes, diversidad animal y valoración y conservación del patrimonio genético*
	Manejo de nutrientes y espacio	Rotación de cultivos, dimensión de las parcelas, manejo de desechos orgánicos, zonas de regulación ecológica, contribución al mejoramiento ambiental de territorio*, valoración del espacio y gestión de las superficies forrajeras
	Prácticas de manejo	Fertilización, manejo del estiércol, pesticidas, productos veterinarios, protección del suelo, gestión del agua y dependencia energética
Socioterritorial	Calidad del producto	Calidad del producto, valoración del patrimonio y paisaje*, manejo de residuos inorgánicos, acceso al predio y vinculación comunitaria
	Empleos y servicios	Comercio local, autonomía y valoración de los recursos locales, servicios y actividades múltiples*, generación de empleo, trabajo colectivo y sustentabilidad probable de la explotación
	Ética y desarrollo humano	Dependencia de insumos comerciales, bienestar animal, formación y grado escolar, intensidad de trabajo, calidad de vida, aislamiento y calidad de las instalaciones.
Económica	Viabilidad	Viabilidad económica y tasa de especialización económica
	Independencia	Autonomía financiera y sensibilidad a los apoyos de gobierno
	Transmisibilidad	Transmisibilidad
	Eficiencia	Eficiencia de los procesos productivos

* Indicadores no incluidos en este estudio, por falta de información para su evaluación.
Fuente: Vilain *et al*., 2008.

El trabajo se realizó bajo un esquema de investigación participativa rural para el desarrollo y evaluación de tecnología agropecuaria, en el cual los investigadores y ganaderos tienen un consenso sobre la importancia del desarrollo de la evaluación, con la finalidad de compartir objetivos del trabajo de campo y su relevancia en los resultados finales del trabajo. Esto confiere mayor participación de los ganaderos y que la información que brindan de las explotaciones sea certera y real, dado que al tener un papel relevante en la investigación brindan información precisa al estar integrados en el desarrollo de la investigación (Conroy, 2005).

Evaluación de la sostenibilidad

La evaluación de la sostenibilidad se realizó bajo la metodología IDEA (Indicadores de Sostenibilidad de Explotaciones Agropecuarias – *Indicateurs de Durabilité des Explotations Agricoles*) en su tercera versión (Vilain *et al.*, 2008), la cual se maneja bajo la premisa de que todo desarrollo sostenible debe ser ecológicamente sano, socialmente justo y económicamente viable. El método consta de 17 objetivos que se conjugan en las tres escalas de sostenibilidad: agroecológica, socioterritorial y económica. En la Tabla 1 se muestran las escalas, componentes e indicadores que cons-

tituyen al método IDEA. Los indicadores son ponderados y cada escala puede alcanzar un puntaje máximo de 100. El Método IDEA establece que el valor de la sostenibilidad de una explotación agropecuaria corresponde al menor de los valores de cada una de las tres dimensiones, por ser esa escala con el menor puntaje la que limita la sostenibilidad (Vilain *et al*., 2008).

Se realizaron modificaciones a la metodología (Vilain *et al*., 2008) excluyendo cuatro indicadores (Tabla 1) por la falta de información para ser evaluados. Para el indicador "calidad del producto" se tomó como referencia la norma mexicana para leche cruda únicamente en cuanto a composición físico-química de la leche, que se determinó con un analizador automático de ultrasonido (Ekomilk-M EON Trading. LLC, Bulgaria). Las muestras se obtuvieron mensualmente de cada vaca después de cada ordeño. Para el indicador "uso de pesticidas" se hizo referencia en los límites permisibles por el Instituto Nacional de Ecología (1991) de México. Para el indicador "viabilidad económica" se tomó el salario mínimo vigente en la zona de estudio (Comisión Nacional de Salarios Mínimos – CONASAMI, 2018).

Análisis económico

Se realizó mediante la metodología de presupuestos parciales como ha sido utilizada en otros trabajos (Alfonso-Ávila *et al*., 2012; Prospero-Bernal *et al*., 2017), que permite examinar el impacto de los cambios en una empresa, observando solo aquellos costes y retornos que varían en el transcurso de un ciclo productivo (Tabla 3). Tomando en cuenta que la inflación en México entre enero de 2010 y diciembre de 2015 fue de 22,74 % a una tasa promedio mensual de inflación de 0,29 % (INEGI, 2018), todos los precios y costes fueron de-

Tabla 2. Características productivas medias de las explotaciones por ciclo de evaluación.
Table 2. Mean productive characteristics of farms per assessment cycle.

	2010	2015	EEDM	Valor de P
Tamaño de la explotación	4,25	4,20	0,128	1,000
Ha de praderas	1,40	1,40	0,158	1,000
Vacas en ordeño	13,55	15,23	1,251	0,250
Vacas secas	2,10	2,81	0,445	0,184
Producción/vaca/día (l)	13,77	14,33	1,301	0,690
Producción/explotación/día (l)	168,01	211,38	9,702	0,011*
Grasa en leche (g/kg de leche)	35,0	34,7	0,135	0,868
Proteína en leche (g/kg de leche)	31,9	32,7	0,230	0,759
% forraje comprado	65	54	4,833	0,074
Conversión alimenticia	1,09	1,10	0,087	0,948
MOF	2,30	2,00	0,122	0,070

MOF: Mano de obra familiar; EEDM: Error Estándar de las diferencias de las Medias;
*Prueba de t de Student P < 0,05.

flactados al 31 de diciembre de 2015 y son expresados en euros (€) tomando el cambio del 31 de diciembre de 2015, ambos publicados por el Banco de México (2016a; 2016b).

Análisis estadístico

El análisis comparativo de los datos de las evaluaciones de 2010 y 2015, se realizó mediante una prueba de "*t*" de Student (Schefler, 1978) para muestras pareadas para cada uno de los componentes del método IDEA, además de las características de las explotaciones evaluadas.

Resultados y discusión

Características productivas y parámetros económicos de las explotaciones

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación de las explotaciones, respecto a las características productivas (Tabla 2) y económicas (Tabla 3).

No se identificaron diferencias estadísticamente significativas (P > 0,05) para la mayoría de las características de las explotaciones entre los ciclos de evaluación (Tabla 2). Sin embargo, se identificaron diferencias numé-

Tabla 3. Parámetros económicos medios por ciclo de evaluación (€).
Table 3. Mean economic parameters per assessment cycle (€).

	2010	2015	EEDM	Valor de P
Ingresos totales	20.693,29	26.687,10	1.619,79	0,021*
Ventas de leche	18.374,32	23.328,01	1.038,13	0,009*
Venta de animales	1.245,50	2.426,85	805,63	0,216
Extras	1.073,47	932,24	102,81	0,242
Costes totales	13.821,02	18.832,98	1.379,23	0,022*
Alimento	7.212,48	11.168,81	1.270,69	0,036*
Servicios	1.805,06	1.830,22	247,25	0,924
Mano de obra	4.803,48	5.833,95	530,59	0,124
MOF	4.410,62	4.792,97	433,55	0,428
MOC	392,86	1.040,98	229,65	0,048*
Margen de ganancia total	6.872,27	7.854,12	1.786,62	0,612
Precio por litro	0,30	0,31	0,00	0,675
Costo dieta/día	21,77	34,78	3,51	0,021*
Costo dieta/vaca/día	1,47	2,18	0,18	0,016*
ISCA/vaca	2,72	2,19	0,41	0,270
ISCA/litro	0,19	0,15	0,02	0,079
MG/ litro	0,12	0,11	0,02	0,514
MG/ vaca/día	1,76	1,55	0,43	0,647

2010, 2015: Periodos de evaluación; EEDM: Error Estándar de las Diferencias de las Medias; ISCA: Ingreso sobre costos de alimentación; MOF: Mano de obra familiar; MOC: Mano de obra contratada; MG: Margen de ganancia; *Prueba de t de Student P < 0,05.

ricas con un ligero incremento de 12,4 % en el número de vacas en ordeño y de 4,1 % en el rendimiento de leche por vaca para el 2015 respecto a 2010 (Tabla 2), resultando con diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) para la variable de producción de leche por explotación, resultando 26 % mayor la producción durante el periodo 2015 respecto a 2010. La producción promedio de leche obtenida por grupo en cada periodo de evaluación (Tabla 2) es similar a la reportada por Espinoza-Ortega *et al.* (2007), Pincay-Figueroa *et al*. (2016) y Val-Arreola *et al.* (2006) en el altiplano central de México en sistemas de producción de leche en pequeña escala. Se identifica una tendencia ($P < 0,10$) en la disminución de compra de insumos externos en un 27 % para el 2015, dada por un mayor aprovechamiento de los recursos locales (Vilain *et al*., 2008). El aumento de la precipitación pluvial de 809,7 a 1.029,2 mm, acompañado de un incremento en la temperatura media anual de 14 a 14,8 °C, para los periodos 2010 y 2015 respectivamente (SMN-CNA, 2018), favorecieron la producción de forraje en las explotaciones durante el segundo ciclo.

La generación de empleo es crucial para la permanencia y continuidad de estas explotaciones lecheras al permitir arraigo y generar ingresos diarios a las familias productoras (Espinoza-Ortega *et al*., 2007; FAO, 2013). Además, esta mano de obra representa una oportunidad para dirigir estos sistemas hacia la sostenibilidad, contribuyendo a mejorar las condiciones de vida rural gracias a su efecto en el alivio a la pobreza (FAO, 2010). Se identificó una reducción en la erogación de los ingresos totales, pasando del 34 al 31 % (Tabla 3) de la mano de obra familiar y contratada en los ciclos productivos 2010 y 2015. Esta disminución en la erogación por mano de obra tanto familiar como contratada, aporta a mejorar la rentabilidad de la unidad de producción. Así mismo, se observó una tendencia ($P < 0,10$) a la disminución del 26 % en la mano de obra familiar para el periodo 2015 (Tabla 2), pero con un incremento del 9 % en los costes de la mano de obra familiar en el ciclo 2015, y 2,6 veces mayor para la mano de obra contratada respecto al 2010, lo que se traduce en un aumento de la intensidad de trabajo para los integrantes de la familia que trabajan en la explotación.

Las explotaciones lecheras, ante las condiciones actuales del mercado y dinámicas poblacionales, están enfrentando un abandono de la actividad y un éxodo de la mano de obra a otras actividades, principalmente en las grandes ciudades. El Estado de México tiene una tasa constante de migración del 8 % desde el año 2000 hasta la fecha, la cual se da principalmente de las zonas rurales, siendo las ciudades con más de 15.000 habitantes las principales receptoras, con el 74 % de la migración (Romo Viramontes *et al*., 2013).

Respecto al análisis económico, se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$) en los ingresos totales, los cuales fueron un 29 % mayores en el periodo 2015 respecto a 2010, dado principalmente por la venta de leche, que fue un 26 % mayor (Tabla 3). La venta de leche representó la mayor fuente de ingresos en ambos ciclos de evaluación con el 89 y 87 % para los periodos 2010 y 2015 respectivamente; similar a lo reportado por Flysjö (2012) y la Federación International de Lechería – FIL (2015), quienes identificaron que los sistemas especializados en producción de leche tienen un promedio del 90 % de ingresos por venta de leche. No se presentaron diferencias estadísticas ($P > 0,05$) en cuanto a venta de animales e ingresos extras.

Los costes totales mostraron diferencias significativas ($P < 0,05$) para el periodo 2015, que fueron 36 % mayores respecto al 2010; afectado tanto por un 22,74 % de inflación entre 2010 y 2015 (INEGI, 2018), como por un encarecimiento de los insumos, independiente a la deflactación de los costes.

Lo anterior se refleja en los costes por alimentación que en 2015 representaron un 59 % del coste total de producción comparado con un 52 % en 2010. En 2015 los costes de alimentación fueron 55 % superiores a los de 2010, principalmente por el incremento en el coste de los concentrados comerciales, un insumo que se utiliza en grandes cantidades (Alfonso-Ávila *et al*., 2012; Martínez-García *et al*., 2015), representando el principal componente en los costes de insumos (Pincay-Figueroa *et al*., 2016).

Se encontraron diferencias estadísticas ($P < 0,05$) en los costes de alimentación por rebaño y por vaca al día, aumentando en 60 y 48 % respectivamente para el periodo 2015. Según Espinoza-Ortega *et al*. (2007), los costes de alimentación representaron la mayor erogación en efectivo en los sistemas de producción de leche en pequeña escala. No se identificaron diferencias estadísticas ($P > 0,05$) en costes por pago de servicios y en el precio de venta por litro de leche.

Respecto a los ingresos sobre los costes de alimentación por vaca y por litro de leche (Tabla 3), no se presentaron diferencias ($P > 0,05$), sin embargo, se identificó una reducción del 19 % y 21 % respectivamente en 2015 para estos parámetros, que se ve reflejado en el margen de ganancia sobre los costos totales donde por litro de leche disminuyeron 9 % y por vaca 12 %. Según Wolf (2010) cuando baja el ingreso sobre los costos de alimentación se debe por una tasa de inflación alta en el precio de los insumos, principalmente los cereales, que afectan directamente la relación ingresos *versus* costes, que se observó es esta evaluación.

Sostenibilidad de las explotaciones

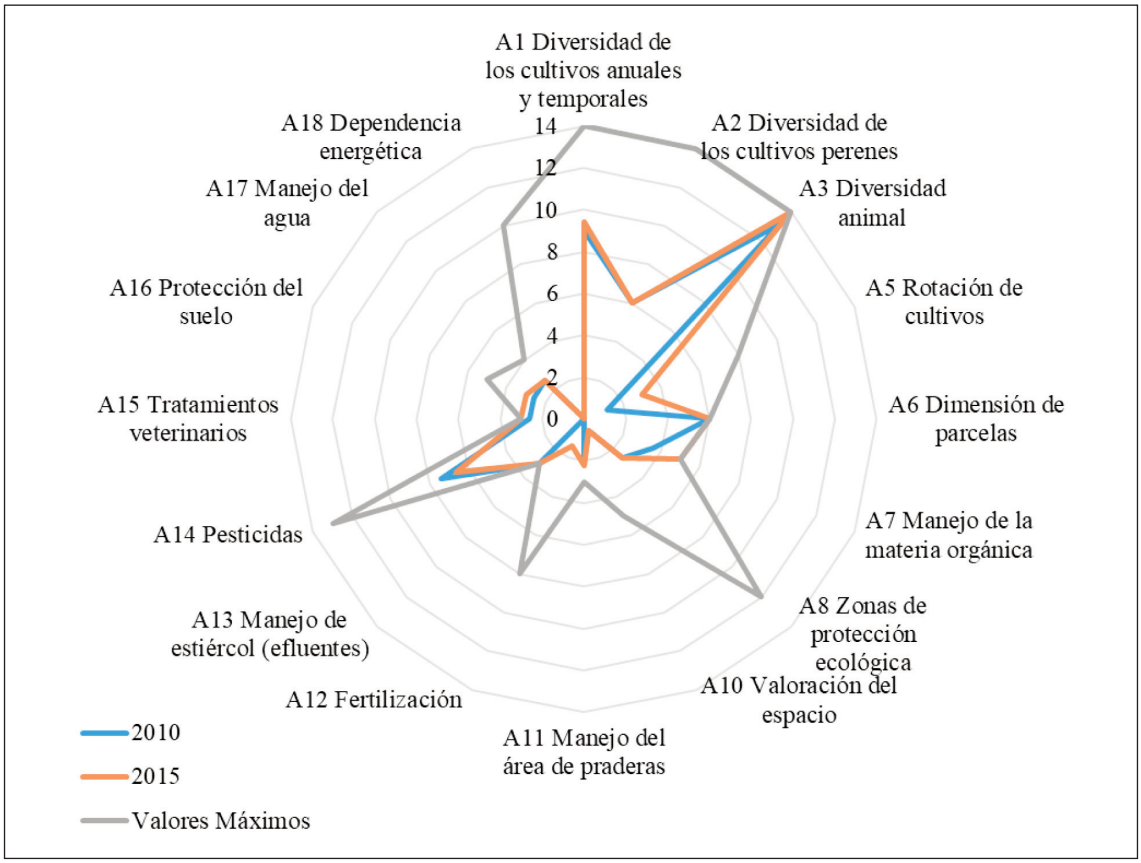
Los resultados de sostenibilidad se presentan a continuación, por escala, integrando los respectivos componentes e indicadores de cada una (Vilain *et al*., 2008), entendiendo que las escalas son los pilares del desarrollo sostenible y se basan en la capacidad productiva y habilidad de las explotaciones para producir bienes y servicios, vinculados en el territorio, de forma autónoma y resiliente (Zahm *et al*., 2015).

Escala agroecológica

No se presentaron diferencias ($P > 0,05$) a nivel de escala. A nivel de componentes, se presentan diferencias ($P < 0,05$) para el manejo de nutrientes y espacio, que fue 21 % mayor para el periodo 2015 (Tabla 4), por un aumento en la rotación de cultivos donde se intercaló menos del 50 % de la superficie anual utilizada, principalmente la rotación fue entre maíz y praderas para corte y acarreo, la puntuación de 2015 fue una tercera parte del máximo posible.

En 2015 se mejoró el proceso de compostaje y se obtuvo un 39 % más de puntuación en el indicador de manejo de la materia orgánica (Figura 1-A7). Respecto al componente de prácticas de manejo, no hubo diferencias estadísticas. Sin embargo, los indicadores para tratamientos veterinarios y protección de suelo fueron un 15 % más valorados para el 2015. Se incrementó el uso de pesticidas en los cultivos lo que representó una disminución del 10 % en la puntuación de este indicador para el 2015 (Figura 1). En ambos periodos se presentó un bajo nivel de especialización en prácticas de manejo y diversificación de cultivos, lo que se reflejó en un porcentaje mayor al 54 % en compra de insumos externos (Tabla 2), en comparación con estudios en la misma región de estudio que implementaron innovaciones y solo adquieren el 30 % de insumos externos fuera de la explotación (Prospero-Bernal *et al*., 2017).

La baja especialización en el uso de innovaciones va en detrimento a la sostenibilidad (Ceschin y Gaziulusoy, 2016), mientras que el uso de los recursos locales permite una mayor productividad y mejora en la rentabilidad de las unidades de producción, según Moretti *et*



2010, 2015: Periodos de evaluación; A1-A3 Diversidad local; A4-A11 Manejo de nutrientes y espacio; A12-A18 Prácticas de manejo.

Figura 1. Puntuaciones medias obtenidas por indicador en la escala agroecológica por ciclo de evaluación.
Figure 1. Mean scores per indicator for the agro-ecological scale per assessment cycle.

al. (2016); además, la mayor productividad de forrajes es un punto clave hacia la sostenibilidad (Vilain *et al.*, 2008), lo que hace necesario la innovación con estrategias que permitan aumentar la base forrajera de calidad en explotaciones con bajo nivel de especialización (Martínez-García *et al*., 2015).

Escala socioterritorial

No existieron diferencias (P > 0,05) a nivel escala y de sus componentes. El componente de calidad del producto obtuvo el 70 % de la puntuación referente al máximo posible (Tabla 4) en ambos ciclos de evaluación, ya que la leche producida cumple con la norma mexicana NMX-700-F-COFOCALEC-2004 en cuanto a composición fisicoquímica de la leche (contenido de grasa y proteína, Tabla 2). El indicador que disminuye la puntuación en este componente es manejo de los desechos inorgánicos (ej. incineración de plásticos, empaques de medicamentos y agroquímicos, etc.). La gestión de los desechos inorgánicos adecuada evita generar contaminación (Vilain *et al.,* 2008).

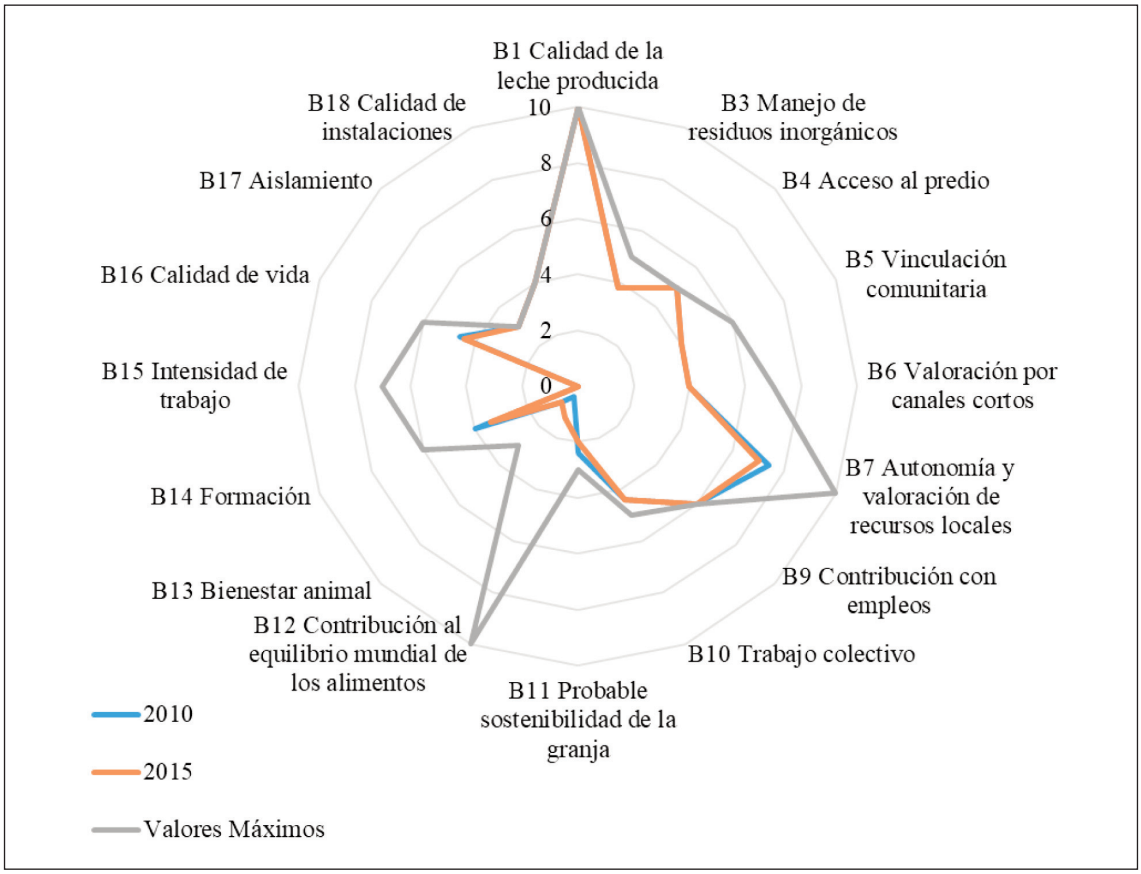
Tabla 4. Puntuación media obtenida por componente, escala y nivel de sostenibilidad por ciclo de evaluación.
Table 4. Mean scores by component, scale and level of sustainability per assessment cycle.

Componente	2010	2015	PMP	EEDM	Valor de P
Escala agroecológica					
Diversidad Local	28,2	29,4	33	0,80	0,208
Manejo de Nutrientes y Espacio	16	19,4	33	1,03	0,030*
Prácticas de Manejo	18,2	19,6	34	2,92	0,657
Escala socioterritorial					
Calidad del Producto	22,8	22,8	33	0,00	1,000
Empleos y Servicios	24,2	23,4	33	0,58	0,242
Ética y Desarrollo Humano	16,8	16,8	34	0,94	1,000
Escala económica					
Viabilidad	19,6	9,2	30	3,35	0,036*
Independencia	24,4	9,8	25	0,67	0,000*
Transmisibilidad	11,6	15,6	20	1,67	0,075
Eficiencia	15	11,4	25	1,74	0,109
Puntaje por escala y nivel de sostenibilidad§					
Agroecológica	62	68	100	3,11	0,126
Socioterritorial	64	63	100	1,02	0,477
Económica	71	46	100	4,26	0,004*
Nivel de sostenibilidad	60	46	100	3,97	0,027*

2010, 2015: Periodos de evaluación; PMP: Puntuación Máxima Posible; EEDM: Error Estándar de las Diferencias de las Medias; §Los puntajes de las escalas son ponderados, el nivel de sostenibilidad está dado por la escala que menor puntaje obtiene; *Prueba de t de Student $P < 0,05$.

En el componente de empleo y servicios se identificó una disminución en el indicador de valoración de los productos que se generan (Figura 2), a pesar de estar inserto en un territorio donde la producción de leche representa el 90 % de la producción agropecuaria del territorio y está ligada a la producción de quesos artesanales (INEGI, 2018). La generación de empleos reportó el 73 % respecto al máximo posible en ambos periodos dado que generaron dos empleos familiares y contratados equivalentes a 552 y 671 jornales por año para los periodos 2010 y 2015 respectivamente (el jornal equivale a un individuo trabajando ocho horas al día en el sector agropecuario).

Sin embargo, independiente a la generación de empleos, existió un 17 % de menor certeza sobre la continuidad de la explotación para el 2015 (Figura 2), lo que cae en la dinámica poblacional de despoblamiento del medio rural y abandono de actividades agropecuarias productivas (Romo Viramontes *et al*., 2013).



2010, 2015: Periodos de evaluación; B1-B5 Calidad de los productos; B6-B11 Empleo y servicios; B12-B18 Ética y desarrollo humano.

Figura 2. Puntuaciones medias obtenidas por indicador de la escala socioterritorial por ciclo de evaluación.
Figure 2. Mean scores per indicator for the socioterritorial scale per assessment cycle.

Respecto a la contribución de alimentos, el aporte es bajo de acuerdo con Vilain *et al*. (2008), dado por la alta dependencia de insumos externos que es mayor al 50 % del utilizado en las explotaciones.

En el componente de ética y desarrollo humano, se presentan variaciones mínimas, donde se sigue teniendo una alta intensidad de trabajo familiar (Figura 2-B15) en ambos periodos; y se presentó una disminución del 15 % en formación (Figura 2-B14) para el 2015, dado que integrantes de la familia abandonaron los estudios, siendo en general el nivel educativo bajo al obtener el 56 % de la puntuación máxima posible. Juárez-Morales *et al*. (2017) identifica que el bajo nivel educativo de los productores es un factor que limita la implementación de innovaciones en las explotaciones.

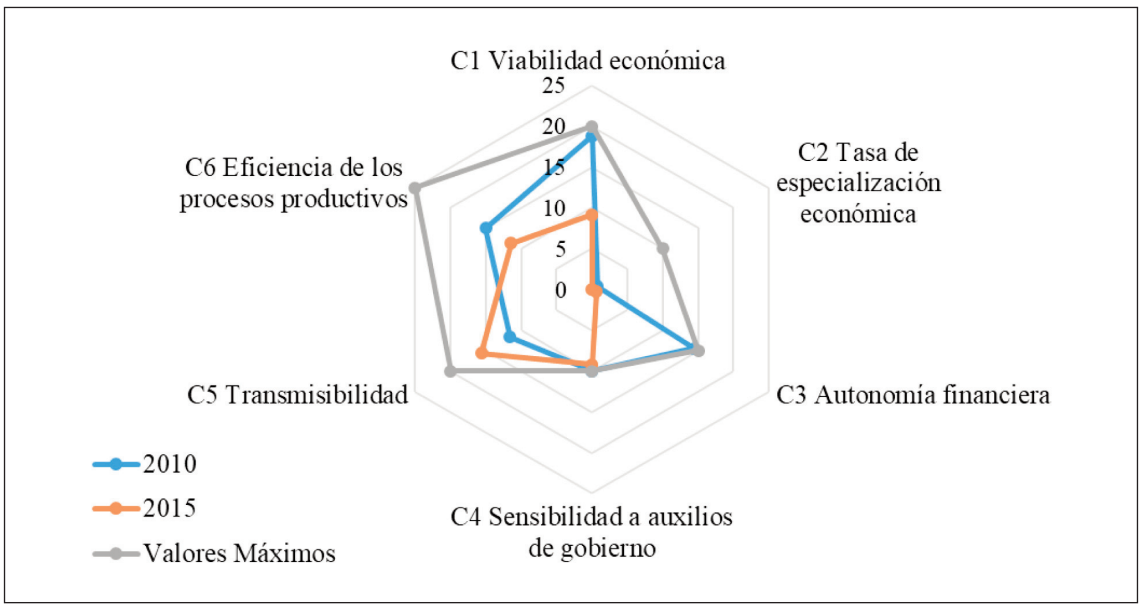
El presente estudio mostró una falta de interés por parte de los productores para cambiar e innovar durante un periodo de cinco

años, lo que hace necesario desarrollar enfoques y herramientas que faciliten el proceso de innovación del medio rural.

Escala económica

Presentó diferencias estadísticas ($P < 0,05$) con una reducción del 36 % para el periodo 2015 respecto al 2010, dado por los componentes de viabilidad e independencia que disminuyeron el 62 y 60 % en la puntuación media de las explotaciones con referencia al 2010 (Tabla 4). Los indicadores de esta escala tuvieron variaciones considerables entre los periodos (Figura 3). La viabilidad económica se redujo en un 51 % para el periodo 2015. Este es un aspecto muy importante, ya que no existe sostenibilidad sin viabilidad económica (Oudshoorn *et al*., 2011), al ser una condición básica para la permanencia de las explotaciones a largo y mediano plazo (Vilain *et al*., 2008). Respecto a la tasa de especialización económica fue baja en ambos periodos, al representar la leche la principal fuente de ingresos con 88 y 87 % para 2010 y 2015 respectivamente, y vender el 100 % a un solo cliente en ambos periodos. La falta de interés por diversificar el mercado hace que presenten una mayor vulnerabilidad a los cambios económicos coyunturales (Vilain *et al*., 2008).

Se presentó una disminución en la puntuación de autonomía financiera, lo cual fue dado por un aumento en la proporción del coste del alimento comprado con relación a los costes totales de producción. Este aumento en los costes de insumos comprados que, como se mencionó, pasaron del 52 al 60 % del total entre 2010 y 2015, fue debido al alza en el coste de los insumos, no obstante, el aumento en la producción de alimentos en la propia explotación (Tabla 3).



2010, 2015: Periodos de evaluación; C1-C2 Viabilidad; C3-C4 Independencia; C5 Transmisibilidad; C6 Eficiencia.

Figura 3. Puntuaciones medias obtenidas por indicador de la escala económica por ciclo de evaluación.
Figure 3. Mean scores per indicator for the economic scale per assessment cycle.

La autonomía financiera es una condición esencial para la libertad en la toma de decisiones de índole técnico, además, influye a la adaptabilidad de las explotaciones a un entorno cambiante (Jongennel y Slangen, 2013; Jouzi *et al*., 2017).

Respecto a sensibilidad a apoyos del gobierno se observó una ligera disminución del 8 % para el 2015 respecto al puntaje que se obtuvo en 2010, disminuyendo la contribución de los apoyos gubernamentales a los ingresos totales en ese periodo. De cualquier forma, los apoyos del gobierno representaron menos del 10 % de los ingresos totales en ambos periodos por lo que estas unidades de producción de leche en pequeña escala son poco dependientes de esos apoyos. Esta baja dependencia de apoyos y subsidios gubernamentales también fue reportado por Posadas-Domínguez *et al.* (2016) para sistemas de producción de leche en pequeña escala en otra región.

Se presentó una tendencia en la transmisibilidad ($P < 0,10$), aumentada para el 2015 (34 %), dado principalmente por la percepción de los productores, que disminuye el valor de sus explotaciones lo que incrementa la posibilidad de ser comprada por algún socio o algún individuo que quiera continuar con la actividad (Vilain *et al*., 2008).

La eficiencia económica disminuyó un 24 % para el 2015 respecto al 2010, dada por el alza del coste de los insumos (30 %), que requirió una mayor erogación económica, lo que resultó ser un factor económico que incidió sobre la eficiencia en los procesos productivos y económicos de las explotaciones, dado que la mano de obra total no presentó un cambio significativo.

El no implementar alternativas de manejo y producción en las explotaciones lecheras en pequeña escala basadas en corte y acarreo, estudiadas entre los años 2010 al 2015 y ante precios estáticos en el mercado de la leche (IFCN, 2017), presentaron una disminución en la escala económica dada principalmente por las bajas eficiencias de los procesos productivos y una baja tasa de especialización económica. Petraeus (2013) realizó un estudio sobre el impacto de la rentabilidad en la sostenibilidad de la producción lechera en Estados Unidos y observó una necesidad de innovar, no para avanzar, sino para mantenerse competitivo en el mercado, lo que permite generar resiliencia en las explotaciones lecheras ante cambios económicos (Perrings, 1998; Jongennel y Slangen, 2013).

Lo anterior fue reportado en región de estudio por Prospero-Bernal *et al*. (2017) donde el efecto de implementar innovaciones en las estrategias de alimentación permitió incrementar la eficiencia económica por un incremento en la producción de forrajes de calidad y la disminución en la dependencia de insumos externos. Además, la evaluación de sostenibilidad de Moretti *et al.* (2016) concluye que el papel de las actividades ganaderas en zonas rurales son una herramienta de desarrollo local, mientras realicen un uso adecuado de los recursos locales que les permiten incrementar su rentabilidad y sostenibilidad.

Conclusiones

Los SPLPE en la zona de estudio se caracterizan por el manejo de corte y acarreo, con un bajo nivel de innovación en las prácticas de producción, lo que los convierte en sistemas estáticos.

En la evaluación realizada entre 2010 y 2015, se identifica un mayor aprovechamiento de los nutrientes y espacio, lo que incrementa ligeramente el puntaje de la escala agroecológica.

No se presentaron cambios en la escala socioterritorial, al mantener el mismo manejo, son explotaciones que generan empleo en la zona de estudio y aportan al mercado un producto con buena calidad fisicoquímica que se integra a la cadena láctea de la región.

La escala económica presenta diferencias al disminuir 53 % la viabilidad, 59 % la independencia económica y 24 % la eficiencia en los procesos de producción para el año 2015, lo que significa que ante la incapacidad de las explotaciones de adaptarse a las condiciones de mercado (inflación de 22,74 % entre 2010 y 2015) pierden resiliencia y capacidad de adaptarse a las nuevas condiciones.

Se requiere innovación en los procesos de producción, y dotar de herramientas técnicas que permitan mejorar la gestión de las explotaciones, para incrementar la eficiencia económica.

Agradecimientos

Los autores expresan su gratitud a los cinco productores participantes en esta evaluación, y su privacidad es respetada al no mencionar sus nombres. Este trabajo fue financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACYT) mediante el proyecto 12449 CB-2009, además de otorgar una beca de estancia postdoctoral a Fernando Prospero-Bernal.

Referencias bibliográficas

Alfonso-Ávila AR, Wattiaux MA, Espinoza-Ortega A, Sánchez-Vera E, Arriaga-Jordán CM (2012). Local feeding strategies and milk composition in small-scale dairy production systems during the rainy season in the highlands of Mexico. Tropical Animal Health and Production 44: 637-644. https://doi.org/10.1007/s11250-011-9947-5

Banco de México (2016a). Portal de inflación. Disponible en: http://www.banxico.org.mx/portal-inflacion/inflacion.html (Consultado: 31 Octubre 2016).

Banco de México (2016b). Portal mercado cambiario. Disponible en: http://www.banxico.org.mx/portal-mercado-cambiario/ (Consultado: 31 Octubre 2016).

Ceschin F y Gaziulusoy I (2016). Evolution of design for sustainability: From product design to design for system innovations and transitions. Design Studies 47: 118-163. https://doi.org/10.1016/j.destud.2016.09.002

CONASAMI – Comisión Nacional de Salarios Mínimos (2018). Evolución de salario mínimo. Disponible en: https://www.gob.mx/conasami (Consultado: 30 de mayo de 2018).

Conroy C (2005). Participatory livestock research: a guide, 1a. Ed. ITDG Publishing, Warwickshire, UK. 304 pp.

Espinoza-Ortega A, Espinosa-Ayala E, Bastida-López J, Castañeda-Martínez T, Arriaga-Jordán CM (2007). Small-scale dairy farming in the highlands of central Mexico: Technical, economic and social aspects and their impact on poverty. Experimental Agriculture 43: 241-256. https://doi.org/10.1017/S0014479706004613

Fadul-Pacheco L, Wattiaux MA, Espinoza-Ortega A, Sánchez-Vera E, Arriaga-Jordán CM (2013). Evaluation of sustainability of smallholder dairy production systems in the highlands of Mexico during the rainy season. Agroecology and Sustainable Food Systems 37: 882-901. https://doi.org/10.1080/21683565.2013.775990

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations (2010). Status and prospects for smallholder milk production a global perspective. Roma, Italia. 181 pp.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations (2013). Organic supply chains for small farmer income generation in developing countries – Case studies in India, Thailand, Brazil, Hungary and Africa. Roma, Italia.

FAOSTAT (2018). Dates about Livestock Primary. Statistics Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponible en: http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL (Consultado: 10 de marzo de 2018).

FIL-Federación Internacional de Lechería (2015). Bulletin: A common carbon footprint approach for the dairy sector. The IDF guide to standard life cycle assessment methodology. International Dairy Federation. Brussels, Belgium. 63 pp.

Flysjö A. (2012). Greenhouse gas emissions in milk and dairy product chains improving the carbon footprint of dairy products. Doctoral Thesis. Science and technology. Aarush University. Disponible en http://pure.au.dk/portal/files/45485022/anna_20flusj_.pdf (Consultado: 15 de marzo de 2018).

Gerber P, Vellinga T, Opio C, Steinfeld H (2011). Productivity gains and greenhouse gas emissions intensity in dairy systems. Livestock Science 139: 100-108. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.03.012

Hemme T, IFCN Dairy Team and IFCN Researchers (2007). IFCN Dairy Report 2007. International Farm Comparison Network, (IFCN Dairy Research Center, Kiel).

IFCN (2017): The Global Dairy World 2016/17. Price cycle 2013-2016 has ended and a new one will start. International Farm Comparison Network, IFCN- The Dairy Research Network. Kiel, Germany Disponible en: http://www.ifcndairy.org/wp-content/uploads/2017/06/WorldDairyArticle201617.pdf (Consultado: 9 septiembre de 2019).

INEGI- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (2007). Censo Agrícola, ganadero y forestal 2007. Disponible en: http://www3.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/219 (Consultado: 15 de octubre de 2018).

INEGI- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2018). Calculadora de inflación Disponible en: http://www.inegi.org.mx/sistemas/indiceprecios/CalculadoraInflacion.aspx (Consultado: 30 de abril de 2018).

Instituto Nacional de Ecología (1991). Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Químicas (CICOPLAFEST). México. Disponible en http://www2.ine.gob.mx/sistemas/plaguicidas/index.html (Consultado: 10 noviembre 2016).

Jongennel RA y Slangen LHG (2013). Sustainability and resilience of the dairy sector in a changing world: a farm economic and EU perspective. En: Sustainable dairy production (Ed. de Jong P), pp 55-86. Wiley-Blackwell. Ede, Netherlands.

Jouzi Z, Azadi H, Taheri F, Zarafshani K, Gebrehiwot K, Van Passel S, Lebailly P (2017). Organic farming and small-scale farmers: Main opportunities and challenges. Ecological Economics 132: 144-154. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.10.016

Makkar Harinder PS (2016). Smart livestock feeding strategies for harvesting triple gain – the desired outcomes in planet, people and profit dimensions: a developing country perspective. Animal Production Science 56: 519-534. https://doi.org/10.1071/AN15557

Juárez-Morales M, Arriaga-Jordán CM, Sánchez-Vera E, García-Villegas JD, Rayas-Amor AA, Rehman T, Dorward P, Martínez-García CG (2017). Factores que influyen en el uso de praderas cultivadas para producción de leche en pequeña escala en el altiplano central mexicano. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 8(3): 317-324. https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i3.4509

Martínez-García CG, Rayas-Amor AA, Anaya-Ortega JP, Martínez- Castañeda FE, Espinoza-Ortega A, Prospero-Bernal F, Arriaga-Jordán CM (2015). Performance of small-scale dairy farms in the highlands of central Mexico during the dry season under traditional feeding strategies. Tropical Animal Health and Production 47: 331-337. https://doi.org/10.1007/s11250-014-0724-0

Moretti M, De Boni A, Roma R, Fracchiolla M, Van Passel S (2016). Integrated assessment of agro-ecological systems: The case study of the "Alta Murgia" National Park in Italy. Agricultural Systems 144: 144-155. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.02.007

Odermatt P y Santiago Cruz MJ (1997). Ventajas Comparativas en la Producción de Leche en México. Agroalimentaria 5: 35-44.

Oudshoorn FW, Sørensen CAG, de Boer IJM (2011). Economic and environmental evaluation of three goal-vision based scenarios for organic dairy farming in Denmark. Agricultural Systems 104: 315-325. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2010.12.003

Petraeus J (2013). The business case for sustainable dairy products En: Sustainable dairy production. (Ed. de Jong P), pp 163-186. Wiley-Blackwell. Ede, Netherlands. https://doi.org/10.1002/9781118489451.ch7

Pincay-Figueroa PE, López-González F, Velarde-Guillén J, Heredia-Nava D, Martínez-Castañeda FE, Vicente F, Martínez-Fernández A y Arriaga-Jordán CM (2016). Cut-and-carry vs. grazing of cultivated pastures in small-scale dairy systems in the central highlands of Mexico. Journal of Agriculture and Environment for International Development 110: 349-363. https://doi.org/10.12895/jaeid.20162.496

Posadas-Domínguez RR, Callejas-Juárez N, Arriaga-Jordán CM, Martínez-Castañeda FE (2016). Economic and financial viability of small-scale dairy systems in central Mexico: economic scenario 2010-2018. Tropical Animal Health and Production 48: 1667-1671. https://doi.org/10.1007/s11250-016-1141-3

Prospero-Bernal F, Martínez-García CG, Olea-Pérez R, López-González F, Arriaga-Jordán CM (2017). Intensive grazing and maize silage to enhance the sustainability of small-scale dairy systems in the highlands of Mexico. Tropical Animal Health and Production 49: 1537-1544. https://doi.org/10.1007/s11250-017-1360-2

Romo Viramontes R, Téllez Vázquez Y, López Ramírez J (2013). Tendencias de la migración interna en México en el periodo reciente. En: La situación demográfica en México 2013 (Ed. Consejo Nacional de Población), pp 83-106. Consejo Nacional de Población, Distrito Federal, México.

Schefler WC (1978). Statistics for the Biological Sciences. Addison-Wesley. New York, EE.UU.

SMN-CNA (2018) Resúmenes Mensuales de Temperaturas y Lluvia. Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y Comisión Nacional del Agua (CNA). Disponible en: https://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias (Consultado: 20 octubre 2018).

Val-Arreola D, Kebreab E, France J (2006). Modelling small-scale dairy farms in central Mexico using multi-criteria programming. Journal of Dairy Science 89: 1662-1672. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72233-0

Vilain L, Boisset K, Girardin P, Guillaumin A, Mouchet C, Viaux P, Zahm F (2008). La méthode IDEA: indicateurs de durabilité des exploitations agricoles: guide d'utilisation. 3a. Ed. Educagri éditions. Dijon, Francia. 184 pp.

Wolf CA (2010). Understanding the milk-to-feed price ratio as a proxy for dairy farm profitability. Journal of Dairy Science 93: 4942-4948. https://doi.org/10.3168/jds.2009-2998

Zahm F, Viaux P, Vilain L, Girardin F, Mouchet C (2008). Assessing farm sustainability with the IDEA Method from the concept of agriculture sustainability to case studies on farms. Sustainable Development 16: 271-281. https://doi.org/10.1002/sd.380

Zahm F, Alonso Ugaglia A, Boureau H, Del'homme B, Barbier JM, Gasselin P, Gafsi M, Guichard L, Loyce C, Manneville V, Menet A, Redlingshofer B (2015). Agriculture et exploitation agricole durables: état de l'art et proposition de définitions revisitées ál'aune des valeurs, des propriétés et des frontières de la durabilité en agriculture. Innovations Agronomiques 46: 105-125.

(Aceptado para publicación el 11 de septiembre de 2019)

Intención de compra de aceite de oliva con denominación de origen protegida: el aceite del Bajo Aragón

L. Pérez y Pérez* y A. Gracia

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

Resumen

El objetivo del trabajo es analizar los factores que afectan la intención de compra de aceite de oliva con una etiqueta de calidad diferenciada, como la "Denominación de Origen Protegida" (DOP). Sobre la base de la Teoría del Comportamiento Planeado de Ajzen (1991), el modelo se ha ampliado con el desglose de las reglas subjetivas en normativas y descriptivas y la inclusión de constructos adicionales como el conocimiento previo del producto, la experiencia anterior de compra o algunas características socioeconómicas de los consumidores. El estudio de caso se ha aplicado a la intención de compra de aceite de oliva con DOP "Aceite del Bajo Aragón" bajo tres escenarios: *i)* intención general de compra de este aceite, *ii)* intención de compra cuando no está disponible en el establecimiento habitual e *iii)* intención de compra a un precio superior al del aceite sin DOP. La base de datos utilizada procede de una encuesta a 540 residentes en Aragón. Para estimar los modelos se aplicó el análisis de regresión múltiple jerárquico. Los resultados mostraron que el control del comportamiento percibido resultó no ser significativo, mientras las actitudes, las reglas normativas, el conocimiento previo del aceite, el haberlo comprado alguna vez con anterioridad y el sexo o la edad de los individuos influyen positiva y significativamente en el escenario de intención general de compra. Sin embargo, algunas de estas variables dejan de ser significativas cuando se plantean los escenarios más restrictivos de no disponibilidad del aceite con DOP o mayor precio del mismo.

Palabras clave: Aceite de oliva virgen extra, Bajo Aragón, etiqueta de calidad alimentaria, Análisis de regresión múltiple jerárquica, Teoría del Comportamiento Planeado.

Intention to purchase olive oil with a protected designation of origin: the case of Bajo Aragón

Abstract

The aim of this paper is to analyse the factors affecting the intention to purchase olive oil with a quality label, Protected Designation of Origin (PDO). Based on the Theory of Planned Behaviour (TPB) by Ajzen (1991), the model was expanded to include additional constructs: injunctive norms, past behaviour, knowledge and some socio-demographic characteristics of consumers. The case study was applied to the analysis of the intention to purchase olive oil with the Protected Designation of Origin (PDO) "Aceite del Bajo Aragón" under three scenarios: *i)* general intention to purchase olive oil with this PDO, *ii)* intention to purchase when not not available at the usual store and *iii)* intention to purchase if sold at a higher price than olive oil without PDO. Data comes from a survey conducted to 540 individuals

* Autor para correspondencia: lperez@aragon.es

Cita del artículo: Pérez y Pérez L y Gracia A (2020). Intención de compra de aceite de oliva con denominación de origen protegida: el aceite del Bajo Aragón. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 116(1): 57-70. https://doi.org/10.12706/itea.2019.018

living in Aragón. A hierarchical multiple regression analysis was applied to estimate the models. The results showed that the perceived behavioural control was not statistically significant while the attitudes, injunctive norms, knowledge of olive oil with PDO, past consumption, gender and age present a positive and statistically significant influence on the general intention to buy olive oil labelled as "PDO Aceite del Bajo Aragón". However, some of these constructs were not statistically significant in the other scenarios of lack of availability and/or higher price.

Keywords: Extra virgin olive oil, Bajo Aragón, food quality label, Hierarchical Multiple Regression Analysis, Theory of Planned Behaviour.

Introducción

España es el mayor productor mundial de aceite de oliva con una producción de 1,5 millones de t en la campaña 2018/19. También es el mayor consumidor, con unos 0,525 millones de t en dicha campaña, situándose por encima de países como Italia, tanto en producción como en consumo *per capita* (COI, 2018). Con 2,3 millones de ha y la mitad de la superficie mundial de olivar, cuenta con 29 DOP de aceite de oliva que ocupan 694.729 ha (Tabla 1). Del total de superficie cultivada, 1,8 millones de ha corresponden a cultivos de secano, cuyos rendimientos oscilan entre el 30 % y 50 % de los cultivos de regadío e intensivos (MAPA, 2017a). Por otra parte, aunque no existen estadísticas oficiales, se estima que en torno a la mitad de las explotaciones de secano pueden ser consideradas como olivares marginales, distribuidos en explotaciones muy atomizadas y parceladas. Los olivares marginales en España incluyen el olivar de montaña, las explotaciones con olivos centenarios o milenarios y las de variedades autóctonas locales de muy baja productividad. Desde hace algunos años, cuando estos olivares no se han podido concentrar o transformar en regadío, se han ido poco a poco abandonando. Esto explica que, a pesar de la progresiva reducción de la superficie cultivada en España, la producción media aumentó un 23 % en la última década, como consecuencia del aumento de las explotaciones de regadío intensivo (Egea y Pérez y Pérez, 2016).

Tabla 1. Características de las DOP de aceite de oliva en España (2016) y Bajo Aragón (2016-18).
Table 1. Characteristics of the PDOs for olive oil in Spain (2016) and "Bajo Aragón" (2016-18).

	DOP Aceite del Bajo Aragón	Total DOP aceite España
Superficie (ha)	22.000	694.729
Agricultores (n)	3.088	125.786
Almazaras y comercializadoras (n)	38	379
Producción certificada con DOP (t)	2.052	90.501
Producción comercializada con DOP (t)	2.052	28.895
Venta de aceite con DOP (millones €)	7,2	133,6

Fuente: MAPA (2017b) y Consejo Regulador DOP Aceite del Bajo Aragón (2019).

Algunos alimentos, el aceite de oliva entre otros, llevan la etiqueta de Denominación de Origen Protegida (DOP), y son aquellos cuya calidad o características se deben al medio geográfico con sus factores naturales y humanos, y cuya producción, transformación y elaboración se realizan siempre en esa zona geográfica delimitada de la que toman el nombre. Estos productos están regulados por la normativa de la Unión Europea (UE), que garantiza el cumplimiento de unos requisitos de calidad adicionales a los exigidos para el resto de productos sin esta mención (UE, 2012). Son sistemas de calidad de carácter voluntario y los productos que cumplen con esos requisitos están inscritos en un registro de la UE, protegidos por los derechos de propiedad intelectual y se reconocen mediante el símbolo de la Unión Europea que figura en su envase y que es obligatorio para los productos agroalimentarios (MAPA, 2019).

Estos sistemas europeos de calidad fueron introducidos para ayudar a los consumidores en la elección de alimentos, pero también representan una forma de aseguramiento de la calidad en términos de trazabilidad del producto con una zona de producción determinada (Grunert y Aachmann, 2016). Sin embargo, diferentes estudios sobre el efecto de las DOP en la decisión de compra de alimentos muestran que el impacto es reducido y que otras características del producto, como el precio, color, origen, etc. tienen mayor relevancia. Van der Lans *et al.* (2001) y Erraach *et al*. (2014) indican que, en el caso del aceite de oliva, el precio es más importante que la certificación de DOP. De la misma manera, Resano *et al.* (2012) manifiestan que, para el jamón curado, la información sobre su origen tiene más efecto en la compra que la DOP. Sin embargo, aunque el papel de las DOP en las elecciones de los consumidores es todavía limitado, se ha detectado la existencia de segmentos de consumidores para los cuales la DOP es el aspecto prioritario en su decisión de compra. Erraach *et al*. (2014) encontraron un segmento de consumidores (el 30 %, aproximadamente) para los que la DOP es la característica más relevante en la decisión de compra de aceite de oliva. Similares resultados se obtuvieron en de-Magistris *et al*. (2017), quienes detectaron un segmento de consumidores (el 65 %) para el que la DOP es el distintivo de calidad diferenciada más importante a la hora de comprar queso curado.

En este trabajo, el análisis empírico se ha hecho sobre la intención de compra del aceite de la DOP Aceite del Bajo Aragón, una DOP localizada en Teruel, una provincia de 14.800 km^2 en la que viven 136.000 habitantes. Se trata de un territorio rural, con condiciones climáticas extremas, suelos de baja productividad, extensas zonas áridas caracterizadas por fuertes vientos del noreste, precipitaciones escasas e irregulares y una densidad de población de las más bajas de España, cercana al llamado desierto demográfico. Además, esta población está muy envejecida y no ha parado de disminuir constantemente durante las últimas décadas (IAEST, 2017). Teruel está considerada como una zona rural remota que se enfrenta a serios retos para garantizar su desarrollo económico en el futuro (OECD, 2001). La agricultura sigue teniendo un peso relevante en su economía y la mayor parte de los cultivos son de secano, entre los que destaca el olivar por su gran extensión (Gobierno de Aragón, 2017). El olivo es una especie típicamente mediterránea capaz de sobrevivir en diferentes condiciones climáticas, tanto en periodos húmedos y fríos como en periodos de altas temperaturas y sequías. Teruel es un buen ejemplo del olivar marginal en España. Se caracteriza por la importante presencia de olivos centenarios y milenarios y por la producción de la variedad local "Empeltre", tradicional en la zona y bien adaptada a su clima extremo. El principal problema de estos olivares marginales es su escasa productividad, ya que más del 90 % de la superficie del olivar es de secano, con un rendimiento medio de sólo 800 kg de acei-

tunas/ha. Sin embargo, la totalidad del aceite certificado por el Consejo Regulador de la DOP Aceite del Bajo Aragón se comercializa con el marchamo de calidad de la UE, al contrario de lo que ocurre en el conjunto de las DOP de aceite españolas en las que, debido a las exportaciones a granel que impiden este etiquetado, solo una tercera parte del aceite certificado se vende con la etiqueta europea que así lo identifica (Tabla 1).

Todo parece indicar que existe un interés creciente por los alimentos con etiqueta DOP y su papel como garantía de calidad que puede afectar al comportamiento de compra (Belletti *et al*., 2015) y, sin embargo, son pocos los trabajos que han estudiado en España la intención de compra de aceite de oliva amparado por una DOP (Erraach *et al*., 2017). Por tanto, el objetivo de este artículo es estudiar los factores que afectan la intención de compra de aceite de oliva con DOP Aceite del Bajo Aragón para dar información tanto a los responsables políticos como a las empresas alimentarias. El resto del trabajo se organiza como sigue: el marco teórico y la modelización de la Teoría del Comportamiento Planeado (TCP) se presenta en la sección de Material y métodos, junto con una descripción de los datos y el método de análisis. En la siguiente sección se muestran y discuten los principales resultados y por último se presentan algunas conclusiones.

Material y métodos

Marco teórico

La predicción y explicación del comportamiento humano puede abordarse desde una perspectiva psicológica y algunos autores han estudiado los componentes psicológicos que llevan a las personas a tener determinados comportamientos (Fishbein y Ajzen, 1975; Ajzen y Fishbein, 1977; Ajzen, 1988). El análisis de la intención de compra de Aceite del Bajo Aragón con DOP se ha basado en la TCP (Ajzen, 1991), un modelo teórico de psicología social que incorpora algunos factores socioeconómicos. En el marco de la TCP, el antecedente inmediato de un comportamiento particular es la intención de llevarlo a cabo. Las intenciones conductuales constituyen una indicación de hasta qué punto las personas están dispuestas a comportarse de una manera concreta (por ejemplo, yo pretendo comprar), mientras que la conducta particular es algo que las personas están realizando o han realizado (por ejemplo, he comprado). La intención capta factores de motivación que influyen en el comportamiento.

El modelo básico de Ajzen postula que las intenciones están determinadas por *i)* las actitudes hacia el comportamiento o el atractivo particular de un determinado comportamiento para cada individuo; *ii)* las reglas subjetivas, entendidas como la presión social percibida por el individuo para llevar a cabo o no un comportamiento; y *iii)* el control del comportamiento percibido o percepción del individuo sobre la dificultad de realizar dicho comportamiento. Según la TCP, cuanto más favorable sean la actitud y las reglas subjetivas con respecto al comportamiento y cuanto mayor sea el control del comportamiento percibido, mayor será la probabilidad de que una persona tenga la intención de llevar a cabo el comportamiento en cuestión (Ajzen, 1991 y 2011).

Si bien la TCP es útil en su especificación original, el propio Ajzen planteó que su modelo admitía predictores adicionales con objeto de captar una mayor proporción significativa de la varianza en la intención. De hecho, el modelo inicial de la TCP ha sufrido históricamente críticas por su relativo poder predictivo para explicar las razones que llevan a los individuos a tener sus comportamientos (Karimy *et al*., 2015; Teo *et al*., 2016; Wang *et al*., 2016). Esto ha llevado a muchos analistas a ampliar el modelo teórico original añadiendo

nuevas variables que mejoren su capacidad explicativa (Tommasetti *et al*., 2018). Así, por ejemplo, las originales reglas subjetivas se subdividen en normativas y descriptivas. Las reglas normativas reflejan las percepciones de lo que terceras personas piensan que uno debe hacer, mientras las reglas descriptivas reflejan la percepción de nuestro comportamiento por parte de terceros (Smith y McSweeney, 2007). Conner y Armitage (1998) ampliaron el modelo inicial de Ajzen incluyendo el comportamiento pasado como variable explicativa y constatando que, en muchos casos, es el mejor predictor de comportamiento futuro, mucho más que las actitudes o el control del comportamiento percibido (Smith y McSweeney, 2007; Van der Linden, 2011). También se ha añadido como variable explicativa el conocimiento del producto, resultando ser en muchos casos un poderoso predictor de las intenciones (Lane y Potter, 2007). Aún más, en el análisis de productos novedosos, por ejemplo, el conocimiento del mismo es el único elemento del que disponen los consumidores para diferenciar sus atributos (Gracia *et al*., 2018). Además, los modelos también suelen incorporar predictores adicionales de intención que reflejan las características socio demográficas de los individuos (Rise *et al*., 2010).

Por último, la mayoría de los análisis de la intención de compra de alimentos de calidad han versado mayoritariamente sobre productos ecológicos o de especialidades locales con Indicaciones Geográficas Protegidas. El trabajo de Erraach *et al*. (2017) constituye la excepción de los análisis de intención de compra de aceite amparado por una etiqueta de ámbito europeo como la DOP, mientras otros trabajos han estudiado las preferencias y la disposición a pagar por aceite de oliva ecológico y/o con DOP (Erraach *et al.,* 2014; Yangui *et al*., 2014 y 2016; del Giudice *et al*., 2015) La información necesaria para aplicar el modelo teórico representado en la Figura 1 se recopiló a través de una encuesta anónima, con muestreo aleatorio y realizada en Aragón en el otoño de 2014. La población objeto de estudio estaba formada por individuos mayores de 18 años residentes en Aragón que realizan por lo menos alguna vez la compra de alimentos para el hogar. La mayoría de los entrevistados (70 %) fueron reclutados *on line* y, para acercar la representación de la muestra *on line* a los valores poblacionales, ésta se complementó encuestando presencialmente y cuestionario en mano. Inicialmente se recogieron 600 cuestionarios y, tras descartar los incompletos o con errores, la muestra final utilizada se redujo a 540 observaciones válidas lo que ofrece, para una población finita, un margen de error del 4,2 % (pq = 0,5 y un nivel de confianza del 95 %).

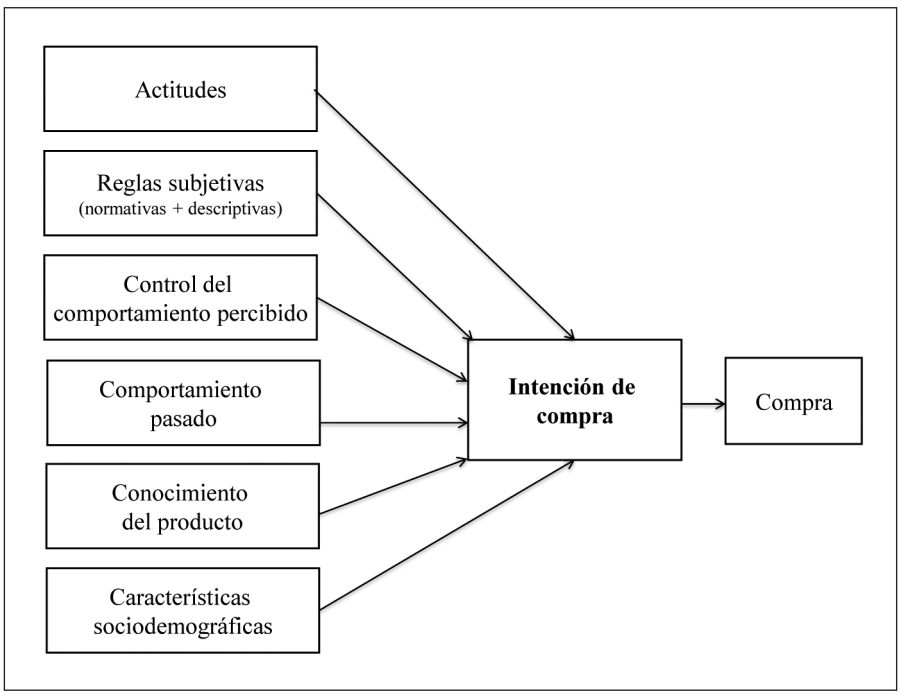
El cuestionario se estructuró en tres partes. La primera incluía preguntas relacionadas con los hábitos de compra y consumo del aceite de oliva. La segunda contenía las preguntas sobre la intención de compra de aceite de oliva con DOP bajo tres escenarios diferentes. Finalmente, la tercera recogió algunas características sociodemográficas y otros rasgos de los entrevistados. Antes de administrar el cuestionario final, se llevó a cabo una encuesta piloto con una pequeña muestra (N = 20) para comprobar la correcta comprensión del cuestionario y la duración de su cumplimentación.

El cuestionario se elaboró siguiendo las directrices generales establecidas en Ajzen (2013) y basándonos en cuestionarios previos sobre intención de compra de alimentos. Las preguntas se evaluaron en una escala Likert de 1 a 5 puntos, creciente y de menos a más. Para tratar de reducir sesgos, algunas variables se elaboraron con las medias de las respuestas a varias preguntas planteadas para valorar lo mismo. Las cuestiones siguientes son las que se distribuyeron de forma aleatoria a lo largo del cuestionario para su valoración:

- Intención de compra. Se plantearon a los entrevistados tres preguntas, correspondientes a cada uno de los tres escenarios

considerados: *i)* "En el futuro, ¿comprará Ud. aceite de la DOP Aceite del Bajo Aragón?" (IC); *ii)* "En el futuro, ¿comprará Ud. aceite de la DOP Aceite del Bajo Aragón, aunque no lo encuentre en su establecimiento habitual de compra y tenga que desplazarse a otro?" (IC_No disponible) y *iii)* "En el futuro, ¿comprará Ud. aceite de la DOP Aceite del Bajo Aragón, aunque tenga un precio mayor que el aceite que compra habitualmente? (IC_Mayor precio). Se utilizó la escala sí, probablemente sí, no lo sé, probablemente no y no, que fue codificada de 1 (no) a 5 (sí).

- Actitud (ACTITUD). La medida de la actitud se promedió con las valoraciones dadas a las dos siguientes cuestiones: *i)* "Creo que comprar aceite de la DOP Aceite del Bajo Aragón es bueno" y *ii)* "Cuando compra aceite de oliva, ¿qué importancia le otorga a que tenga DOP? Para la primera se utilizó la escala de Likert de 1 a 5, donde 1 indica completamente en desacuerdo y 5 completamente de acuerdo. La segunda se midió también con una escala de 1 a 5, donde 1 indica ninguna importancia y 5 mucha importancia.
- Reglas normativas (REGLAS_NORMATIVAS). Mediante esta cuestión se trataba de conocer el grado de presión social que sentían los encuestados sobre su intención de compra: "Las personas que son importantes para mí consideran que debería comprar DOP Aceite del Bajo Aragón", donde 1 indica completamente en desacuerdo y 5 completamente de acuerdo.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1. Marco teórico de la intención de compra de aceite de oliva con DOP.
Figure 1. Theoretical framework of the intention to purchase olive oil with PDO.

- Control del comportamiento percibido (CONTROL_COMPORT_PERCIBIDO). A través de la valoración de la frase: "Comprar aceite de la DOP Aceite del Bajo Aragón depende solo de mí" (1 completamente en desacuerdo y 5 completamente de acuerdo) se pretendía recoger la percepción del entrevistado sobre su dificultad para realizar su compra.
- Comportamiento de compra pasado (COMPRA_PASADO). Con la pregunta: ¿alguna vez ha comprado aceite de la DOP Aceite del Bajo Aragón? (1 sí, 0 no) se recogía la experiencia previa o no en la compra.
- Conocimiento del producto (CONOCIMIENTO). La medida del conocimiento del aceite de la DOP Aceite del Bajo Aragón se promedió con las valoraciones a las cuatro frases siguientes: i) "El aceite de la DOP tiene un sabor agradable", ii) "El aceite de la DOP me ofrece mayor seguridad alimentaria", iii) "El aceite de la DOP tiene una mayor calidad" y iv) "El aceite de la DOP es saludable" en la escala de 1 a 5 (1 completamente en desacuerdo, 5 completamente de acuerdo). El valor medio del conjunto de creencias y opiniones sobre los atributos de calidad del aceite con DOP permite obtener del consumidor una aproximación de su conocimiento del producto.
- Características sociodemográficas. Se pidió a los encuestados que indicaran su sexo (SEXO), edad (EDAD), tamaño del hogar, nivel de renta (RENTA) y nivel educativo (EDUCACIÓN).

Métodos

La intención de compra y el comportamiento de los individuos en el marco de la TCP se han analizado desde distintas aproximaciones metodológicas y para muchos tipos de comportamiento. En nuestro caso hemos examinado la intención de compra de aceite de la DOP Aceite del Bajo Aragón a través del análisis de regresión múltiple jerárquica. La regresión jerárquica consiste en estimar una serie de modelos en los que, paso a paso, se van añadiendo variables para determinar qué cantidad explican de la varianza de la variable dependiente (intención de compra). Es decir, se van especificando distintos modelos de regresión, partiendo del más simple y añadiendo nuevas variables al modelo anterior en cada paso, de manera que cada modelo posterior siempre incluye los modelos más pequeños de los pasos anteriores. La utilidad de esta regresión jerárquica radica en que se puede determinar si las nuevas variables añadidas mejoran el poder explicativo del modelo (R^2). Para explicar la intención de compra de aceite de la DOP Aceite del Bajo Aragón se especificó el modelo teórico [1] que se estimó utilizando el programa estadístico STATA 14.2. Se partió del modelo más simple (con la variable ACTITUD) y se fueron añadiendo una a una el resto de variables, salvo las características sociodemográficas significativas que se incluyeron juntas en un bloque al final.

$$IC = \beta_0 + \beta_1 ACTITUD + \beta_2 REGLAS_NORMATIVAS + \beta_3 CONTROL_COMPORT_PERCIBIDO + + \beta_4 COMPRA_PASADO + \beta_5 CONOCIMIENTO + \beta_6 EDAD + \beta_7 SEXO + \beta_8 RENTA + \beta_9 EDUCACION + u \quad [1]$$

donde las variables se han definido anteriormente, β_0, β_1, ..., β_9 son los parámetros a estimar y u el error aleatorio, con una distribución $N(0, \sigma^2)$. De la misma manera, se han especificado y estimado ecuaciones similares a [1] para las variables dependientes IC_No disponible e IC_Mayor precio (escenario 3).

Resultados y discusión

La Tabla 2 presenta las variables y características de la muestra, que ha resultado ser bastante representativa de las poblaciones de Aragón y España. Las mujeres representaron

el 65,1 % de los encuestados, por encima de su peso en las poblaciones de referencia, algo que resulta lógico por ser ellas quienes hacen la compra con mayor asiduidad. La edad media de los encuestados fue de 48,9 años y el tamaño medio del hogar de 2,8 personas. Estos valores son también ligeramente superiores a las medias de edad en Aragón y España, algo que resulta lógico al estar excluidos de la muestra los menores de 18 años. Esta misma razón hace que sea bajo el peso de los entrevistados con estudios primarios, mientras la elevada representación de quienes tienen estudios superiores y altos ingresos se debe a que las personas con estos perfiles suelen estar más habituadas a operar en *Internet* y más dispuestas a colaborar en este tipo de estudios.

Tabla 2: Variables sociodemográficas de la muestra, Aragón y España.
Table 2. Socioeconomic variables of the sample, Aragon and Spanish population.

Variable	Definición	Muestra	Aragón	España
Sexo	Sexo (1 = Femenino; 0 = Masculino) (%)	65,1	50,3	50,8
Edad	EDAD (Media)	48,9	43,9	42,1
Tamaño del hogar	Media personas (número)	2,8	2,5	2,5
Renta *per capita* mensual	RENTA (Superior a la media muestral) (%)	46,4	n.d.	n.d.
EDUCACIÓN	Primarios (%)	14,4	27,2	25,5
	Secundarios (%)	29,8	46,1	46,3
	Superiores (%)	55,7	26,6	28,1

Fuente: Elaboración propia a partir de Instituto Aragonés de Estadística (2017).

La Tabla 3 recoge las estadísticas descriptivas de las variables del modelo de la TCP, que incluyen sus medias y desviaciones estándar, así como las correlaciones bivariadas entre las variables explicativas. Se constatan las bajas correlaciones entre las variables, pudiendo asumir que existe validez discriminante entre ellas. Evaluadas en escalas de 1 a 5, las medias de la actitud (3,62), las reglas normativas (3,14) y el conocimiento del producto (4,05) reflejan que los individuos tienen una actitud positiva hacia la compra de aceite de oliva con DOP, una presión social para comprar este aceite media y un alto nivel de conocimiento sobre este aceite. La mayoría de los encuestados indican haberlo comprado alguna vez (70 %).

Las estimaciones del modelo definido en la ecuación [1] se hicieron para los tres escenarios de intención de compra considerados: *i)* intención general de compra de Aceite del Bajo Aragón calificado con DOP (IC), *ii)* intención de compra cuando este aceite calificado no esté disponible en el establecimiento de compra habitual y tenga que desplazarse a otro establecimiento (IC_No disponible) y, por último, *iii)* intención de compra de este aceite a un precio claramente superior al del aceite sin DOP (IC_Mayor precio). En los tres escenarios se fueron incluyendo, en primer lugar y una a una las variables del modelo original de Ajzen, la actitud, las reglas normativas y el control del comportamiento percibido

Tabla 3. Datos descriptivos de los constructos del modelo TCP incluidos en la regresión (Media, σ y correlaciones bivariadas. Coeficiente Alfa de Cronbach entre paréntesis).
Table 3. Descriptive data for the TPB constructs included in regression analysis (Means, Std. Dev. and Bivariate correlations. Cronbach's alpha coefficients in parenthesis).

Variable	Media	σ	1	2	3	4	5	6
ACTITUD	3,62	0,82	(0,31)					
REGLAS NORMATIVAS	3,14	0,81	0,41***	(0,41)				
COMPRA PASADO	0,70	0,46	0,32***	0,09**	(0,45)			
CONOCIMIENTO	4,05	0,72	0,46***	0,23***	0,24***	(0,37)		
EDAD	48,92	14,98	0,08*	0,03	0,07*	0,06	(0,53)	
SEXO	0,65	0,48	-0,001	0,09**	-0,03	0,03	0,001	(0,55)

***, ** y * denotan significatividad estadística al 1 %, 5 % y 10 %, respectivamente.

(Modelos 1 y 2). En las siguientes etapas, el modelo se amplió con la incorporación de las variables relativas al comportamiento de compra del aceite con DOP en el pasado (Modelo 3) y al conocimiento del mismo (Modelo 4). Por último, se incorporaron las variables relativas a las características socio-demográficas. Los resultados del análisis de regresión jerárquica se muestran en la Tabla 4.

En línea con la escasa literatura existente, la actitud es el mejor predictor de la intención de compra del aceite de oliva con DOP (Erraach *et al.,* 2017), explicando en los tres escenarios entre el 61-78 % de la varianza por todas las variables significativas en la explicación de la intención. La presión social que sienten los individuos resultó significativa en los dos primeros escenarios, con una explicación de la varianza de entre el 2,6-4,5 %, en línea con otros estudios sobre intención de compra de otros alimentos (Cook *et al.,* 2002; Mahon *et al.,* 2006; Chen, 2007 y 2008; Gracia, 2013), pero no lo fue en el escenario de mayor precio que el del aceite sin DOP, de la misma manera que en los estudios sobre alimentos ecológicos y locales de Ruiz de Maya *et al*. (2011), López-Galán *et al*. (2013) o Gracia y Maza (2015). En contra de lo que suele ser habitual en los análisis de otros comportamientos como el altruista o el pro-ambiental, el control del comportamiento percibido resultó no ser estadísticamente significativo en todos los escenarios contemplados. La falta de significatividad de esta variable no suele ser extraña en los estudios de intención de compra de alimentos (Gracia y Maza, 2015; Kumar y Smith, 2018), probablemente debido a que la mayoría de alimentos disponen de una amplia gama de productos sustitutivos, al menos en los países más desarrollados.

El comportamiento de compra en el pasado resultó ser significativo en todos los escenarios, con una explicación de la varianza en la intención de entre el 8 y 18 %. La variable relativa al conocimiento del producto fue significativa en el primero y último de los escenarios, con una explicación del 9 % y 4 % de la varianza. La mayoría de las características sociodemográficas resultaron no ser estadísticamente significativas, salvo la edad y el sexo, que lo fueron en los dos primeros escenarios, explicando el 8,7 % y 21,1 % de la varianza, respectivamente. El modelo final del primer escenario sobre intención de compra de aceite con DOP explica el 31,1 % de la varianza. Este resultado está en línea con Armitage

Tabla 4. Resultados de la regresión jerárquica sobre la Intención de compra.
Table 4. Results of the hierarchical regression on Intention to purchase.

Variable	IC	IC_No disponible	IC_Mayor precio
ACTITUD (β_1)	0,229***	0,276***	0,273***
REGLAS NORMATIVAS (β_2)	0,097**	0,106**	n.s.
COMPRA PASADO (β_4)	0,229***	0,135***	0,165***
CONOCIMIENTO (β_5)	0,181***	n.s.	0,105**
EDAD (β_6)	0,128***	0,204***	n.s.
SEXO (β_7)	0,104***	0,081**	n.s.
Modelo	R^2 - IC	R^2 - IC_ND	R^2 - IC_MP
1 (ACTITUD) (%)	19,1	14,7	16,6
2 (1 + REGLAS NORMATIVAS) (%)	19,9	15,7	17,0
3 (2 + COMPRA PASADO) (%)	25,6	17,5	19,8
4 (3 +CONOCIMIENTO) (%)	28,4	17,6	20,7
5 (4 + EDAD + SEXO) (%)	31,1	22,3	21,2

***, ** y * denotan significatividad estadística al 1%, 5% y 10%, respectivamente.

y Conner (2001) quienes, tras analizar 185 estudios con estimaciones del modelo de Ajzen, concluían que la varianza explicada por estos modelos de comportamiento e intención oscilan entre el 27 % y el 39 %, respectivamente. Los resultados de los modelos en los escenarios en los que se añade la no disponibilidad del aceite en el establecimiento de compra habitual o su mayor precio respecto al aceite sin DOP están muy por debajo de estas cifras.

El signo positivo y estadísticamente significativo de la variable ACTITUD indica que, cuanto más positiva es la actitud hacia la compra de aceite con DOP Aceite del Bajo Aragón, mayor es la intención de comprarlo. De la misma manera, el signo positivo de las REGLAS NORMATIVAS significa que, cuanto mayor es la presión social para comprar este aceite, mayor es la intención de hacerlo. Sin embargo y a diferencia de la variable ACTITUD que resultó significativa en los tres escenarios, las reglas normativas no explican la intención de compra de este aceite cuando se vende a mayor precio que el convencional. Este resultado indica que el mayor precio es un limitante a la compra de este aceite porque la presión social no va incrementar la intención de hacerlo. Además, un mayor conocimiento de este aceite conduce a una mayor intención de comprarlo, aún con un precio mayor que el convencional. Por el contrario, el conocimiento no tiene efecto en la intención de compra cuando se tiene que ir a buscarlo a otro establecimiento distinto del habitual. Así, la falta de disponibilidad del aceite con DOP Aceite del Bajo Aragón es un factor limitante en la intención de compra, incluso para quienes lo conocen bien. Finalmente, podemos mencionar que al aumentar la edad y el hecho de ser mujer se incrementa la intención de compra de este aceite, salvo si se vende a un precio superior al aceite sin DOP.

Conclusiones

En este trabajo se estudia la intención de compra en Aragón del aceite de oliva con DOP Aceite del Bajo Aragón, un mercado con una relativa baja tasa de consumo y un importante potencial en su capacidad de producción. En particular, se mide el efecto de las distintas variables que explican dicha intención, lo que puede ser útil para las empresas productoras y comercializadoras. Los resultados confirman que la actitud hacia la compra de este aceite es el mejor predictor de la intención de hacerlo. Además de las actitudes, los factores más importantes que explican la intención de compra son el comportamiento de compra pasado y su conocimiento, es decir, los predictores añadidos al modelo básico de la TCP. En Aragón, la intención de compra de aceite con DOP Aceite del Bajo Aragón está positivamente relacionada con la actitud y las reglas normativas, mientras el control del comportamiento percibido no resultó ser estadísticamente significativo. El modelo básico de Ajzen se ha ampliado con las variables relativas al conocimiento del aceite, el haberlo comprado ya en el pasado y algunas características personales de los entrevistados, como la edad o el sexo.

Además, los efectos de todos los constructos sobre la intención de compra fueron diferentes, dependiendo de la disponibilidad del aceite con DOP en el lugar habitual de compra y su precio. Este último resultado demuestra que, para analizar la intención de compra del aceite con DOP, deben tenerse en cuenta diferentes escenarios de precio de venta y de disponibilidad en los mercados.

El trabajo representa una contribución más al debate sobre la aceptación social del aceite con DOP en una región de la UE. En particular, podemos ofrecer algunas recomendaciones para incrementar su demanda. Dado que la actitud es un factor importante que impulsa la intención de compra y que su conocimiento influye en ella, las autoridades públicas y las empresas productoras y comercializadoras deberían promover e implementar campañas de promoción para aumentar el conocimiento de este tipo de aceite. La promoción generaría una actitud más positiva y, junto al mayor conocimiento, incrementarían la intención de compra. La promoción debería estar dirigida sobre todo a los jóvenes, que son también los más preocupados por la calidad, la seguridad alimentaria y por la sostenibilidad.

Además y dado que los resultados indican que el alto precio y la no disponibilidad del aceite con DOP en el lugar habitual de compra son dos factores limitantes en la expansión de su consumo, los productores, siempre que sea posible, deberían explorar formas de reducir los costes de producción para comercializar este aceite a un precio lo más cercano posible al del aceite de oliva virgen extra convencional, además de ponerlo a disposición del consumidor en los mismos lineales en los que se encuentren los aceites sin distintivos de calidad.

Por último, este trabajo tiene limitaciones que deben tenerse en cuenta y que constituyen otras vías de investigación para el futuro. Todo el análisis se ha centrado únicamente en el análisis de la intención de compra del aceite con DOP Aceite del Bajo Aragón. Como limitación común a todas las aplicaciones del modelo de la TCP, aunque las intenciones son buenos predictores del comportamiento final, el análisis también debería ampliarse para analizar el consumo real. En segundo lugar, el estudio se ha hecho únicamente para una DOP de aceite y una región española y los resultados empíricos se reducen sólo a esta cobertura geográfica. Con 29 DOP de aceite de oliva en España localizadas en un número reducido de regiones resulta evidente la conveniencia de ampliar los estudios de caso que permitan contrastar y, en su caso, generalizar estos resultados.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto "Cadena de producción, potencial de mercado y externalidades territoriales en la Denominación de Origen Aceite del Bajo Aragón (454 A)" del Plan de I+D del Fondo de Inversiones de Teruel (Plan FITE 2014-16). Los autores desean agradecer expresamente los comentarios de dos evaluadores anónimos que han mejorado notablemente la versión inicial de este trabajo.

Referencias bibliográficas

Ajzen I, Fishbein M (1977). Attitude-behavior relations: A theoretical analysis and review of empirical research. Psychological Bulletin 84: 888-918. http://dx.doi.org/10.1037/0033-2909.84.5.888

Ajzen I (1988). Attitudes, Personality and Behavior, Dorsey, Chicago, IL, USA, ISBN 978-335217038

Ajzen I (1991). The theory of planned behavior. Organizational Behavior and Human Decision Processes 50: 179-211. https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T

Ajzen I (2011). The theory of planned behaviour: Reactions and reflections. Psychology and Health 26: 1113-1127. https://doi.org/10.1080/08870446.2011.613995

Ajzen I (2013). Theory of planned behaviour questionnaire. Measurement instrument database for the social science. Disponible en: http://www.midss.org/sites/default/files/tpb.construction.pdf (consultado: 8 septiembre 2014).

Armitage CJ, Conner M (2001). Efficacy of the theory of planned behavior: A meta-analytic review. British Journal of Social Psychology 40: 471-499. https://doi.org/10.1348/014466601164939

Belletti G, Marescotti A, Sanz-Cañada J, Vakoufaris H (2015). Linking protection of geographical indications to the environment: Evidence from the European Union olive-oil sector. Land Use Policy 48: 94-106. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.05.003

Consejo Oleícola Internacional (COI) (2018). Cifras del Mercado mundial de aceite de oliva. Disponible en: http://www.internationaloliveoil.org/estaticos/view/131-world-olive-oil-figures (Consultado: 3 junio 2019).

Chen MF (2007). Consumers' attitudes and purchase intentions in relation to organic food in Taiwan: Moderating effects of food-related personality traits. Food Quality and Preference 18(7): 1008-1021. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2007.04.004

Chen MF (2008). An integrated research framework to understand consumer attitudes and purchase intentions toward genetically modified foods. British Food Journal 110(6): 559-579. https://doi.org/10.1108/00070700810877889

Consejo Regulador DOP Aceite del Bajo Aragón (2019). Disponible en: https://aceitesdelbajoaragon.com (Consultado: 27 mayo 2019).

Cook AJ, Kerr GN, Moore K (2002). Attitudes and intentions towards purchasing GM food. Journal of Economic Psychology 23(5): 557-572. https://doi.org/10.1016/S0167-4870(02)00117-4

Conner M, Armitage CJ (1988). Extending the theory of planned behavior: A review and avenues for further research. Journal of Applied Social Psychology 28: 1429-1464. https://doi.org/10.1111/j.1559-1816.1998.tb01685.x

de-Magistris T, Gracia A, Barreiro-Hurle J (2017). Do consumers care about European food labels? An empirical evaluation using best-worst method. British Food Journal 119(12): 2698-2711. https://doi.org/10.1108/BFJ-11-2016-0562

del Giudice T, Cavallo C, Caracciolo F, Cicia G (2015). What attributes of extra virgin olive oil are important for consumers: A meta-analysis of consumers' stated preferences. Agricultural and Food Economics 3(1): 20. https://doi.org/10.1186/s40100-015-0034-5

Egea P, Pérez y Pérez L (2016). Sustainability and multifunctionality of protected designations of origin of olive oil in Spain. Land Use Policy 58: 264-275. http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.07.017

Erraach Y, Sayadi S, Gómez AC, Parra-López C (2014). Consumer-stated preferences towards

Protected Designation of Origin (PDO) labels in a traditional olive-oil-producing country: the case of Spain. New Medit 13(4): 11-19.

Erraach Y, Sayadi S, Parra-López C (2017). Exploring consumers' purchasing intention towards labelled olive oil: An application of the theory of planned behaviour. Contribution presented at the XV EAAE Congress. August 29th-September 1st. Parma (Italy).

Fishbein M, Ajzen I (1975). Belief, attitude, intention and behavior: An introduction to theory and research. Addison-Wesley, Boston-MA, USA. ISBN 0-201-02089-0.

Gobierno de Aragón (2017). Anuario estadístico agrario de Aragón 2013-2014. Disponible en: https://gobierno.aragon.es/DepartamentosOrganismosPublicos/Departamentos/DesarrolloRuralSostenibilidad/AreasTematicas/EstadisticasAgrarias/ci.ANUARIO_ESTADISTICO_AGRARIO.detalleDepartamento?channelSelected=0 (Consultado: 20 mayo 2019).

Gracia A (2013). The determinants of the intention to purchase animal welfare friendly meat products in Spain. Animal Welfare 22: 255-265. https://doi.org/10.7120/09627286.22.2.255

Gracia A, Maza MT (2015). Determinants of the intention to purchase an autochthonous local lamb breed: Spanish case study. Meat Science 110: 212-219. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.07.020

Gracia A, Barreiro-Hurlé J, Pérez y Pérez L (2018). Overcoming the barriers for biodiesel use in Spain: An analysis of the role of convenience and price. Journal of Cleaner Production 172: 391-401. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.013

Grunert KG, Aachmann K (2016). Consumer reactions to the use of EU quality labels on food products: A review of the literature. Food Control 59: 178-187. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.05.021

Instituto Aragonés de Estadística (IAEST) (2017). Datos básicos de Aragón. Provincia de Teruel. Gobierno de Aragón. Departamento de Economía. Disponible en: http://www.aragon.es/iaest (Consultado: 3 Junio 2019).

Karimy M, Zareban I, Araban M, Montazeri A (2015). An extended theory of planned behavior (TPB) used to predict smoking behavior among a sample of Iranian medical students. International Journal of High Risk Behaviors and Addiction 4(3): e24715. https://doi.org/10.5812/ijhrba.24715

Kumar A, Smith S (2018). Understanding local food consumers: Theory of planned behavior and segmentation approach. Journal of Food Products Marketing 24(2): 196-215. https://doi.org/10.1080/10454446.2017.1266553

Lane B, Potter S (2007). The adoption of cleaner vehicles in the UK: Exploring the consumer attitude-action gap. Journal of Cleaner Production 15: 1085-1092. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.05.026

López-Galán B, Gracia A, Barreiro-Hurlé J (2013). ¿Conocimiento, medio ambiente o salud? Una investigación sobre los determinantes del consumo de alimentos ecológicos en España. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 109(1): 86-106.

Mahon D, Cowan C, McCarthy M (2006). The role of attitudes, subjective norm, perceived control and habit in the consumption of ready meals and takeaways in Great Britain. Food Quality and Preference 17: 474-481. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2005.06.001

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) (2017a). Anuario de Estadística Agraria, 2016. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/ (Consultado: 20 mayo 2019).

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) (2017b). Datos de las Denominaciones de Origen Protegidas (D.O.P.), Indicaciones Geográficas Protegidas (I.G.P.) y Especialidades Tradicionales Garantizadas (E.T.G.) de productos agroalimentarios 2016. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/calidad-agroalimentaria/informedop_igp_2016_ver4_tcm30-451593.pdf (Consultado: 20 mayo-2019).

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) (2019). Calidad diferenciada. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/calidad-agroalimentaria/calidad-diferenciada/ (Consultado: 20 mayo 2019).

OECD (2001). OECD Territorial Reviews: Teruel, Spain 2001. OECD Territorial Reviews. OECD Publishing, Paris. https://doi.org/10.1787/9789264189959-en

Resano H, Sanjuán AI, Albisu LM (2012). Consumers' response to the EU Quality policy allowing for heterogeneous preferences. Food Policy 37(4): 355-365. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2012.03.006

Rise J, Sheeran P, Hukkelberg S (2010). The role of self-identity in the theory of planned behaviour: A meta-analysis. Journal of Applied Social Psychology 40: 1085-1105. https://doi.org/10.1111/j.1559-1816.2010.00611.x

Ruiz de Maya S, López-López I, Munera JL (2011). Organic food consumption in Europe: International segmentation based on value system differences. Ecological Economics 70(10): 1767-1775. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.04.019

Smith JR, McSweeney A (2007). Charitable giving: The effectiveness of a revised theory of planned behaviour model in predicting donating intentions and behavior. Journal of Community and Applied Social Psychology 17: 363-386. https://doi.org/10.1002/casp.906

Teo T, Zhou M, Noyes J (2016). Teachers and technology: Development of an extended theory of planned behavior. Educational Technology Research and Development 64: 1033-1052. https://doi.org/10.1007/s11423-016-9446-5

Tommasetti A, Singer P, Troisi O, Maione G (2018). Extended theory of planned behavior (ETPB): Investigating customers' perception of restaurants' sustainability by testing a structural equation model. Sustainability 10: 2580. https://doi.org/10.3390/su10072580

Unión Europea (UE) (2012). Reglamento 1151/2012 del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de noviembre de 2012 sobre los regímenes de calidad de los productos agrícolas y alimenticios. Disponible en: https://www.boe.es/doue/2012/343/L00001-00029.pdf (Consultado: 20 mayo 2019).

Van der Lans IA, van Ittersum K, De Cicco A, Loseby M (2001). The role of the region of origin and EU certificates of origin in consumer evaluation of food products. European Review of Agricultural Economics 28: 451-477. https://doi.org/10.1093/erae/28.4.451

Van der Linden S (2011). Charitable intent: A moral or social construct? A revised theory of planned behavior model. Current Psychology 30: 355-374. https://doi.org/10.1007/s12144-011-9122-1

Wang S, Fan J, Zhao D, Yang S, Fu Y (2016). Predicting consumers' intention to adopt hybrid electric vehicles: Using an extended version of the theory of planned behavior model. Transportation 43: 123-143. https://doi.org/10.1007/s11116-014-9567-9

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 Agricultural Research 3: 553-567. https://doi.org/10.5424/sjar/2014123-5501

Yangui A, Costa-Font M, Gil JM (2016). The effect of personality traits on consumers' preferences for extra virgin olive oil. Food Quality and Preference 51: 27-38. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.02.012

(Aceptado para publicación el 25 de septiembre de 2019)

La técnica de análisis *Shift-Share* y los mercados internacionales del vino

F.J. Cervera* y R. Compés

Departamento de Economía y Ciencias Sociales, Universitat Politècnica de València, Camí de Vera s/n. 46022 Valencia (España)

Resumen

La globalización creciente de los mercados vinícolas, con la aparición de nuevos actores en la oferta y en la demanda y la mayor competencia, ha aumentado el interés por analizar su comercio internacional, buscando nuevas herramientas que permitan entender mejor el comportamiento de los flujos comerciales del vino. Este artículo examina las posibilidades del análisis *Shift-Share* –una técnica clásica que ha evolucionado para superar las limitaciones del modelo tradicional sin perder los atributos que la han hecho popular entre los investigadores de numerosos campos de la economía– para explicar la evolución de las exportaciones mundiales de vino.

Para ello se aplica el modelo clásico y dos modelos derivados de él –Cuota de Mercado Constante y modelo econométrico *Shift-Share*– a las exportaciones de vino de los once principales países exportadores del mundo a los grandes mercados de importación entre los años 2000 y 2015. Con ello se pretende, en primer lugar, comprobar la consistencia de los resultados entre los tres modelos y, en segundo lugar, si es posible, determinar las fuentes de variación de las exportaciones en cada uno de los casos analizados.

El análisis demuestra que, en general, los tres modelos dan lugar a resultados dispares e, incluso, contradictorios, lo que limita su aplicación de forma indiferenciada. Dicho esto, cabe señalar la excepción de los resultados en el caso de Nueva Zelanda que, además de ser los mejores, son los únicos consistentes. Los resultados para España son globalmente positivos, pero el factor competitividad da resultados diferentes según el modelo empleado.

Palabras clave: Análisis *Shift-Share*, comercio internacional de vino, competitividad vino, exportaciones de vino.

The *Shift-Share* Analysis technique and the International wine markets

Abstract

The globalization of wine markets, with the emergence of new players offering and demanding wine and a greater competition, has increased the interest in analysing international wine trade, looking for new tools to better understand the performance of the trade flows of wine. This article examines the possibilities of Shift-Share Analysis –a classic technique that has evolved to overcome the limitations of the traditional model without losing the attributes that have made it popular among researchers in many fields of the economy– to explain the evolution of world wine exports.

* Autor para correspondencia: fracerif@ade.upv.es

Cita del artículo: La técnica de análisis *Shift-Share* y los mercados internacionales del vino. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 116(1): 71-87. https://doi.org/10.12706/itea.2019.019

The classic model and two models derived from it –Constant Market Share and econometric model Shift-Share– are applied to the wine exports of the eleven major world exporting countries to the largest import markets between the years 2000 and 2015. The aim is first, to check the consistency of the results between the three models and, second, if possible, to determine the sources of variation of exports in each of the cases analysed.

The analysis shows that, in general, the three models give disparate and even contradictory results, which limits their undifferentiated application. The results of New Zealand constitute an exception; apart from being the best the outcome across alternative models are consistent. The results for Spain are globally positive, but the competitiveness factor is different depending on the model used.

Keywords: *Shift-Share* Analysis, international wine trade, wine competitiveness, wine exports.

Introducción

En el siglo XXI los mercados internacionales se han convertido en el principal motor del negocio vitivinícola mundial (Cervera y Compés, 2018), empujados por la globalización de la industria y los importantes cambios en el lado de la oferta y la demanda (Anderson, 2004; Thorpe, 2009). Por ello, el análisis del comportamiento de los mercados internacionales es, en la actualidad, un importante campo de investigación en economía del vino (Pomarici, 2016).

A diferencia de lo que ocurría en el pasado, con unos mercados del vino nacionales o, como mucho, intra-continentales, y copados por países europeos (Pinilla y Serrano, 2008), los mercados del vino son cada vez más dinámicos y abiertos. Son justamente los productores europeos los que más han acusado esta transformación. Aunque siguen teniendo una participación mayoritaria en todas las áreas del negocio a nivel mundial, se observa que pierden competitividad frente a los integrantes del "Nuevo Mundo" (Martínez-Carrión y Medina-Albaladejo, 2013; Cervera y Compés, 2017).

El comportamiento de España en este panorama ha sido de una orientación hacia vinos más económicos y baratos (Fernández, 2012) bajo una estrategia de competitividad vía costes, como proveedor principal de materia prima, que le ha permitido ser líder exportador en volumen, basado en procesos de diversificación por mercados, adaptación a los cambios de éstos y crecimiento de cuotas de mercado (Cervera y Compés, 2018) y, con todo, una mejora su competitividad total (Castillo y García-Cortijo, 2013).

Este interés por el estudio del comercio internacional está relacionado también con la necesidad de las bodegas de los principales países productores de encontrar nuevos compradores en cualquier lugar del mundo para responder a la competencia creciente y la incapacidad de los mercados internos para absorber su producción (Menghini, 2015). Uno de los aspectos más estudiados es el desempeño de los países productores y exportadores (Fleming *et al*., 2014) y para ello se utilizan técnicas de análisis cada vez más diversas.

Uno de los métodos tradicionales es considerar las ganancias o pérdidas de las cuotas de mercado de los países que convergen en el comercio internacional como un índice de su competitividad comercial (Cheptea *et al.*, 2005). Sin embargo, la variación de las cuotas de mercado internacionales depende de múltiples factores estructurales, lo que admite múltiples enfoques metodológicos (Cheptea *et al.*, 2005; Amador y Cabral, 2008; González-Pandiella, 2015).

Por un lado, la evolución de las variables macroeconómicas, tanto domésticas como externas, influyen en la competitividad relativa de las exportaciones (Amador y Cabral, 2008), a lo que hay que sumar el coste de los insumos o los cambios en el tipo de cambio, el comportamiento de los márgenes y la calidad (González-Pandiella, 2015). Asimismo, factores estructurales a largo plazo, como la dotación de factores productivos, la tecnología y el contexto institucional, además de la distancia geográfica y los vínculos culturales, afectan a la competitividad global y a la especialización sectorial de las exportaciones, condicionando el desempeño de las exportaciones y su distribución entre los socios comerciales (Amador y Cabral, 2008; González-Pandiella, 2015). Por último, la dinámica de las corrientes comerciales internacionales, determinada en parte por el ingreso de nuevos actores, afecta de forma mecánica a las cuotas de mercado de cada país (Amador y Cabral, 2008).

Por lo tanto, el análisis de las exportaciones de un país debe ponerse en perspectiva analizando largos períodos para identificar las tendencias y compararlas con un conjunto de países de referencia (Amador y Cabral, 2008). En concreto, y debido a los cambios en la demanda, la especialización geográfica y sectorial de un país en el principio del periodo, así como la capacidad del mismo para adaptar sus exportaciones a esos cambios en la dinámica internacional, es un importante factor que determina el crecimiento de la cuota de mercado (Cheptea *et al.*, 2005). De modo que si un país se especializa en exportaciones de bienes (o hacia determinadas zonas) donde la demanda es particularmente dinámica, su participación agregada en el mercado aumentará incluso si la competitividad no mejora. Al mismo tiempo, incluso si un país mantiene su participación en mercados individuales, puede sufrir una disminución en su participación de mercado agregada si el país está especializado en mercados que crecen más lentamente que las exportaciones mundiales, o en productos para los que la demanda está creciendo más lentamente que el promedio (González-Pandiella, 2015).

Por todas estas razones, una descomposición de la evolución de las exportaciones de un país que permita distinguir el impacto de su posición inicial en diferentes mercados, en relación con su capacidad de adaptación y su competitividad (Cheptea *et al.*, 2005), puede ser indicativo de la medida en que ha superado (o retrocedido frente) a sus competidores en la selección de mercados de destino y categorías de productos de alto crecimiento (Ecel *et al.*, 2014).

En este marco, una técnica cuantitativa pertinente es el Análisis *Shift-Share* (SSA, por sus siglas en inglés), que permite desagregar los cambios de una variable producidos entre dos periodos en diferentes componentes cuyo análisis ayuda a identificar las fuentes principales del crecimiento o declive (Piezas-Jerbi y Nee, 2009). Si bien esta técnica se emplea en numerosos campos de investigación económicos, tiene en el análisis de los flujos y las posiciones comerciales uno de sus principales campos de aplicación (Chiang, 2012). Sin embargo, en los últimos años se han identificado algunas limitaciones de esta metodología y se han elaborado algunas variantes para intentar evitarlas, dos de las cuales resultan a priori interesantes: la Cuota de Mercado Constante y el modelo econométrico *Shift-Share*. Por ello resulta pertinente comparar las tres técnicas, y para ello se elige un sector, el del vino, que en los últimos tiempos se viene caracterizando por el dinamismo de los flujos comerciales internacionales.

El objetivo principal de este artículo consiste en analizar las fuentes de crecimiento del volumen de las exportaciones de vino de los diferentes actores en el comercio internacional, tanto del "Viejo Mundo" (Francia, Italia, España, Portugal y Alemania) como del "Nuevo Mundo" (EEUU, Argentina, Chile, Sudáfrica, Australia y Nueva Zelanda) utilizando los tres enfoques del *Shift-Share Analysis,* esto es, (i) el SSA clásico o tradicional, (ii) el CMSA (*Constant Market Share Analysis)*, y (iii) el modelo econométrico.

Adicionalmente, y como objetivo complementario, se busca determinar, a partir de los resultados de los tres modelos, las similitudes y diferencias e, incluso, las posibles contradicciones que existan entre ellos. Con ello se comprobará la consistencia entre todos ellos y la posibilidad de aplicarlos como herramienta de análisis en los mercados internacionales.

El artículo se estructura en 4 apartados, contando esta introducción. En el apartado 2 se hace una revisión de la literatura sobre el SSA y su evolución metodológica; en el apartado 3 se presentan los resultados obtenidos con las tres técnicas del SSA y en el 4 se discuten los resultados, en el 5 se presentan las conclusiones de la investigación y en el 6 se muestran los agradecimientos.

Material y métodos

La evolución del análisis Shift-Share

Si bien la técnica del SSA tiene sus raíces en los años cuarenta (Creamer, 1942), no fue a partir de dos décadas más tarde cuando varios refinamientos la convirtieron en el conocido como modelo SSA clásico o tradicional. Su empleo en el comercio internacional se inició con el modelo clásico (Tyszynski, 1951), pero no fue hasta los años noventa cuando su uso se popularizó (Gazel y Schwer, 1998). En este campo, el SSA clásico o tradicional se ha utilizado en numerosas ocasiones, en particular para descomponer el crecimiento de las exportaciones de un país (Ecel *et al.*, 2014) en cuatro factores: uno del total del comercio internacional, uno relativo al socio comercial, uno relativo al mix industrial, y otro residual, que se identifica con el desempeño o factor competitivo (Piezas-Jerbi y Nee, 2009).

Una pequeña modificación en su metodología de cálculo dio lugar a una variante del SSA clásico denominada *Constant Market Share Analysis* (CMSA) o Análisis de Cuota de Mercado Constante (Nyssens y Poullet, 1990; ECB, 2005). Esta variante elimina el cálculo del efecto global de la versión tradicional e incorpora un factor mixto, que no puede diferenciarse entre "de producto" y "de mercado", debido a la interdependencia que existe entre ambos (Amador y Cabral, 2008).

Desde su origen, el SSA –tanto en la versión tradicional como en la variante CMSA– ha sido una herramienta muy utilizada gracias a su sencillez, ya que no requiere conocimientos técnicos avanzados y utiliza información estadística fácilmente disponible y de bajo coste (Gazel y Schwer, 1998).

No obstante, tanto el SSA clásico como el CMSA, pese a sus continuas mejoras, han sido criticados (i) por su falta de base teórica (Bartels *et al*., 1982); (ii) por su dependencia del grado de desagregación de las industrias y de la interdependencia del *mix* industrial y los efectos competitivos (Loveridge y Selting, 1998), puesto que los resultados varían según el nivel de descomposición realizado, tanto de productos como de países (Amador y Cabral, 2008); (iii) por su dependencia de los resultados según el orden de los efectos estructurales (Cheptea *et al.*, 2005), puesto que computando primero los efectos geográficos y luego los sectoriales, o de forma inversa, conduce a diferentes resultados (Piezas-Jerbi y Nee, 2009); (iv) por considerar la demanda como un componente exógeno (Bonanno, 2016)[1]; (v) porque si se analizan las cuotas de valores nominales, en vez de reales, la técnica no es capaz de separar los efectos del factor competitividad–precio de aquellos otros re-

1. Esto es, los mismos exportadores ayudan a generar demanda mediante procesos de innovación y diferenciación de productos y, por lo tanto, la capacidad de penetrar en los mercados no puede explicarse únicamente por la competitividad de los precios, al mismo tiempo que es posible que la evolución de la demanda se deba a las diferentes políticas practicadas por el exportador (Bonanno, 2016).

lativos al comercio para productos con elasticidad de substitución menor que uno (Bonanno, 2016), puesto que, en este caso, el decrecimiento de los precios no implica un incremento esperado de competitividad –además de que si se analizan mediante precios constantes la técnica no es capaz de señalar variables de competitividad distintas del tipo de cambio real (Bentivogli y Quintillani, 2004)[2]–; (vi) porque el efecto competitivo es comúnmente interpretado como una medida de la competitividad externa, como resultado de la ganancia (pérdida) efectiva de la cuota en cada mercado específico (Cabral y Soares, 2006), es calculado como un residuo (Bonanno, 2016), un elemento que no se observa y ni siquiera es mensurable, una medida de "nuestra ignorancia", de "todo lo demás" que no puede ser explicado por el resto de efectos (Piezas-Jerbi y Nee 2009) y, finalmente, (vii) por su falta de análisis de significación de los factores que explican los cambios de una variable (Dogru y Sirakaya-Turk, 2017).

Si bien estos problemas metodológicos han reducido su popularidad (Piezas-Jerbi y Nee, 2009), en las dos últimas décadas ha surgido un nuevo refinamiento bajo un enfoque econométrico (Jayet, 1993; Cheptea *et al.*, 2005; Cheptea *et al.*, 2014) que le ha otorgado un nuevo crédito en el mundo académico. El SSA econométrico mejora la versión clásica al tener la ventaja de ser independiente de la desagregación estructural con respecto al orden de las dimensiones y, además, de permitir evaluar la significación de los efectos calculados (Cheptea *et al.*, 2005). El nuevo modelo descompone el crecimiento de la cuota de mercado de las exportaciones de un país en el mercado internacional en un factor sectorial, uno geográfico, uno de adaptación sectorial, otro de adaptación geográfica, y por último, un factor de competitividad (Cheptea *et al.*, 2005).

No obstante, y a pesar de esta evolución, en la literatura sobre comercio internacional se siguen utilizando indistintamente los tres modelos (SSA clásico, CMSA y SSA econométrico) a la hora de analizar el comportamiento de las exportaciones. A este respecto, resulta llamativa la escasez de trabajos comparativos para determinar la consistencia de los resultados que se obtienen con la aplicación de cada uno de ellos. Se trata de una omisión grave, ya que se siguen utilizando por parte de los responsables de formulación de políticas para adoptar decisiones con importantes consecuencias sociales y económicas (Dogru y Sirakaya-Turk, 2017), puesto que proporciona a los investigadores y/o responsables de políticas información útil sobre las razones probables del crecimiento de una variable estratégica (Cheptea *et al.*, 2005).

La interpretación más plausible es que se considera que la metodología SSA –en cualquiera de sus variantes– sigue siendo útil en el análisis económico de la competitividad del comercio internacional (Piezas-Jerbi y Nee, 2009). Sin embargo, es una hipótesis demasiado aventurada para ser aceptada sin haber realizado ningún tipo de análisis comparativo, y más teniendo en cuenta la trascendencia de algunos de sus resultados en materia de diagnósticos y diseño de estrategias.

El Shift-Share *clásico o tradicional*

Siguiendo con la metodología propuesta por Piezas-Jerbi y Nee (2009), el SSA clásico se basa en la asunción de que cualquier cambio en las exportaciones del país que no pueda explicarse por factores importantes como el crecimiento del comercio mundial, el destino de las exportaciones o la composición del producto de los bienes comercializados puede interpretarse como un cambio en la competitividad. De este modo, la ecuación de cálculo es:

2. Aunque es preferible el uso de precios constantes para evaluar el efecto de la competitividad de los precios sobre los volúmenes de exportación, los valores corrientes, sin embargo, serían preferibles en algunos casos, es decir, cuando el análisis se centra en otros aspectos más que el precio, como la calidad, la organización en venta o la eficiencia de los servicios conectados al producto (Bonanno, 2016).

$$X'_{ijk} - X_{ijk} = r * X_{ijk}(1) + \sum_k (r_k - r) * X_k\ (2) + + \sum_j \sum_k \left(r_{jk} - r_k\right) * X_{ijk}(3) + + \sum_j \sum_k \left(X'_{ijk} - X_{ijk} - r_j * X_{ijk}\right)(4)$$

Siendo, X_{ijk}, las exportaciones iniciales del país *i* al mercado *j* y del producto *k*; X'_{ijk} las exportaciones finales del país *i* al mercado *j* y del producto *k*, con todos sus derivados; y *r* el crecimiento de las exportaciones globales, con todos sus derivados.

Con esta descomposición, se obtiene el Factor Global (1), el Factor Sectorial (2), el Factor Geográfico (3) y el Factor de Desempeño o Competitivo (4). Además, si todos ellos se dividen por las exportaciones iniciales del país *i* al mercado *j* y del producto *k*, obtendríamos:

$$CRECIMIENTO\ EXPORTACIONES = GLOBO\ (1) + COMPO\ (2) + GEO\ (3) + PERFO\ (4)$$

De donde, el Factor Global es el crecimiento de las exportaciones debido al crecimiento del comercio mundial. El Factor Sectorial muestra que el comercio mundial de los productos que exporta este país crece más rápido (o más lentamente) que el comercio mundial en general. El Factor Geográfico representa la distribución por mercados de las exportaciones del país, es decir, es un efecto de socio comercial. Y, por último, el Factor de Desempeño es aquel que mide la mejora (o empeoramiento) de la competitividad.

Constant Market Share Analysis (CMSA)

De acuerdo con Nyssens y Poullet (1990), Amador y Cabral (2008) y González-Pandiella (2015), la variación total de la cuota de mercado de las exportaciones de un país en el mercado mundial –Efecto Total (TE)– (5), está relacionada con la diferencia entre el crecimiento del total de las exportaciones de ese país (r_i) y el crecimiento de las exportaciones totales del resto del mundo (*r*). Si el crecimiento de las exportaciones de un país es mayor (menor) que el del resto del mundo, entonces el TE es positivo (negativo), correspondiente a una ganancia (pérdida) en la cuota total del mercado del país. La desagregación mediante el CMSA es:

$$TE = r_i - r = \sum_j \sum_k \theta_{ijk} * r_{ijk} - \sum_j \sum_k \theta_{jk} * r_{jk}\ (5)$$

$$= \sum_j \sum_k \theta_{ijk} * (r_{ijk} - r_{jk})(6) + \sum_j \sum_k (\theta_{ijk} - \theta_{jk}) * (r_{jk} - r)\ (7)$$

$$= \sum_j \sum_k \theta_{ijk} * (r_{ijk} - r_{jk})\ (6)$$

$$+ \sum_j \left(\theta_{ij} - \theta_j\right) * \left(r_j - r\right)(8) + \sum_k (\theta_{ik} - \theta_k) * (r_k - r)\ (9)$$

$$+ \sum_j \sum_k \left[\left(\theta_{ijk} - \theta_{jk}\right) - \left(\theta_{ij} - \theta_j\right) * \frac{\theta_{jk}}{\theta_j} - (\theta_{ik} - \theta_k) * \frac{\theta_{jk}}{\theta_k}\right] * r_{jk}\ (10)$$

De donde r_{ijk} es el porcentaje de cambio de las exportaciones del país *i* al mercado *j* del producto *k* entre el final y el inicio del periodo[3], θ_{ijk} es la participación de las exportaciones del país *i* al mercado *j* del producto *k* en el total de las exportaciones de ese mismo país al inicio del periodo[4], y r_{jk} y θ_{jk} son los equivalentes para el total de las exportaciones (excluyendo las del propio país de análisis).

De este modo, el efecto total puede descomponerse en dos términos, uno resultante de cambios efectivos en las cuotas de mercado en mercados individuales –el Efecto de Cuota de Mercado (MSE)– (6) y otro resultado de la influencia de la especialización relativa del país –el Efecto de Estructura Combinada (CSE)– (7), que a su vez puede descomponerse en un Efecto de Estructura de Producto (PSE) (8), un Efecto de Estructura Geográfico (GSE) (9) y un Efecto de Estructura Mixto (Mix) (10).

$$TE\,(5) = MSE\,(6) + CSE\,(7) = MSE\,(6) + PSE\,(8) + GSE\,(9) + MIX\,(10)$$

El Efecto de Estructura Combinada (CSE) determina qué parte del cambio total de la cuota de mercado es resultado de la influencia de la especialización relativa del producto (PSE) o del mercado (GSE) para el país de análisis, mientras que el MIX es un término residual que se establece por el hecho que las Estructuras del Producto y Geográfico no son independientes y, por tanto, la suma de los Efectos del Producto (PSE) y Geográfico (GSE) no coinciden con el Efecto de Estructura Combinada (CSE).

A diferencia con el modelo del SSA clásico, el CSMA desagrega también la variación de las exportaciones en un efecto MIX no explicado ni por la especialización relativa del producto (PSE) ni del mercado (GSE).

El Shift-Share *econométrico*

Siguiendo a Jayet (1993), Cheptea *et al.* (2005) y Lakkakula *et al.* (2015), el crecimiento agregado de las exportaciones de un país se puede desagregar en diversos factores: a) un primer factor debido a la distribución entre sus socios comerciales, b) un segundo debido al *mix* de productos que compone la cartera exportadora del país, c) un tercero debido al crecimiento total del mercado global y d) un último relativo al desempeño del país en los mercados internacionales frente los otros países exportadores. De esta forma, el crecimiento de las exportaciones bilaterales del exportador *i* al importador *j* del producto *k* (r_{ijk}) es expresado como la suma de tres conjuntos de efectos fijos (11).

$$r_{ijk} = m + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \varepsilon_{ijk}\ (11)$$

Donde *m* es el intercepto que corresponde con el crecimiento medio de las exportaciones del mercado internacional (*r*), α_i es el efecto fijo del exportador *i*, β_j es el efecto fijo del importador *j* y γ_k es el efecto fijo del producto *k*.

La estimación se efectúa mediante la máxima verosimilitud ponderada restringida, donde los pesos son el volumen de las exportaciones, X_{ijk}, en el período base[5]. Los efectos fijos, α_i, β_j y γ_k se especifican como desviaciones de *m*. Esto se logra en la estimación requiriendo que los efectos estimados α_i sumen cero, que los efectos estimados de β_j sumen cero y que los efectos estimados de γ_k también sumen cero. Estos estimadores, no obstante, son únicamente resultados intermedios. La descomposición final por factores requiere de más pasos.

3. $r_{ijk} = \frac{X'_{ijk} - X_{ijk}}{X_{ijk}}$, además de $r_{ij} = \frac{X'_{ij} - X_{ij}}{X_{ij}}$ y $r_{ik} = \frac{X'_{ik} - X_{ik}}{X_{ik}}$

4. $\theta_{ijk} = \frac{X_{ijk}}{\Sigma_j \Sigma_k X_{ijk}}$, además de $\theta_{ij} = \frac{X_{ij}}{\Sigma_j X_{ij}}$ y $\theta_{ik} = \frac{X_{ik}}{\Sigma_k X_{ik}}$

5. El cálculo del presente estudio ha seguido las indicaciones hechas por Lakkakula *et al.* (2015), con la única diferencia que aquí el efecto sectorial (γ_k) también es calculado.

En primer lugar, $\hat{g}_i$ representa el crecimiento estimado de la cuota de mercado para el país *i*, que puede ser computado desde los efectos estimados del modelo (12).

$$\hat{g}_i = \frac{(1+\hat{r}_i)}{(1+\hat{m})} - 1 \quad (12)$$

Donde: $\hat{r}_i = \hat{m} + \hat{\alpha}_i + \sum_j \frac{X_{ij}}{X_i} * \hat{\beta}_j + \sum_k \frac{X_{ik}}{X_i} * \hat{\gamma}_k$ (13)

Y $\hat{r}_i$ es la tasa de crecimiento de las exportaciones del país *i*, y $\hat{m}$, $\hat{\alpha}_i$, $\hat{\beta}_j$ y $\hat{\gamma}_k$ son los estimados de (11).

Así pues, utilizando (12) y (13), el crecimiento de la cuota de mercado de cada país exportador puede ser desagregado en tres componentes (14).

$$g_i = GEO_i + SECT_i + PERFORM_i \quad (14)$$

De donde: $$GEO_i = \frac{\sum_j \frac{X_{ij}}{X_i} * \hat{\beta}_j}{(\hat{m}+1)} \quad (15)$$

$$SECT_i = \frac{\sum_k \frac{X_{ik}}{X_i} * \hat{\gamma}_k}{(\hat{m}+1)} \quad (16)$$

y $$PERFORM_i = \frac{\hat{\alpha}_i}{(\hat{m}+1)} \quad (17)$$

Las ecuaciones (14)-(17) muestran la descomposición del crecimiento de la cuota de mercado (g_i), en tres componentes: el Efecto de Estructura Geográfica (GEO_i), el Efecto de Estructura Sectorial ($SECT_i$) y el Efecto Desempeño ($PERFORM_i$). El primero mide el crecimiento de la cuota de mercado que se debe a la distribución geográfica inicial de las exportaciones[6]. El segundo mide el crecimiento de la cuota de mercado que se debe al portafolio de productos exportados[7]. El último mide el crecimiento de la cuota de mercado debido al desempeño de las exportaciones del país, que a su vez se descompone en tres factores (18): Efecto de Adaptación a la Estructura Geográfica (19), Efecto de Adaptación a la Estructura Sectorial (20) y el Efecto de Competitividad (21).

$$PERFORM_i = ADAPTGEO_i + ADAPTSECT_i + COMPET_i \quad (18)$$

Donde: $ADAPTGEO_i = \sum_j \left[\frac{X'_{ij}}{X'_i} - \frac{X_{ij}}{X_i}\right] * \hat{\beta}_j$ (19)

$$ADAPTSECT_i = \sum_K \left[\frac{X'_{ik}}{X'_i} - \frac{X_{ik}}{X_i}\right] * \hat{\gamma}_k \quad (20)$$

y $COMPET_i = PERFORM_i - ADAPTGEO_i - ADAPTSECT_i$ (21)

El primero representa el crecimiento de la cuota de mercado dados los cambios en la distribución geográfica durante el período de estudio. El segundo mide el crecimiento de la cuota de mercado debido a los cambios en la cartera de productos exportados durante el periodo. El último se considera como el efecto competitivo puro (Cheptea *et al.*, 2005; Lakkakula *et al.*, 2015).

Fuentes y origen de los datos

Para la realización de este trabajo se han utilizado datos del comercio internacional de vino, en volumen, de los 11 principales exportadores del "Viejo Mundo" –Francia, Italia, España, Portugal y Alemania– y del "Nuevo Mundo" –EEUU, Chile, Argentina, Sudáfrica, Australia y Nueva Zelanda–, y de los 51 mercados más grandes (Tabla 1) –que en su conjunto representan el 90 % de las exportaciones mundiales en volumen para el año 2015–; y de las tres subcategorías arancelarias de vino: espumosos (HS: 220410), embotellados

6. Es decir, si un país ha mantenido o ha crecido su cuota en los mercados de importación en los que ha habido un aumento de la demanda, se beneficiaría del Efecto de Estructura Geográfica.

7. Es decir, si un país ha mantenido o ha crecido su cuota en los productos con un aumento de la demanda, se beneficiaría del Efecto de Estructura Sectorial.

Tabla 1. Los grandes mercados del vino por continentes.
Table 1. The largest wine markets by continents.

Continente			Países		
Europa	Alemania	Austria	Bélgica	Dinamarca	Eslovaquia
	Eslovenia	España	Finlandia	Francia	Grecia
	Holanda	Hungría	Irlanda	Italia	Luxemburgo
	Noruega	Polonia	Portugal	Reino Unido	República Checa
	Rumanía	Rusia	Suecia	Suiza	
Asia	China	Corea del Sur	EAU*	Filipinas	Hong Kong
	India	Indonesia	Japón	Malasia	Singapur
	Tailandia	Taiwán	Turquía	Vietnam	
América	Argentina	Brasil	Canadá	Chile	Colombia
	EEUU	México	Perú		
África	Angola	Nigeria	Sudáfrica		
Oceanía	Australia	Nueva Zelanda			

*EAU: Emiratos Árabes Unidos.
Fuente: Elaboración propia.

(HS: 220421) y graneles (HS: 220429). Los periodos de aplicación son del año 2000 al 2015, ambos inclusive.

Los datos proceden de las bases de datos y de estadísticas de comercio internacional y europeo –UNCOMTRADE, EUROESTACOM y EUROESTAT–, de institutos y oficinas nacionales de estadística, de los servicios de estadística de las agencias de aduanas nacionales e, incluso, del servicio de estadísticas de ministerios de finanzas –*United States Census Bureau, Ministry of Finance of Japan, Aduanas de Chile, Korea Customs Service, Customs Administration of Taiwan y National Statistics Office-Republic of the Philippines*–.

Resultados

El Shift-Share *clásico o tradicional*

Los resultados para el modelo clásico o tradicional muestran importantes diferencias entre los patrones o modelos exportadores de unos países y otros (Tabla 2). Comenzando por España, primer país exportador en volumen del mundo, se comprueba que el crecimiento de sus exportaciones ha sido más alto que el de la media mundial entre el 2000 y 2015. Asimismo, al descomponer los factores, se observa que el factor PERFO es el que ha contribuido de mayor forma a ese crecimiento (71,46 %), mientras que el COMPO ha tenido menor influencia, aunque positiva (5,35 %), y el factor geográfico ha contribuido negativamente a este crecimiento (-15,84 %).

Los casos de Italia y Francia, los mayores exportadores mundiales, junto a España, son parecidos, aunque con distintas intensidades. El crecimiento de las exportaciones de vino de Italia entre ambos periodos ha sido menor que el mundial y, además, el único factor que ha contribuido positivamente a este crecimiento ha sido el de producto (26,96 %), puesto que la aportación del resto, el geográfico y el de *performance*, ha sido negativa (-134,84 %

Tabla 2. Descomposición del crecimiento de las exportaciones de vino, en volumen, de los principales competidores en el mercado internacional del vino entre 2000 y 2015, utilizando el *Shift-Share Analysis* Clásico o Tradicional, en el factor global (GLOBO), factor de productos (COMPO), factor geográfico (GEO) y factor competitivo (PERFO).
Table 2. Breaking down of the wine export growth, in volume, of the main competitors in the world wine market between 2000 and 2015, using the Classic or Traditional Shift-Share Analysis, into global factor (GLOBO), product factor (COMPO), geographic factor (GEO) and competitive factor (PERFO).

País	Crecimiento	GLOBO	COMPO	GEO	PERFO
España	185,4	72,38	9,91	-29,37	132,49
Italia	20,81	72,38	5,61	-28,06	-29,11
Francia	3,72	72,38	-2,98	5,92	-71,59
Alemania	59,53	72,38	-9,4	16,67	-20,11
Portugal	75,31	72,38	-12,18	9,5	5,62
EEUU	99,41	72,38	-9,48	26,98	9,52
Chile	242,32	72,38	-5,91	49,43	126,42
Argentina	316,18	72,38	-6,4	4,53	245,67
Australia	146,16	72,38	-12,74	29,48	57,06
Nueva Zelanda	887,15	72,38	-16,14	48,48	782,43
Sudáfrica	196,17	72,38	-3,93	-2,36	130,08

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de las diferentes fuentes de información del comercio internacional (ver sub-apartado *Fuentes y origen de los datos* del apartado Materiales y métodos).

y -139,88 %, respectivamente). En el caso de Francia, el crecimiento de sus exportaciones de vino entre el 2000 y 2015 ha sido bastante menor que el mundial, y únicamente el factor geográfico ha contribuido de forma positiva al crecimiento (159,14 %), mientras que la participación del sectorial (-80,11 %) y el competitivo (-1924,46 %) han sido negativos.

En lo que se refiera a los países del "nuevo mundo", cabe destacar los factores competitivos de Nueva Zelanda, Argentina, Sudáfrica y Chile, cuya contribución al crecimiento de sus exportaciones de vino entre el 2000 y 2015 han sido mayoritarias (88,20 %; 77,70 %; 66,31 % y 52,17 %, respectivamente).

Constant Market Share Analysis (CMSA)

Los resultados para el segundo modelo, el CSMA, muestran que el Efecto Total (TE) de España es positivo, debido al crecimiento de sus exportaciones, en volumen, entre el 2000 y 2015, por encima de la media mundial (72,38 %) (Tabla 3). Asimismo, dentro de la descomposición de factores, el más influyente ha sido el MSE, o competitivo (118,84 %), aunque la contribución tanto del PSE (9,78 %) como del GSE (10,61 %) también ha sido positiva. Únicamente la contribución del MIX ha sido negativa (-39,23 %).

Comparando estos resultados con el del resto de principales países exportadores del mercado mundial del vino, a excepción de Italia,

Tabla 3. Descomposición del crecimiento de las exportaciones de vino, en volumen, de los principales competidores en el mercado internacional del vino entre 2000 y 2015, usando el *Constant Market Share Analysis,* en el efecto total (TE), efecto de producto (PSE), efecto geográfico (GSE), efecto mix (MIX) y efecto de mercado o competitivo (MSE).
Table 3. Breaking down of the wine export growth, in volume, of the main competitors in the international wine market between 2000 and 2015, using the Constant Market Share Analysis, into total effect (TE), product effect (PSE), geographical effect (GSE), mix effect (MIX) and market or competitive effect (MSE).

País	TE	PSE	GSE	MIX	MSE
España	108,86	10,65	11,55	-42,71	129,37
Italia	-48,44	4,55	-13,7	-10,13	-29,16
Francia	-73,38	-2,14	-10,26	10,62	-71,6
Alemania	-26,08	-6,08	-8,64	8,82	-20,18
Portugal	-1,4	-13,23	-7,66	15,89	3,6
EEUU	32,75	-9,05	13,59	19,48	8,73
Chile	167,07	-5,88	23,55	25,73	123,66
Argentina	239,52	-6,42	-2,97	7,39	241,51
Australia	74,73	-12,84	5,14	25,62	56,81
Nueva Zelanda	699,14	-16,32	52,28	-3,91	667,1
Sudáfrica	107,03	-3,92	-15,21	12,66	113,5

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de las diferentes fuentes de información del comercio internacional (ver sub-apartado *Fuentes y origen de los datos* del apartado Materiales y métodos).

Francia, Alemania y Portugal (es decir, el resto del "Viejo Mundo"), el resto de países han tenido crecimientos mayores de sus exportaciones de vino que la media mundial durante el 2000 y 2015 y, por lo tanto, sus TE son positivos. Asimismo, los tres primeros –Italia, Francia y Alemania–, han obtenido una contribución mayoritaria a este TE negativo del efecto competitivo o MSE (60,20 %; 97,57 % y 77,38 %, respectivamente).

De los países del "nuevo mundo" cabe destacar los efectos competitivos de Nueva Zelanda, Argentina, Chile, Sudáfrica y Australia, puesto que sus contribuciones al Efecto Total han sido mayoritarias (95,42 %; 100,83 %; 74,02 %; 106,05 % y 76,02 %, respectivamente).

El Shift-Share *econométrico*

Finalmente, el SSA econométrico proporciona unos resultados diferentes a los anteriores para la mayor parte de países (Tabla 4). Aunque España tiene un crecimiento de la cuota de mercado positivo, este se debe, principalmente, al factor de la adaptación geográfica, seguido del factor geográfico y, en menor medida, del sectorial y la adaptación sectorial. No obstante, el factor competitivo resulta negativo y, por tanto, contradice los resultados de los dos modelos anteriores, el clásico o tradicional y el CSMA.

Asimismo, además del caso español, países cuyos factores competitivos habían sido po-

Tabla 4. Descomposición del crecimiento de las exportaciones de vino, en volumen, de los principales competidores en el mercado internacional del vino entre 2000 y 2015, utilizando el *Shift-Share Analysis* econométrico, en crecimiento de la cuota de mercado (g_i), factor geográfico (GEO_i), factor sectorial o de producto ($SECT_i$), factor de adaptación geográfica ($ADAPTGEO_i$), factor de adaptación sectorial o de producto ($ADAPTSECT_i$) y factor competitivo ($COMPET_i$).
Table 4. Breaking down of the wine export growth, in volume, of the main competitors in the international wine market between 2000 and 2015, using the econometric Shift-Share Analysis, into market share growth (g_i), geographical factor (GEO_i), sectorial or product factor ($SECT_i$), geographical adaptation factor ($ADAPTGEO_i$), sectorial or product adaptation factor ($ADAPTSECT_i$), competitive factor ($COMPET_i$).

País	g_i	GEO_i	$SECT_i$	$ADAPTGEO_i$	$ADAPTSECT_i$	$COMPET_i$
España	65,57	53,8	8,34	140,42	7,81	-144,81
Italia	-29,91	60,62	8,48	46,45	-14,06	-131,4
Francia	-39,83	68,85	0,93	173,4	-5,38	-277,63
Alemania	-7,46	67,22	-2,33	37,59	0,04	-109,97
Portugal	1,7	61,42	-0,96	67,8	-1,25	-125,31
EEUU	15,68	63,09	-0,25	133,2	16,28	-196,65
Chile	98,59	70,59	3,24	1133,48	41,86	-1150,58
Argentina	141,44	37,31	1,71	106,28	1,71	-5,58
Australia	42,42	62,39	-2,52	140,57	23,14	-181,16
Nueva Zelanda	472,67	88,49	-5,78	69,06	16,79	304,11
Sudáfrica	71,81	57,88	4,46	72,48	15,08	-78,09

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de las diferentes fuentes de información del comercio internacional (ver sub-apartado *Fuentes y origen de los datos* del apartado Materiales y métodos).

sitivos en los anteriores modelos –como Chile, Argentina, Sudáfrica, Australia, EEUU y Portugal–, presentan una contribución negativa al crecimiento de sus cuotas de mercado del efecto análogo en este modelo econométrico (-1167,04 %, -3,95 %, -108,75 %, -427,06 %, -1254,15 % y -7371,18 %, respectivamente).

El único caso en el que los resultados de los tres modelos son coincidentes es el de Nueva Zelanda, puesto que su crecimiento de cuota de mercado se puede explicar mayoritariamente por el efecto competitivo (cuya contribución ha sido del 64,34 %), además del efecto geográfico (con una contribución del 18,72 %), del efecto de la adaptación geográfica (contribución del 14,61 %) y del efecto de la adaptación sectorial (cuya contribución ha sido del 3,55 %), mientras que el efecto sectorial ha sido negativo (-5,78 %).

Discusión

Una vez aplicados los tres modelos, es posible analizar las similitudes o divergencias de sus resultados. Para ello se ha seleccionado el caso español y el factor contributivo que determina la mejora (o el empeoramiento) de la competitividad de sus exportaciones de vino

–PERFO para el método clásico, MSE para el CMSA y $COMPET_i$ para el econométrico–.

Como se advertía en los apartados anteriores, la contribución del factor competitivo al crecimiento de las exportaciones de vino de España es distinto según el método *Shift-Share* utilizado. En concreto, mientras los métodos de desagregación matemática o contable, el tradicional o clásico y el de cuota de mercado constante, arrojan contribuciones positivas del factor competitivo al crecimiento de las exportaciones y de su cuota de mercado, aunque con diferentes intensidades (71,46 % y 118,84 %, respectivamente), el modelo econométrico dictamina lo contrario: una contribución negativa y, además, más del doble del crecimiento de las exportaciones españolas de vino (-220,85 %).

Esta diferencia de resultados se extiende también al resto de competidores, incluso a Nueva Zelanda, aunque los tres métodos coinciden en determinar una contribución positiva del efecto competitivo en el crecimiento de sus exportaciones. Esto significa que los resultados de la contribución de cualquiera de los factores que se quieran determinar, especialmente el competitivo, variarán según la metodología de cálculo del SSA que se haya utilizado. Dicho de otra forma, la contribución de los factores estructurales y competitivos en la variación de las exportaciones de vino de cualquiera de los principales actores en el mercado mundial del vino es estrechamente sensible al método *Shift-Share* elegido y, por lo tanto, tales resultados deben examinarse con cautela.

Tales resultados contradictorios del modelo econométrico de *Shift-Share* se pueden explicar debido a los problemas metodológicos existentes en los modelos clásicos o tradicionales, y que son ampliamente expuestos en la literatura (Patterson, 1991; Kowalewski, 2011). A pesar de que el modelo clásico es una técnica simple y de fácil reproducción, y no requiere experiencia teórica ni estadística a la hora de analizar el comportamiento económico de una industria, no puede mostrar si hay un crecimiento o decrecimiento significativo en el desempeño de tal industria. El modelo clásico es una herramienta contable desarrollada en base a una descomposición de la totalidad de datos económicos y/o comerciales en diferentes factores identitarios (geográficos, industriales y competitivos) y no se basa en un modelo econométrico (Dogru y Sirakaya-Turk, 2017).

La divergencia de los resultados de los diferentes modelos pone en cuestión la eficacia de la aplicación del modelo clásico de *Shift-Share* a la hora de analizar el comportamiento de una industria. Si bien este modelo, aunque simple, ha sido criticado en diversos campos de estudio, su facilidad de uso lo popularizó tanto que esta técnica de contabilidad sigue en la actualidad siendo usada. Sin embargo, el modelo clásico es una técnica de análisis *ex post* relativamente antigua que mide los finales del proceso de cambio en lugar de las variables que son los agentes del cambio y, por todas estas razones, el modelo econométrico sería más aconsejable (Dogru y Sirakaya-Turk, 2017).

Por último, estos resultados, en especial los resultantes del modelo econométrico, se deberían enmarcar en una batería de indicadores sobre el comercio internacional del vino y el análisis de las exportaciones vinícolas de sus principales actores.

Conclusiones

El SSA es una de las técnicas más utilizadas para el análisis y la elaboración de estrategias, ya sean empresariales, sectoriales o, incluso, de políticas públicas. A pesar la tosquedad y limitaciones de su formulación inicial, sus fortalezas han evitado su desaparición y han empujado a sucesivos refinamientos con el fin de mantener su utilidad para los inves-

tigadores en cualquiera de sus numerosos campos de aplicación, y en particular en el del comercio internacional, donde en la actualidad se vienen utilizando indistintamente los tres modelos de *Shift-Share* para desagregar e interpretar el comportamiento de las exportaciones de un país.

Hasta ahora, la utilización de estas técnicas para el análisis de los mercados internacionales del vino ha sido muy reducida, lo que resulta chocante, debido al elevado interés por comprender el comportamiento de los principales países exportadores en un contexto de elevada competencia, y donde tan importantes son las estrategias competitivas. En cualquiera de sus variantes, el SSA permite establecer qué parte del crecimiento (o decrecimiento) de las exportaciones vinícolas de un país se debe a efectos exógenos de las exportaciones –geográficos, de mercados de destino o del mix de productos– y qué parte a factores netamente endógenos.

En este contexto metodológico, este trabajo de investigación evidencia que el éxito exportador del vino español en volumen en este siglo XXI tiene como principal fuente de crecimiento, para los modelos de desagregación matemática, el puramente competitivo y, para el modelo econométrico, el de adaptación geográfica.

Asimismo, para los principales competidores europeos de los vinos españoles en el mercado internacional –Francia e Italia–, el factor que más contribuye en el crecimiento de las exportaciones en volumen de Francia es, para el modelo clásico, el geográfico; para el de Cuota de Mercado Constante, el Mix entre producto y destino y, para el econométrico, el de adaptación geográfica; mientras que para Italia es el de composición o producto, el de producto y el geográfico, respectivamente.

A su vez, este análisis corrobora el buen desempeño exportador de Nueva Zelanda, país cuya única fuente de crecimiento es, para los tres casos, el competitivo. Este hecho, además de coincidir con los resultados de otros análisis de posición competitiva en valor (Martínez-Carrión y Medina-Albaladejo, 2013; Cervera y Compés, 2017) viene a confirmar que el neozelandés es un sector vitivinícola pequeño pero con vinos de alta calidad y precio, basados en una variedad (Sauvignon Blanc) que ha experimentado un alto crecimiento de sus ventas al exterior basado en una ganancia de competitividad.

Volviendo al caso de España, y teniendo en cuenta tanto otros trabajos de investigación que abordan el problema de la competitividad (Cervera y Compés, 2018) como la evidencia del destino mayormente europeo de las crecientes exportaciones españolas, el resultado del modelo econométrico resulta especialmente consistente. Finalmente, las exportaciones españolas destacan por su diversificación y buena adaptación a la variación de los mercados (Cervera y Compés, 2018), pero también por una posición competitiva media frente a sus principales competidores (Martínez-Carrión y Medina-Albaladejo, 2013; Cervera y Compés, 2017), en especial frente a Francia e Italia.

En cualquier caso, para poder ser interpretados con más precisión, estos resultados deberían ser complementados, primero, con otros análisis que tengan en cuenta las capacidades, las estrategias y los recursos comerciales de las bodegas españolas y, segundo, con análisis centrados únicamente en vinos de calidad, para evitar los sesgos derivados del elevado peso del granel en las exportaciones totales –cuyas ventajas competitivas son además diferentes a las del resto de vinos–, así como teniendo en cuenta el mercado internacional del vino en valor.

Desgraciadamente, este trabajo de investigación también demuestra que los diferentes modelos de análisis *Shift-Share* dan resultados diferentes entre sí e incluso, en algunos casos, contradictorios. Por ejemplo, en el caso de España, es incompatible la mayor contribución

del factor competitivo en los casos de los modelos clásico y del CMSA, con la pérdida de competitividad en el caso del econométrico. Esto significa que el modelo de SSA utilizado afecta de tal manera a los resultados que lo hace poco confiable como método único o principal de análisis. Evidentemente, el resultado del trabajo aconseja utilizar únicamente el modelo SSA econométrico.

La revisión de la literatura demuestra que se han producido grandes avances en materia de técnicas metodológicas, cuya evolución y mejora demuestra el afán de los investigadores por corregir fallos, evitar malinterpretaciones y favorecer la replicabilidad y fiabilidad de los resultados. Sin embargo, en el caso analizado en este trabajo, el del SSA, demuestra que queda un largo camino por recorrer y que el esfuerzo académico por clarificar la utilidad de los modelos debe continuar. Es necesario disponer de un instrumental contrastado para determinar los factores de contribución al aumento (o reducción) de las exportaciones de un país y dirigir, en esa línea, la puesta en marcha de medidas de mejora de la competitividad.

Si bien, atendiendo a las mejoras y a las mayores bondades que tiene la versión econométrica, ésta debería ser el único modelo utilizado en la técnica de análisis *Shift-Share*, en la actualidad se sigue utilizando indistintamente junto a los modelos de descomposición matemática a la hora de conocer el factor de crecimiento que mayor contribuye en el incremento de una variable económica, como es el caso del volumen de las exportaciones de vino. Este hecho comporta que, como se demuestra, existan resultados contradictorios que lleven a conclusiones investigadoras erróneas o no contrastadas y a decisiones de los agentes involucrados en la estrategia empresarial o de un sector, probablemente, no fundadas y poco fiables.

En cualquier caso, estos resultados demuestran la sensibilidad y la importancia de utilizar debidamente las múltiples técnicas existentes –métricas e indicadores de comportamiento, desempeño y competitividad– en el área de análisis de los mercados internacionales, lo que supone, en general, no confiar en un solo criterio. Si bien esta reflexión es de utilidad general, procede aún más para un producto como el vino y para un país como España, con una industria con claro componente exportador, que necesita análisis fiables y análisis rigurosos para elaborar estrategias tanto a nivel micro –empresa– como macro –sector/país–.

Agradecimientos

Los autores quieres mostrar su agradecimiento a los revisores por sus valorables comentarios y valoraciones que han ayudado a perfeccionar la presente investigación.

Referencias bibliográficas

Amador J, Cabral S (2008). The Portuguese Export Performance in Perspective: A Constant Market Share Analysis. Economic Bulletin-Banco de Portugal 14(3): 201-221.

Anderson K (ed.) (2004). The world's wine market: Globalization at work. Ed. Edward Elgar Publishing Limited, London, Reino Unido. 352 pp.

Bartels CPA, Nicol WR, van Duijn JJ (1982). Estimating the impact of regional policy: A review of applied research methods. Regional Science and Urban Economics 12(1): 3-41. https://doi.org/10.1016/0166-0462(82)90013-8

Bentivogli C, Quintiliani F (2004). Tecnologia e dinamica dei vantaggi comparati: un confronto fra quattro regioni italiane. Temi di discussione del Servizio Studi nº 522. Banca d'Italia, Roma, Italia. 45 pp.

Bonanno G (2016). Constant market share analysis: A note. EERI Research Paper Series nº 07/2016, Ecnomics and Econometrisc Research Institute (EERI), Brussels, Bélgica. 13 pp.

Cabral S, Soares P (2006). Portuguese export market shares: An analysis by selected geographical and product markets. Economic Bulletin-Banco de Portugal 12(2): 57-74.

Castillo JS, García-Cortijo MC (2013). Analysis of international competitive positioning of quality wine from Spain. Ciencia e Investigación Agraria 40(3): 491-501.

Cervera FJ, Compés R (2017). International competitiveness of the wine industry: Consistency of its indicators. BIO Web of Conferences 9: 03001. http://doi.org/10.1051/bioconf/20170903001

Cervera FJ, Compés R (2018). The performance of Spanish wine exports in international markets. Economía Agraria y Recursos Naturales – Agricultural and Resource Economics 18(1): p. 23-48. https://doi.org/10.7201/earn.2018.01.02

Cheptea A, Gaulier G, Zignago S (2005). World trade competitiveness: A disaggregated view by Shift-Share Analysis. CEPII Working Paper nº 2005-23, CEPII, Paris, Francia, 51 pp.

Cheptea A, Fontagné L, Zignago S (2014). European export performance. Review of World Economics 150(1): 25-58. https://doi.org/10.1007/s10290-013-0176-z

Chiang S (2012). Shift-Share Analysis and international trade. The Annals of Regional Science 49(3): 571-588. https://doi.org/10.1007/s00168-011-0465-1

Creamer D (1942). Shift of manufacturing industries. En: Industrial location and national resources (Chairman Delano FA), pp. 85-104. National Resources Planning Broad, Washington DC, EEUU.

Dogru T, Sirakaya-Turk E (2017). Engines of tourism's growth: An examination of efficacy of shift-share regression analysis in South Carolina. Tourism Management 58: 205-214. https://doi.org/10.1016/j.tourman.2016.10.021

ECB (2005). Competitiveness and the export performance of the Euro Area. European Central Bank Occasional Paper Series nº 30, European Central Bank, Frankurt, Alemania. 100 pp.

Ecel A, Nakintu M, Nakabuye Z, Akisimire R, Abigaba M (2014). Uganda's comparative agricultural export performance: A Shift-Share Analysis approach. European Journal of Business and Management 6(4): 262-269.

Fernández E (2012). Especialización en baja calidad: España y el mercado internacional del vino, 1950-1990. Historia agraria: Revista de agricultura e historia rural 56: 41-76.

Fleming E, Mounter S, Grant B, Griffith G, Villano R (2014). The New World Challenge: Performance trends in wine production in major wine-exporting countries in the 2000s and their implications for the Australian wine industry. Wine Economics and Policy 3(2): 115-126. https://doi.org/10.1016/j.wep.2014.12.002

Gazel RC, Schwer RK (1998). Growth of international exports among the states: Can a modified Shift-Share Analysis explain it? International Regional Science Review 21(2): 185-204. https://doi.org/10.1177/016001769802100205

González-Pandiella A (2015). A Constant Market Share Analysis of Spanish goods exports. OECD Economics Department Working Papers nº 1186, OECD Publishing, Paris, Francia. 26 pp. https://doi.org/10.1787/5js69lb4b5mt-en

Jayet H (1993). Analyse spatiale quantitative: Une introduction. Economica, Paris, Francia. 202 pp.

Kowalewski J (2011). Specialization and employment development in Germany: An analysis at the regional level. Papers in Regional Science 90(4): 789-811. https://doi.org/10.1111/j.1435-5957.2011.00355.x

Lakkakula P, Dixon BL, Thomsen MR, Wailes EJ, Danforth DM (2015). Global rice trade competitiveness: A Shift Share Analysis. Agricultural Economics 46(5): 667-676. https://doi.org/10.1111/agec.12162

Loveridge S, Selting AC (1998). A review and comparison of Shift-Share identities. International Regional Science Review 21(1): 37-58. https://doi.org/10.1177/016001769802100102

Martínez-Carrión JM, Medina-Albaladejo FJ (2013). La competitividad internacional de la industria vinícola española durante la globalización del vino. Revista de Historia Industrial 52: 139-174.

Menghini S (2015). The new market challenges and the strategies of the wine companies. Wine Economics and Policy 4(2): 75-77. https://doi.org/10.1016/j.wep.2015.11.003

Nyssens A, Poullet G (1990). Parts de marché des producteurs de l'UEBL sur les marchés extérieurs et intérieur. Banque Nationale de Belgique Cahier 7, Banque Nationale de Belgique, Bruxelles, Bélgica.

Patterson MG (1991). A note on the formulation of full-analogue regression model of the Shift-Share method. Journal of Regional Science 31(2): 211-216. https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.1991.tb00143.x

Piezas-Jerbi N, Nee C (2009). Market Shares in the Pots-Uruguay Round era: A closer look using Shift-Share Analysis. Staff Working Paper Economic Research and Statistics Division. World Trade Organitation, Geneva, Suiza. 85 pp. http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1526946

Pinilla V, Serrano R (2008). The Agricultural and Food Trade in the First Globalization: Spanish Table Wine Exports 1871 to 1935 – A Case Study. Journal of Wine Economics 3(2): 132-148. http://doi.org/10.1017/S1931436100001176.

Pomarici E (2016). Recent trends in the international wine market and arising research questions. Wine Economics and Policy 5(1): 1-3. https://doi.org/10.1016/j.wep.2016.06.001

Thorpe M (2009). The globalisation of the wine industry: New world, old world and China. China Agricultural Economic Review 1(3): 301-313. https://doi.org/10.1108/17561370910958873

Tyszynski H (1951). World trade in manufactured commodities, 1899 1950. The Manchester School 19(3): 272-304. https://doi.org/10.1111/j.1467-9957.1951.tb00012.x

(Aceptado para publicación el 26 de septiembre de 2019)



itea
Información Técnica Económica Agraria

CONCESIÓN DEL PREMIO PRENSA AGRARIA 2019 DE AIDA

Presidenta
Clara Mª Marín Alcalá

Secretaria
Albina Sanz Pascua

Dª. Albina Sanz Pascua, Directora de la revista ITEA, en calidad de Secretaria del Jurado para la concesión del Premio Prensa Agraria 2019 de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA).

Notifica que reunido el Jurado para la concesión del Premio Prensa Agraria 2019 el día 15 de enero de 2020, en las instalaciones del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), del que forman parte la Presidenta de AIDA que preside el Jurado, la Directora de la revista ITEA, la Directora Gerente del CITA del Gobierno de Aragón, el Director del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza, el Director de la Estación Experimental de Aula Dei y la Directora del Instituto Pirenaico de Ecología, han decidido por unanimidad que el Premio Prensa Agraria 2019 ha recaído en **L. Alfonso, O. Urrutia y J.A. Mendizabal** por su artículo publicado en la revista ITEA titulado **"Conversión de las explotaciones de vacuno de leche a la producción de leche A2 ante una posible demanda del mercado: posibilidades e implicaciones".**

Zaragoza 15 de enero de 2020

LA PRESIDENTA DE AIDA
Clara Mª Marín Alcalá

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

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

Los premios se regirán de acuerdo a las siguientes

BASES

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

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

INSCRIPCIÓN EN AIDA

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

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

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

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

En _____ , a ___ de _____ de 20__

Firma:

FORMA DE PAGO (COUTA ANUAL: 50 EUROS)

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

DOMICILIACION BANCARIA

Sr. Director del Banco/Caja

Muy Sr. mío,

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

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

Atentamente,

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

PROTECCIÓN DE DATOS

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

AUTORIZACIONES

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

* Debe responder a estar cuestiones obligatoriamente.

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

SE INFORMA

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

Nombre y apellidos del Socio:

DNI:

Representante legal (si lo hubiere):

DNI:

En _____ , a ___ de _____de 20___

FIRMA DEL SOCIO:

NORMAS PARA LOS AUTORES (actualizado marzo de 2020)

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

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

1. Envío de manuscritos y evaluación

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

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

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

2. Tipos de manuscritos

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

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

Los artículos de investigación de la sección de Producción Vegetal deben contener suficientes resultados para que las conclusiones sean robustas. Para ello, como norma general, será necesario repetir el mismo ensayo dos veces en momentos o campañas diferentes. Se considerará aceptable realizar el mismo ensayo sobre dos variedades o en dos situaciones o localidades diferentes. En los ensayos de eficacia sobre malas hierbas, insectos, hongos u otros organismos, una posibilidad es obtener la dosis adecuada para el control del organismo en estudio en un ensayo de dosis-respuesta y que esta dosis sea probada de nuevo en otro ensayo, es decir, sin volver a repetir toda la batería de dosis ensayadas previamente. Los ensayos constarán de suficientes repeticiones (mínimo tres). Las condiciones ambientales deberán escribirse de manera que permitan llevar a cabo la repetición del ensayo. La mayoría de ensayos necesitarán un análisis estadístico que refuerce los resultados. En ese caso conviene que se indiquen los resultados de dicho análisis, o al menos la tabla de resultados del anova o del análisis estadístico que se realiza.

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

– **Las revisiones bibliográficas** serán una evaluación crítica de una temática que exponga los resultados de otros trabajos, el estado actual de los conocimientos en esa temática y tratará de identificar nuevas conclusiones y áreas de investigación futuras. La extensión máxima será de 35 páginas. Los apartados de los que constarán son: Introducción, seguida de los apartados que consideren oportunos los autores, Conclusiones y Bibliografía; tablas y figuras si los autores lo consideran oportuno. En caso de copia literal de una tabla o figura de otro artículo, es responsabilidad del autor del manuscrito tener el permiso expreso del autor de la tabla o figura.

3. Preparación del manuscrito

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

Todos los manuscritos incluirán, en la primera página:

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

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

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

En el caso de un artículo con varios autores, el autor para correspondencia garantizará que el resto de autores están de acuerdo con el contenido del artículo y el orden de autoría. En caso de que haya habido cambios en la autoría durante la evaluación del manuscrito, el autor para correspondencia garantizará que todos los autores implicados en alguna fase del proceso de evaluación están de acuerdo con la autoría final. Una vez que un manuscrito está aceptado no se podrán modificar los autores.

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

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

Ejemplo:

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

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

*autor para correspondencia: gpardos@aragon.es

El manuscrito incluirá a continuación:

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

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

En inglés: Título del artículo, Resumen, Palabras clave

4. Apartados del manuscrito

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

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

  *un autor (Padilla, 1974)

  *dos autores (Vallace y Raleigh, 1967)

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

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

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

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

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

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

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

Artículo

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

Capítulo de libro

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

Libro

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

Acta de congreso

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

Fuente electrónica

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

Documento oficial

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

Leyes / Reglamentos

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

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

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

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

Ejemplo de tabla:

Tabla 3. Tarjetas de productos hipotéticos expuestos a los encuestados

Table 3. Hypothetical products cards shown to those surveyed

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

Fuente: Diaz *et al.* (2013)

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

5. Normas de estilo

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

Volumen 116
Número 1
Marzo 2020

itea

información técnica económica agraria

www.aida-itea.org

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO

