itea

información técnica económica agraria

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO



Volumen 110

Número 1

Marzo 2014

www.aida-itea.org

itea

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

2014 - AÑO XLIX Vol. 110 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: cmmarin@aragon.es	Depósito legal: Z-577-82 ISSN: 1699-6887 INO Reproducciones, S.A. Pol. Malpica, calle E, 32-39 (INBISA II, nave 35) 50016 Zaragoza

DIRECTOR: Clara Mª Marín, CITA de Aragón. España
SUBDIRECTOR: Pilar Andreu, EEAD Zaragoza. España
EDITORES CIENTÍFICOS: Azucena Gracia, CITA de Aragón. España
Ramón Isla, CITA de Aragón. España
Albina Sanz, CITA de Aragón. España
EDITOR TÉCNICO: Mireia Blanco, CITA de Aragón. España

COMITÉ DE REDACCIÓN: Alfonso Abecia, Universidad de Zaragoza. España
Pere Albertí, CITA de Aragón. España
Javier Álvarez, Universitat de Lleida. España
Jorge Álvaro, EEAD Zaragoza. España
Carlos Calvete, CITA de Aragón. España)
Fernando Escriu, CITA de Aragon. España
Cristina Mallor, CITA de Aragón. España
Juan A. Marín, EEAD Zaragoza. España
Javier Rodrigo, CITA de Aragón. España

COMITÉ ASESOR: Ricardo Aké, Universidad Autónoma de Yucatán, México • Joaquim Balcells, Universidad de Lleida, España • Carlos Cantero, Universidad de Lleida, España Mª Elena Daorden, INTA, Argentina • Mª José Díez, Universidad Politécnica de Valencia, España • Miguel Gómez, Cornell University EEUU • Margarita López, Centro de Investigación Agraria "Finca La Orden-Valdesequera", España • Ana Meikle, Universidad de la República, Uruguay • Mª Teresa Muiño, Universidad de Zaragoza, España • Julio Olivera, Universidad de la República, Uruguay • César Revoredo-Giha, SAC, Reino Unido • Ricardo Revilla, DGA, 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

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

Suscripciones y Distribución: Información Técnica Económica Agraria publica anualmente cuatro números por volumen. El precio de la suscripción para 2014 será de 42 €. Se acepta el intercambio con otras revistas. E-mail: jmoreno@aragon.es



Foto y texto de portada: J.M. García Ruíz

El secano de Monegros (Valle Medio del Ebro, España)
Por encima del nivel del Canal de Monegros el regadío no es, de momento, posible. Eso hace que el territorio mantenga todos los rasgos del pasado, con una complejidad creciente cuando aumenta la pendiente hacia la Sierra de Alcubierre. La foto muestra la diversidad paisajística entre Pallaruelo de Monegros y Castejón de Monegros, con bancales cultivados con cereales en un secano poco productivo y muy irregular debido tanto a la escasez como a la variabilidad interanual de las precipitaciones. Entre bancales quedan sabinas, un árbol resistente a la sequía y sobre todo a las bajas temperaturas invernales. Por eso suelen aparecer en vaguadas y fondos de valle donde son más frecuentes las heladas por inversión térmica, mientras las laderas tienden a ser ocupadas más por encinas y pinos mediterráneos. Es probablemente un paisaje poco productivo desde un punto de vista económico, pero contribuye a aumentar la biodiversidad en el valle del Ebro, donde la influencia humana (sobre todo desde la Edad del Bronce) ha transformado profundamente la vegetación y algunos rasgos de la topografía original.

Sumario

Producción Vegetal

Efecto de la fertilización orgánica sobre el rendimiento y contenido nutricional de tomate saladette en invernadero.
Effect of organic fertilization on yield and nutrient content of saladette tomato in greenhouse.
C. Márquez-Quiroz, P. Cano-Ríos, A. Moreno-Reséndez, U. Figueroa-Viramontes, E. Sánchez-Chávez, E. De la Cruz-Lázaro y V. Robledo-Torres 3

Biomasa y captura de nitrógeno de cultivares de *Mucuna pruriens* (L.) DC. y su descomposición en el suelo.
Biomass and capture of nitrogen of cultivars of Mucuna pruriens *(L.) DC. and its decomposition in soil*.
M. Villarreal-Romero, S. Parra-Terraza, S. Hernández-Verdugo, T. Osuna-Enciso, P. Sánchez-Peña, A. Angulo-Castro y R. Pinto-Ruiz 18

Últimos avances en la aplicación del 1-metilciclopropeno (1-MCP) en peras.
Recent advances in the application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) in pears.
M.A. Chiriboga, W.C. Schotsmans, C. Larrigaudière e I. Recasens 34

Producción Animal

Biomarcadores asociados con scrapie y otras encefalopatías espongiformes transmisibles.
Biomarkers associated with scrapie and other transmissible spongiform encephalopathies.
H. Filali, I. Martín-Burriel, J.J. Badiola y R. Bolea 49

Diagnóstico de situación y perspectivas de futuro de la ganadería en el entorno de una estación de esquí del Pirineo.
Current situation and future prospects of livestock farming around a Pyrenean ski resort.
I. Casasús, J.A. Rodríguez-Sánchez y A. Sanz 71

Economía Agraria

Percepciones de los consumidores españoles hacia las frutas de Ecuador: un estudio preliminar cualitativo con técnicas proyectivas.
Spanish consumer perceptions towards fruits from Ecuador: a preliminary qualitative approach with projective techniques.
S.I. Vaca y F.J. Mesías 89

Valoración contingente de hortalizas frescas obtenidas bajo manejo integrado de plagas: El caso de la papa (patata) en Argentina.
Contingent valuation of fresh produce obtained through integrated pest management: The case of the potato in Argentina.
María Victoria Lacaze 102

Efecto de la fertilización orgánica sobre el rendimiento y contenido nutricional de tomate saladette en invernadero

C. Márquez-Quiroz[*,1], P. Cano-Ríos[**], A. Moreno-Reséndez[**], U. Figueroa-Viramontes[***], E. Sánchez-Chávez[****], E. De la Cruz-Lázaro[*] y V. Robledo-Torres[*****]

* División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México
** Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL). México
*** Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México
**** Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C. México
***** Departamento de Horticultura UAAAN. México

Resumen

El experimento se estableció durante 2011 para evaluar los efectos de la fertilización orgánica sobre el rendimiento y contenido nutricional de dos genotipos de tomate saladette desarrollados en cinco sustratos: S1 = arena + solución nutritiva inorgánica; S2 = arena + té de vermicompost; S3 = mezcla de arena: compost (relación 1:1; v/v) + té de vermicompost; S4 = mezcla de arena: vermicompost (relación 1:1; v/v) + té de vermicompost y S5 = mezcla de arena: compost: vermicompost (relación 2:1:1; v/v) + té de vermicompost. Las cuatro mejores combinaciones fueron El Cid x S2, El Cid x S4, Cuauhtémoc x S2 y Cuauhtémoc x S5, que alcanzaron un rendimiento medio de 172,4 Mg ha^{-1}, destacando el rendimiento obtenido en la combinación El Cid x S2, que tuvo 184,7 Mg ha^{-1} de fruto. En la combinación El Cid x S2 y Cuauhtémoc x S2 se obtuvieron frutos de tamaño mediano, en tanto que la combinación El Cid x S3 y Cuauhtémoc x S3 se obtuvieron frutos con concentraciones mayores a 4,6 °Bx. El contenido de Zn se incrementó en los frutos cosechados bajo los sustratos orgánicos, en tanto que el contenido de Mn se redujo en los mismos. El genotipo Cuauhtémoc desarrollado bajo S2 registró los valores más altos en el contenido de N, P y Zn. Los tratamientos propuestos a base de sustratos orgánicos sin soluciones inorgánicas son una alternativa viable, debido a que la calidad de fruta se mantiene y el sobreprecio de los productos orgánicos mejora la relación costo-beneficio de la producción.

Palabras clave: *Eisenia fétida*, vermicompost, compost, producción orgánica, condiciones protegidas.

Abstract
Effect of organic fertilization on yield and nutrient content of saladette tomato in greenhouse

The experiment was conducted during 2011 to investigate the effects of organic fertilization on yield and nutrient content of two saladette tomato genotypes grown in five media: S1 = sand + inorganic nutrient solution; S2 = sand + vermicompost tea; S3 = mixture of sand: compost (ratio 1:1; v/v) + vermicompost tea; S4 = mixture of sand: vermicompost (ratio 1:1; v/v) + vermicompost tea and S5 = mixture of sand: compost: vermicompost (ratio 2:1:1; v/v) + vermicompost tea. The best four combinations were El Cid x

1. Autor para correspondencia: cesar_quiroz23@hotmail.com
http://dx.doi.org/10.12706/itea.2014.001

S2, El Cid x S4, Cuauhtémoc x S2 and Cuauhtémoc x S5, which reached an average yield of 172.4 Mg ha^{-1}, the combination El Cid x S2 had the highest yield, wich was 184.7 Mg ha^{-1}of fruit. In the El Cid x S2 and Cuauhtémoc x S2 combination were obtained medium sized fruit, while the El Cid x S3 and Cuauhtémoc x S3 combination were obtained fruits with concentrations greater than 4.6 °Bx. The Zn content was increased in the fruit harvested under organic substrates, while the Mn content was reduced in them. The genotype Cuauhtémoc grown in S2 recorded the higher values in N, P and Zn contents. The proposed treatments based on organic substrates without inorganic solution are viable alternative, because the fruit quality is maintained and the organic products improve the production cost-benefits.

Key words: *Eisenia fetida*, vermicompost, compost, organic production, protected conditions.

Introducción

El papel, los residuos de cocina, el pasto, el estiércol, los residuos de los cultivos, los abonos verdes, los biosólidos de las agroindustrias, las aguas residuales y los residuos de alimentos procesados, una vez que son adecuadamente tratados a través del proceso de composteo y/o vermicomposteo (Lim *et al*., 2012; Negi y Suthar, 2013; Valdez-Pérez *et al*., 2011; Warman y AngLopez, 2011), son algunas de las fuentes potenciales de elementos nutritivos de los sistemas de producción orgánica (Ramesh *et al*., 2005). De acuerdo con INFOAM (2005) y Ramesh *et al*. (2005) la producción orgánica es una alternativa para consumidores que prefieren alimentos libres de plaguicidas y de fertilizantes sintéticos, es decir libres de riesgo, y con un alto valor nutricional.

Hoy en día es ampliamente reconocido que el compost (C) y el vermicompost (VC) constituyen una fuente de elementos nutritivos de lenta liberación, los cuales además se encuentran en formas fácilmente disponibles para las plantas, a medida que las especies vegetales los van demandando (Atiyeh *et al*., 2001). De hecho existen evidencias de que la incorporación de C y VC a los suelos y sustratos de crecimiento favorece el desarrollo y la productividad de diversos cultivos hortícolas, tales como tomate [*Solanum lycopersicum* L.] (Gutiérrez-Miceli *et al*., 2007), lechuga [*Lactuca sativa* L.] (Steffen *et al*., 2010), pimiento [*Capsicum annuum* L.] (Arancon *et al*., 2004a), ajo [*Allium sativum* L.] (Argüello *et al*., 2006), fresa [*Fragaria vesca* L.] (Arancon *et al*., 2004b), entre otras especies de interés comercial.

Por otro lado, al mezclar el C y el VC con medios inertes como la arena se mejoran sus características físicas y químicas evitando la hipoxia. Estos materiales representan una alternativa ecológica para satisfacer la demanda nutrimental de los cultivos y sustituir el uso de fertilizantes inorgánicos, especialmente en cultivos orgánicos (Rippy *et al*., 2004). Se ha comprobado que el uso de ambos productos pueden satisfacer los requerimientos nutrimentales del cultivo de tomate en invernadero durante los primeros dos meses posteriores al trasplante (Raviv *et al*., 2004; Márquez-Hernández *et al*., 2006). No obstante, después de este tiempo el cultivo manifiesta deficiencias nutrimentales, principalmente de nitrógeno (Rodríguez-Dimas *et al*., 2007); lo anterior se debe a la baja tasa de mineralización del nitrógeno tanto en el C, como en el VC (Eghball, 2000; Márquez *et al*., 2008). Debido a lo anterior se ha sugerido que, en los sistemas de producción bajo condiciones protegidas, el estrés nutrimental de los cultivos puede evitarse adicionando té de vermicompost (TVC).

El TVC, solución resultante del VC en agua procedente de la red potable, ha llamado la atención de productores e investigadores en años recientes debido a que contiene niveles

altos de microorganismos benéficos y elementos minerales (Edwards *et al.*, 2010). La razón más importante para aplicar el TVC es para suministrar biomasa microbiana, partículas finas de materia orgánica y componentes químicos de VC solubles en agua que son aplicados a la capa superficial del suelo y que no podrían ser posible mediante el uso de VC sólido. Sin embargo, a la fecha existen pocas referencias acerca del efecto del TVC en el crecimiento y rendimiento de cultivos hortícolas.

Con base en lo anterior, el objetivo específico del estudio consistió en evaluar los efectos de la fertilización orgánica en el rendimiento y contenido nutricional de dos genotipos de tomate saladette desarrollados en cinco sustratos bajo condiciones protegidas.

Materiales y métodos

Descripción del área de estudio

El experimento se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL), Torreón, Coahuila, México; ubicada en las coordenadas 25° 05´ LN y 101° 40´ LO, a una altitud de 1139 m. El estudio se realizó bajo invernadero durante el ciclo de producción en 2011, los ciclos agrícolas fueron en primavera-verano (primera fecha de siembra) y otoño-invierno (segunda fecha de siembra). El invernadero es de forma semicircular, con cubierta de acrílico reforzado y protegido con malla sombra durante las estaciones del año más calurosos, piso de grava y sistema de enfriamiento automático mediante pared húmeda y extractores. Tiene ventanas laterales de 1,20 m de alto, cubiertas con acrílico enrollable y protegida con malla antiáfido (Malla Plas®).

Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó un diseño de tratamientos completamente al azar con arreglo factorial 2 x 5 con 12 repeticiones, en donde el primer factor fue el genotipo de tomate saladette: Cuauhtémoc y El Cid, mientras que el segundo factor fueron los sustratos de crecimiento: S1 = arena + solución nutritiva inorgánica (testigo), S2 = arena + TVC al 2,5% de concentración, S3 = mezcla de arena: C (1:1, v:v) + TVC al 2,5% de concentración, S4 = mezcla de arena: VC (relación 1:1 v:v) + TVC al 2,5% de concentración y S5 = mezcla de arena: C: VC (relación 2:1:1 v:v) + TVC al 2,5% de concentración.

Establecimiento del cultivo

Como material vegetativo se utilizaron los genotipos de tomate Cuauhtémoc y El Cid, de la compañía Harris Moran®, tipo saladette, de crecimiento indeterminado y vida útil media de cuatro a cinco semanas. Para la obtención de las plántulas, de ambos genotipos, se realizaron almácigos en dos fechas, la primera el 06/03 y la segunda el 02/11 de 2011, en charolas germinadoras de 200 cavidades rellenas con Peat Moss (Premier®) como medio de crecimiento. El trasplante, de ambos genotipos, se realizó el 09/04 y 07/11 de 2011. En ambas fechas de siembra, la densidad fue de cuatro plantas por m^2, con una planta por bolsa. Como maceta se utilizaron bolsas de polietileno negro con capacidad de 18 litros, las cuales se llenaron con 12 kg de cada sustrato. Se utilizó arena de río como medio inerte, que fue lavada y esterilizada con una solución al 5% de hipoclorito de sodio. La arena se dejó secar al ambiente por tres días. A cada sustrato, se le aplicó el lavado para lixiviar el exceso de sales de acuerdo con la metodología propuesta por Cano *et al*. (2011).

Aporte hídrico

El suministro de agua de riego se adaptó según las etapas de desarrollo del cultivo, a los diez días después del trasplante (ddt) se apli-

caron en promedio 0,5 L de agua por maceta día^{-1}, aumentando a 0,8 L día^{-1} a los 30 ddt y llegando a 1,9 L día^{-1} después de los 71 ddt. El agua procedente de la red potable se clasificó como agua de baja salinidad y bajo contenido de sodio (Tabla 1) (Ayers y Westcot, 1994). La solución nutritiva empleada para cubrir la demanda nutricional del cultivo en el testigo (S1) fue la recomendada por Castellanos y Ojodeagua (2009) (Tabla 2). Por otra parte, la demanda nutricional del cultivo para S2, S3, S4 y S5 se complementó con la aplicación constante del TVC al 2,5% de concentración, el aporte de elementos minerales se presenta en la tabla 3.

Para preparar el TVC al 10% de concentración se aplicó el método recomendado por Edwards *et al.* (2010), que a continuación se describe: en un contenedor de 60 L de capacidad se oxigenaron 45 L de agua con una

Tabla 1. Análisis químico del agua de riego utilizada en el experimento
Table 1. Chemical analysis of irrigation water used in the experiment

RAS[(1)]	CE[(2)] (dS m^{-1})	pH	NO_3^-	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+ (mg L^{-1})	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{-2}
22,2	1,1	7,8	ND [(3)]	8,0	70,0	6,0	62,1	189,0	82,0	125,0

[(1)]RAS = relación de absorción de sodio. [(2)]CE = conductividad eléctrica. [(3)]ND = no detectado.

Tabla 2. Solución nutritiva inorgánica para cuatro etapas de desarrollo de tomate
Table 2. Nutrient inorganic solution for four developmental stages of tomato

Ion	Etapa 1 1er Cuaje	Etapa 2 1er - 3er Cuaje	Etapa 3 3° - 5° Cuaje	Etapa 4 > 5° Cuaje
	mg L^{-1}			
NO_3^-	372,0	496,0	620,0	744,0
NH_4^+	10,0	10,0	10,0	10,0
$H_2PO_4^-$	145,5	145,5	145,5	145,5
K^+	137,0	215,0	273,0	332,0
Ca^{2+}	80,0	80,0	80,0	90,0
Mg^{2+}	12,0	18,0	24,0	24,0
SO_4^{2-}	144,0	144,0	144,0	192,0
HCO_3^-	189,0	189,0	189,0	189,0
Na^+	62,1	62,1	62,1	62,1
Cl^-	82,0	82,0	82,0	82,0
CE[(1)] (dS m^{-1})	1,4	1,8	2,2	2,4

[(1)]CE = conductividad eléctrica.

Tabla 3. Elementos minerales aportados en cada sustrato y en la solución nutritiva orgánica durante el ciclo de producción
Table 3. Nutrients provided in each substrate and in the organic nutrient solution during the crop production cycle

	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn	Mn	MO(1)	Da(2)
Sustrato	(g maceta^{-1})						(mg maceta^{-1})			(%)	(g cm^{-3})
S3	151,8	75,0	211,7	551,9	59,2	35,9	37296,0	1638,0	1008,0	29,2	1,2
S4	80,0	9,4	55,4	436,0	37,8	6,3	44667,0	2079,0	1322,0	10,5	1,2
S5	115,9	42,2	133,6	493,9	48,5	21,1	40981,5	1858,5	1165,5	19,9	1,2

	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn	Mn	Cantidad de TVC aplicado
TVC (3) / FS	(g ciclo^{-1})						(mg ciclo^{-1})			(L ciclo^{-1})
PFS	293,3	173,1	250,9	1141,3	265,0	70,7	84,8	17,7	55,8	106,0
SFS	213,8	126,2	182,9	831,8	193,2	51,5	61,8	12,9	40,7	77,3

(1)MO = materia orgánica. (2)Da = densidad aparente. (3)TVC = té de vermicompost; FS = fecha de siembra; PFS = primera fecha de siembra; SFS = segunda fecha de siembra.

bomba de aire (Biopro: BP9891. Tiray Technology Co Ltd®) 2 h antes de introducir una bolsa tipo red con 4,5 kg de VC, la bolsa tipo red con VC se introdujo previamente en un recipiente con 20 L de agua durante 5 min para lavar el exceso de sales. Se añadió 40 g de piloncillo o panela, producto elaborado a partir de jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), sin refinar (Solís-Pacheco *et al*., 2006), como fuente de energía para promover el crecimiento y desarrollo de los microorganismos. La oxigenación se realizó de manera continua hasta la conclusión del proceso (24 h), para preservar la calidad del TVC se mantuvó aireado durante las 24 h. Por otra parte, para aplicar el TVC al 2,5% de concentración en S2, S3, S4 y S5, el TVC al 10% de concentración se diluyó a una proporción de 1:3 utilizando 1 L de TVC por cada 3 L de agua de la red potable. El pH del TVC fue ajustado a un valor de 5,5 con ácido cítrico ($C_6H_8O_7$*H_2O) grado alimenticio, aplicado a una concentración 5 mM (1,2 g L^{-1}) (Capulín-Grande *et al*., 2007).

Abonos empleados

El vermicompost se elaboró a base de estiércol y se adquirió en el Módulo de Abonos Orgánicos y Lombricultura de la UAAAN-UL. En este módulo se utilizaron estiércoles de caballo y de cabra con paja de alfalfa (*Medicago sativa* L.), mezclados en una relación 1:1, en volumen, y lombrices *Eisenia fetida* (Atiyeh *et al*., 2000a) durante un periodo de 90 días (Bansal y Kapoor, 2000). El compost fue comercial (MaxCompost®), el aporte de elementos minerales se presenta en la tabla 3.

Practicas agronómicas

Durante el ciclo de cultivo, que duró 144 (primera fecha de siembra) y 132 (segunda fecha de siembra) ddt respectivamente; la temperatura mínima y máxima dentro del invernadero fluctuó entre 17,4 y 36,9 °C, mientras que la humedad relativa mínima y máxima osciló entre 20 y 79%.

El sistema de cultivo, para ambos genotipos, fue a un tallo, con podas semanales. El manejo fitosanitario se realizó con aplicaciones de Biodie® (tricarboxilos vegetales) y Protek® (derivados de ácidos de la extracción de aceites vegetales), insumos aprobados por las normas para productos orgánicos (IFOAM, 2003). Desde el inicio de la floración y hasta el amarre del octavo racimo, para la primera fecha de siembra, y el quinto racimo, para la segunda fecha de siembra, diariamente se polinizó manualmente las flores, entre las 11:00 y 13:00 h.

Las variables evaluadas fueron: número de frutos por planta, peso promedio de fruto, tamaño de fruto (diámetro polar y ecuatorial), espesor de pericarpio, índice refractométrico, rendimiento, el contenido mineral y el contenido de nitratos en frutos.

Parámetros hortícolas

La cosecha de frutos se realizó del primero al octavo racimo y del primero al quinto racimo para la primera y segunda fecha de siembra respectivamente. En cada cosecha se cuantificó el número de frutos por planta, mientras que el tamaño y el peso promedio se determinó tomando una muestra de 10 frutos por planta. El rendimiento se determinó con el peso del número total de frutos obtenidos en la cosecha, utilizando una báscula Ohaus modelo 3729 con capacidad máxima de 3000 gramos y resolución de 0,1 gramos. Parte de los frutos cosechados se maceraron en fresco a los cuales se les determinó el índice refractométrico en grados brix (°Bx) con un refractómetro manual de 0 a 32% (Atago® modelo ATC1E).

Propiedades químicas del fruto

El contenido de nitrógeno (N) se determinó con el método de Kjeldahl (AOAC, 1980). El Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Sodio (Na), Potasio (K), Zinc (Zn) y Manganeso (Mn) se realizó por el método de la mezcla tri-ácida y espectrofotometría de absorción atómica (Jones *et al*., 1991; AOAC, 1980), mientras que la determinación de Fósforo (P) se realizó con el método de metavanadato molibdato de amonio y colorimetría (Alcántar y Sandoval, 1999). En tanto que la determinación del contenido de nitratos en fruto se llevó a cabo con la metodología propuesta por Keeney y Nelson (1982).

Análisis estadístico

Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza. Las diferencias entre las medias de los tratamientos fueron comparadas utilizando la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 0,05% (SAS, 2004). Los niveles de significancia están representados por * a $p<0,05$, ** a $p<0,01$, *** a $p<0,001$ y NS como no significativo.

Resultados y discusión

Número de frutos por planta

La tabla 4 muestra la comparación de medias para fecha de siembra, genotipos y sustratos. El número de frutos por planta en la primera fecha de siembra fue 55,8% superior a la segunda fecha de siembra; y respecto a los sustratos utilizados el S1 fue 21,7% superior en el número de frutos al promedio obtenido en los sustratos orgánicos. En tanto que el genotipo Cuauhtémoc desarrollado en el sustrato S1 presentó el mayor número de frutos por planta en el ciclo de producción 2011 (Tabla 5). Con relación al número de frutos obtenidos en el genotipo Cuauhtémoc, se observó un decremento del 25,8; 19,3; 27,4 y 16,1% bajo S2, S3, S4 y S5, respectivamente, en comparación con el número de frutos obtenidos en el S1 del mismo genotipo. En relación con el genotipo El Cid, se observó un

Tabla 4. Comparación de medias para fecha de siembra, genotipo y sustrato de tomate saladette bajo condiciones de invernadero
Table 4. Comparison of means for sowing date, genotype and substrate in the saladette tomato crop under greenhouse conditions

Factor de estudio/ Significancia	NF[1]	PF	DP	DE	EP	IR	R
		(g)		(cm)		(°Bx)	(Mg ha^{-1})
Fecha de siembra	*** [2]	***	***	NS	***	***	***
Primera fecha	34,0 a [3]	79,8 b	5,9 b	5,0 a	0,77 a	4,6 a	112,7 a
Segunda fecha	15,0 b	89,1 a	6,3 a	5,0 a	0,70 b	4,2 b	54,1 b
Genotipos (G)	NS	NS	NS	**	NS	NS	NS
Cuauhtémoc	24,0 a	83,6 a	6,2 a	4,9 b	0,72 a	4,3 a	79,9 a
El Cid	23,6 a	86,5 a	6,0 a	5,0 a	0,74 a	4,4 a	79,2 a
Sustrato (S)	**	***	NS	***	NS	***	***
S1	29,0 a	94,5 a	6,3 a	5,3 a	0,76 a	4,0 c	106,0 a
S2	23,0 b	96,1 a	6,1 ab	5,1 b	0,72 ab	4,1 c	86,6 b
S3	23,0 b	74,5 c	5,9 ab	4,8 d	0,73 ab	4,6 a	67,9 c
S4	22,0 b	83,5 b	6,2 a	4,9 c	0,73 ab	4,5 ab	70,4 c
S5	23,0 b	80,5 b	5,9 b	4,9 c	0,71 b	4,4 b	73,4 c

[1]NF = número de frutos; PF = peso del fruto; DP = diámetro polar; DE = diámetro ecuatorial; EP = espesor de pulpa; IR = índice refactométrico; R = rendimiento. [2]* = p< 0,05; ** = p<0,01; *** = p<0,001; NS = no significativo. [3]Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales con la prueba DMS p≤0,05.

decremento del 2,0 y 10,2% bajo S2 y S3, respectivamente, con excepción del S4 y S5 donde se incrementó en 8,1 y 2,0% el número de frutos en comparación con el número de frutos obtenidos en el S1 del mismo genotipo. A menudo se observa una reducción de 11,11 a 76,36% en el número de frutos cuando se utilizan mezclas de arena con sustratos orgánicos (Moreno-Reséndez *et al.,* 2005; Reséndez *et al.,* 2012). Resultados similares han sido reportados por Rodríguez *et al.* (2008) quienes obtuvieron un decremento de 22,91 y 31,25% en el número de frutos de dos híbridos de tomate bola al usar mezclas de arena: VC.

Peso promedio, tamaño de fruto y espesor de pericarpio

El peso promedio de los frutos en la segunda fecha de siembra fue 11,6% superior respecto a la primera fecha de siembra; en los sustratos evaluados el sustrato S1 fue superior en un 21,1; 11,5 y 14,7%, respecto S3, S4 y S5, con excepción del S2 que no fue significativamente diferente al S1 (Tabla 4). Cuando se considera el ciclo de producción 2011 tanto que El Cid x S2, El Cid x S4, Cuauhtémoc x S2 y Cuauhtémoc x S5 presentaron los mayores valores con sustrato orgánico (Tabla 5). Con respecto al menor valor, este se observó en

Tabla 5. Comparación de medias de las variables evaluadas en genotipos de tomate saladette durante el ciclo de producción 2011
Table 5. Comparison of means of the variables evaluated in saladette tomato genotypes during the 2011 crop production cycle

Factor de estudio/ Significancia	NF[1]	PF	DP	DE	EP	IR	R
		(g)		(cm)		(°Bx)	(Mg ha^{-1})
Genotipo x Sustrato	*** [2]	***	**	**	**	***	***
Cuauhtémoc x S1	62,0 a [3]	80,3 g	6,0 f	5,0 d	0,74 d	4,23 g	208,5 a
Cuauhtémoc x S2	46,0 h	93,8 c	6,2 b	5,1 c	0,74 d	4,14 j	166,3 f
Cuauhtémoc x S3	50,0 e	75,1 j	6,0 f	4,7 g	0,73 e	4,72 b	149,6 h
Cuauhtémoc x S4	45,0 i	79,2 h	6,4 a	4,9 f	0,72 f	4,54 c	142,3 i
Cuauhtémoc x S5	52,0 c	80,4 f	5,8 h	4,9 f	0,73 e	4,35 f	167,2 e
El Cid x S1	49,0 f	96,9 b	6,2 c	5,3 a	0,77 b	4,16 i	186,3 b
El Cid x S2	48,0 g	98,6 a	6,1 e	5,2 b	0,73 e	4,18 h	184,7 c
El Cid x S3	44,0 j	75,2 i	5,9 g	4,9 f	0,76 c	4,74 a	131,0 j
El Cid x S4	53,0 b	87,9 d	6,1 d	5,2 b	0,78 a	4,38 e	171,7 d
El Cid x S5	50,0 d	84,0 e	5,7 i	5,0 e	0,74 d	4,41 d	162,9 g

[1]NF = número de frutos; PF = peso del fruto; DP = diámetro polar; DE = diámetro ecuatorial; EP = espesor de pulpa; IR = índice refactométrico; R = rendimiento. [2]* = p< 0,05; ** = p<0,01; *** = p<0,001; NS = no significativo. [3]Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales con la prueba DMS p≤0,05.

Cuauhtémoc x S4, El Cid x S3 y Cuauhtémoc x S3. Como consecuencia de la aplicación de TVC, el peso promedio de fruto en S2 en Cuauhtémoc y El Cid se incrementó en 16,8 y 1,7%, respectivamente, en comparación con S1. Resultados similares fueron obtenidos por Rodríguez-Dimas *et al*., (2007), quienes reportaron un incremento de 15,37% en el peso de fruto de tomate desarrollado bajo arena + TVC en comparación con el testigo desarrollado en arena + fertilizantes inorgánicos.

Por otra parte, se observó un decremento en S3 de 6,4 y 22,4%, respectivamente para los genotipos Cuauhtémoc y El Cid, en comparación con el valor del peso promedio en el fruto en S1. Con relación al valor obtenido en S4 para los genotipos Cuauhtémoc y El Cid, se registró un decremento de 1,3 y 9,2%, respectivamente, en comparación con el valor obtenido en S1 (Tabla 5). Con frecuencia se observa, en tomate, una reducción de 19,2 y 35,7% en el peso de frutos cuando se usan mezclas (1:1) de arena: VC y arena: C respectivamente (Rodríguez *et al*., 2008; Márquez-Hernández *et al*., 2006).

Para diámetro polar durante el ciclo de producción (Tabla 5) los valores medios estuvieron entre 5,7 y 6,4 cm, presentando Cuauhtémoc x S4 el mayor diámetro ecuatorial. El tamaño de fruto se determinó con base al diámetro ecuatorial, utilizando la norma Mexicana NMX-FF-031 (1997). El genotipo Cuau-

htémoc mostró menor diámetro ecuatorial que el genotipo El Cid (Tabla 4), el genotipo Cuauhtémoc desarrollado bajo todos los sustratos de estudio tuvo un tamaño de fruto chico, junto con los sustratos S3 y S5 en el genotipo El Cid (Tabla 5). En tanto que El Cid desarrollado bajo S1, S2 y S4 obtuvieron frutos de tamaño mediano (SAGARPA-ASERCA, 2011). Con respecto al espesor de pericarpio, el genotipo El Cid presentó los mayores valores en S1, S3, S4 y S5, en tanto que el genotipo Cuauhtémoc presento los menores valores en S3, S4 y S5 (Tabla 5).

Lo encontrado en este estudio resulta interesante, considerando que el peso y tamaño de fruto se afectó en mayor proporción en el genotipo El Cid debido al uso de fertilización convencional (S1) y orgánica (S2 y S4). En tanto que el genotipo Cuauhtémoc solo incremento el peso de fruto bajo la fertilización convencional (S1) y orgánica (S2 y S5). El hecho de no haberse reducido el tamaño y peso de los frutos en las plantas del genotipo El Cid desarrolladas bajo las fuentes orgánicas anteriores, representa un importante valor agregado en el producto cosechado. Este resultado se podría explicar con experiencias de otros autores como lo reportado por López-Espinosa *et al*. (2013), quienes evaluaron la aplicación de fertilizantes orgánicos en chile jalapeño y concluyeron que no se decremento el peso ni el tamaño del fruto bajo esta fuente de fertilización en comparación con la fertilización inorgánica. Este hecho está relacionado con lo reportado por Arancon *et al*. (2004b), quienes aplicaron vermicompost a un campo de fresas y se aumentó significativamente el contenido de citocininas, las cuales junto con las auxinas presentes en semillas inmaduras de frutos jóvenes, influyen en la regulación de la división y alargamiento celular, y por lo tanto inductores del crecimiento y peso del fruto, como lo mencionan Raven *et al*. (1992). En relación con lo anterior, Coleto (1995), menciona que después de la división celular inicia la acumulación de los fotoasimilados y con ello el crecimiento y peso de fruto. Por tanto, es probable que la fertilización orgánica, al reducir la demanda de asimilados y otras hormonas en tejidos de crecimiento apical, favoreciera el contenido de citocininas y la acumulación de fotoasimilados en fruto. Caso contrario sucedió en el genotipo Cuauhtémoc desarrollado bajo la fertilización orgánica.

Índice refractométrico

El contenido de sólidos solubles en la primera fecha de siembra se incrementó 7,8% con respecto al valor obtenido en la segunda fecha de siembra, en el caso de sustrato el S3 incrementó los sólidos solubles en 14,7% respecto al S1 (Tabla 4). En tanto que El Cid x S3 y Cuauhtémoc x S3 presentaron los mayores valores en el ciclo de producción 2011, con incrementos de 12,2 y 10,3% respectivamente, en comparación con el genotipo desarrollado bajo S1 (Tabla 5). Por otra parte, el menor contenido de sólidos solubles se registró en El Cid x S1 y Cuauhtémoc x S2. En consecuencia, se confirma que el uso de sustratos orgánicos generó frutos de mejor calidad en cuanto a contenido de sólidos solubles, ya que el tomate para consumo en fresco debe de contener más de 4,0 °Bx (Santiago *et al*., 1998). Sin embargo, Diez (2001) mencionó que el tomate, para procesado o consumo en fresco, debe de contar con un contenido de sólidos solubles de al menos 4,5 °Bx. De acuerdo a lo anterior, los dos genotipos de tomate desarrollados en los cinco sustratos produjeron tomates con más de 4 °Bx, por lo cual son adecuados para consumo en fresco, mientras que para la industria, solo Cuauhtémoc x S3, Cuauhtémoc x S4 y El Cid x S3 alcanzaron los 4,5 °Bx requeridos.

Rendimiento

Se obtuvo el mayor rendimiento en la primera fecha de siembra; el sustrato convencional

(S1) con adición de fertilizantes químicos superó en un 29,6% a la media general de 74,6 Mg ha^{-1} obtenida bajo los sustratos orgánicos (Tabla 4). Sin embargo, el uso de fertilizantes inorgánicos no está permitido en la normativa para la producción orgánica, además de incrementar los costos de producción, por lo que los resultados observados en el presente estudio se sugieren como adecuados para probarse en trabajos posteriores. El mayor rendimiento del testigo, con respecto a los sustratos evaluados fue referido por Márquez *et al*. (2009) y De la Cruz-Lázaro *et al.* (2010), quienes encontraron mayor rendimiento en los sistemas de producción inorgánica. Al respecto, Stanhill (1990) menciona que en la agricultura orgánica el rendimiento se reduce entre 10 y 30% respecto a la agricultura convencional. No obstante la disminución en el rendimiento observada en el presente trabajo puede ser compensada por el sobreprecio que tiene el tomate orgánico, que es de 5,84 veces el precio del tomate obtenido con el manejo convencional (SIAP, 2005).

En la tabla 5 se observa que el genotipo El Cid x S2, presentó el mayor rendimiento de fruta orgánica con 184,7 Mg ha^{-1}, seguido de El Cid x S4, Cuauhtémoc x S5 y Cuauhtémoc x S2. Estas cuatro mejores interacciones sobresalientes tuvieron una media de 172,4 Mg ha^{-1}, es decir 324,8% más que los 40,6 Mg ha^{-1} reportados para tomate orgánico producido a cielo abierto (SIAP, 2011). No obstante, probablemente factores como la lixiviación (Castellanos, 2004), la volatilización, la adsorción, etc., pudieron influir para no obtener mayor rendimiento, sobre todo, en S3, S4 y S5. Los resultados obtenidos concordaron con lo establecido por Atiyeh *et al*. (2000a, 2000b), quienes recalcaron que los sustratos orgánicos beneficiaron el desarrollo de los cultivos en invernadero, y que las diferencias detectadas en las variables evaluadas se relacionaron con el contenido de elementos nutritivos y el incremento de sus comunidades microbianas (Arancon *et al*., 2004b).

Contenido nutricional

Los elementos minerales, son necesarios para el metabolismo de la planta, cumplen funciones como constituyentes de moléculas orgánicas, en la reserva energética, de forma iónica y reacciones redox (Raven *et al*., 1992). La deficiencia, se refleja principalmente en frutos y en desordenes fisiológicos que se traducen en bajos rendimientos, tamaños, peso, color, forma, sabor y calidad nutritiva (Mancera *et al.*, 2007; Martínez *et al.*, 2008), lo que demuestra la gran importancia del contenido adecuado; a pesar de que son diversos los factores que pudieran influenciar en la absorción, movilidad y asimilación en la planta (Shaviv y Mikkelsen, 1993). En la tabla 6 se observa que el contenido de N, P, K, Mg, Fe, Zn y NO_3^- en frutos del genotipo Cuauhtémoc se incrementó con respecto al genotipo El Cid en 2,4; 12,8; 2,7; 11,8; 7,9; 14,3 y 2,4%, respectivamente. En tanto que el contenido de Ca, Na y Mn en frutos del genotipo El Cid se incrementó en 5,6; 10,0 y 7,4%, respecto al genotipo Cuauhtémoc. En relación al contenido mineral en frutos del factor sustrato, se observó que el S1 obtuvo los mayores valores para K, Ca, Na y Mn; en tanto que el S2 registró un incremento con respecto al sustrato S1 de 22,0% en el contenido de NO_3^-; el S3 documentó un incremento en el contenido de P y Zn con respecto al sustrato S1 de 9,3 y 25,0%, respectivamente; el S4 incrementó el contenido de Fe con respecto al sustrato S1 en 25,0% y el S5 incrementó el contenido de N y Mg con respecto al sustrato S1 en 1,8 y 5,6%, respectivamente. Con base en lo anterior, el flujo de minerales en plantas es variado y depende de la disponibilidad, demanda entre órganos y la etapa de desarrollo de la misma (Gutiérrez, 1997). Es posible que al usar sustratos orgánicos se modifique el patrón de traslocación de minerales y estos sean enviados en mayor proporción hacia los frutos en desarrollo (Rademacher, 2004). Al respecto, Ordóñez-Santos

Tabla 6. Comparación de medias del contenido nutricional (en peso seco) de tomate orgánico y convencional
Table 6. Comparison of means of nutritional content (in dry weight) of organic and conventional tomato

Factor de estudio/ Significancia	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn	Mn	$N\text{-}NO_3^-$
	g kg^{-1}						mg kg^{-1}			
Genotipo (G)	*** (1)	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Cuauhtémoc	17,0 a	4,4 a	42,5 a	1,8 b	1,9 a	1,0 b	54,8 a	19,2 a	10,8 b	4,2 a
El Cid	16,6 b	3,9 b	41,4 b	1,9 a	1,7 b	1,1 a	50,8 b	16,8 b	11,6 a	4,1 b
Sustrato (S)	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
S1	16,7 d(2)	4,3 c	47,2 a	2,4 a	1,8 b	1,2 a	52,0 c	16,0 e	14,5 a	5,0 b
S2	16,8 c	4,4 b	41,9 c	1,2 d	1,6 c	1,2 a	55,0 b	19,5 b	13,5 b	6,1 a
S3	16,9 b	4,7 a	42,8 b	1,8 c	1,8 b	0,9 b	51,0 d	20,0 a	13,5 b	3,6 c
S4	16,9 b	3,3 d	38,7 d	2,1 b	1,8 b	1,2 a	65,0 a	16,5 d	6,0 d	3,1 e
S5	17,0 a	4,3 c	39,2 d	1,8 c	1,9 a	0,8 c	41,0 e	18,0 c	8,5 c	3,2 d
G x S	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Cuauhtémoc x S1	16,5 f	4,2 e	52,2 a	2,1 c	2,0 a	1,2 b	54,0 c	17,0 e	16,0 a	4,9 d
Cuauhtémoc x S2	17,1 a	5,2 a	37,9 i	1,0 i	1,9 b	1,0 c	50,0 e	23,0 a	12,0 d	5,6 b
Cuauhtémoc x S3	17,1 a	4,8 b	41,3 f	2,0 d	1,8 c	0,8 d	52,0 d	21,0 b	15,0 b	3,3 g
Cuauhtémoc x S4	17,1 a	3,7 f	38,8 g	2,2 b	2,0 a	1,2 b	81,0 a	17,0 e	7,0 e	3,6 f
Cuauhtémoc x S5	17,1 a	4,3 d	42,4 d	1,9 e	1,8 c	0,8 d	37,0 h	18,0 d	4,0 g	3,3 g
El Cid x S1	16,5 h	4,3 d	42,2 e	2,8 a	1,7 d	1,2 b	50,0 e	15,0 g	13,0 c	5,1 c
El Cid x S2	16,5f	3,6 g	45,9 b	1,5 h	1,3 e	1,4 a	60,0 b	16,0 f	15,0 b	6,6 a
El Cid x S3	16,6 e	4,6 c	44,3 c	1,6 g	1,9 b	1,0 c	50,0 e	19,0 c	12,0 d	3,9 e
El Cid x S4	16,7 d	2,9 h	38,7 h	2,1 c	1,7 d	1,2 b	49,0 f	16,0 f	5,0 f	2,6 i
El Cid x S5	16,9 d	4,2 e	36,0 j	1,7 f	2,0 a	0,7 e	45,0 g	18,0 d	13,0 c	3,0 h

(1)* = p<0,05; ** = p<0,01; *** = p<0,001; NS = no significativo. (2)Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales con la prueba DMS p≤0,05.

et al. (2011), encontraron que el factor genotipo influyó en el contenido nutricional de tomates fertilizados de manera orgánica y convencional, siempre y cuando se le proporcione a la planta los elementos minerales suficientes en el medio de crecimiento.

El genotipo Cuauhtémoc desarrollado bajo S2 registró los valores más altos en el contenido de N, P y Zn, y el segundo mejor valor de Mg y NO_3^- en el fruto respecto a todas las combinaciones genotipo x sustrato evaluadas. Por otra parte, se observó un decremento en el contenido de Mn del 75,0% en el genotipo Cuauhtémoc desarrollado bajo S5, respecto al sustrato convencional (Tabla 6). El incremento en la concentración de Zn y el decremento de Mn en los frutos orgánicos, es parte de un modelo que se le atribuye a la presencia de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en suelos orgánicos (Gosling *et al*., 2006). Al respecto, Ryan *et al*. (2004) observaron pequeñas variaciones en el contenido de N, K, Mg, Ca, S y Fe entre granos cultivados de manera orgánica y convencional, sin embargo el grano producido de manera orgánica registró mayor contenido de Zn y Cu pero menor contenido de Mn y P en comparación con la fertilización convencional. La explicación posible para el incremento en el contenido de Zn y Cu seria la aplicación de estiércoles biotransformados, que actúan como un suministro adicional para la planta (Zhou *et al*., 2005). Acorde con los resultados obtenidos en el presente estudio, el contenido nutricional de los frutos producidos de manera orgánica y convencional se encuentran dentro de los rangos promedio reportados por Kelly y Bateman, (2010).

Conclusiones

Los resultados sugieren que el uso de fuentes orgánicas pudo satisfacer las necesidades del tomate durante el ciclo de producción bajo condiciones de invernadero. Las cuatro mejores combinaciones fueron El Cid x S2, El Cid x S4, Cuauhtémoc x S2 y Cuauhtémoc x S5, que alcanzaron un rendimiento medio de 172,4 Mg ha^{-1}, sobresaliendo el obtenido en la combinación El Cid x S2, que tuvo 184,7 Mg ha^{-1} de fruto. En la combinación El Cid x S2 y Cuauhtémoc x S2 se obtuvieron frutos de tamaño mediano, en tanto que la combinación El Cid x S3 y Cuauhtémoc x S3 se obtuvieron frutos con concentraciones mayores a 4,6 °Bx. El contenido de Zn se incrementó en los frutos cosechados bajo los sustratos orgánicos, en tanto que el contenido de Mn se redujo en los mismos. El genotipo Cuauhtémoc desarrollado bajo S2 registró los valores más altos en el contenido de N, P y Zn. A pesar que el manejo convencional a base de nutrición inorgánica resulta en rendimientos de 20 a 40% mayores a los tratamientos propuestos a base de sustratos orgánicos sin soluciones nutritivas, estos últimos son una alternativa viable, debido a que la calidad de fruta se mantiene y el sobreprecio de productos orgánicos mejora la relación costo-beneficio de la producción.

Agradecimientos

Al Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) por la beca otorgada durante los estudios de doctorado del primer autor.

Bibliografía

Alcántar GG y Sandoval VM, 1999. Manual de análisis químico del tejido vegetal. Publicación Especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. A. C. Chapingo, México. 156 pp.

AOAC, 1980. Association of Official Agricultural Chemists. Official Methods of Analysis. Washington, D.C. USA.

Argüello JA, Ledesma A, Núñez SB, Rodríguez CH, Diaz-Goldfarb MDC, 2006. Vermicompost effects on bulbing dynamics nonstructural carbohydrate content, yield, and quality of 'Rosado Paraguayo' garlic bulbs. *Hortscience,* 41(3): 589-592.

Arancon NQ, Edwards CA, Atiyeh RM, Metzger JD, 2004a. Effects of vermicompost produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresource. Technol*, 93: 139-144.

Arancon NQ, Edwards CA, Bierman P, Welch C, Metzger JD, 2004b. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. effects on growth and yields. *Bioresource. Technol*, 93: 145-153.

Atiyeh RM, Arancon NQ, Edwards CA, Metzger JD, 2000a. Influence of eartworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresource. Technol*, 75: 175-180.

Atiyeh RM, Edwards CA, Subler S, Metzger JD, 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresource. Technol*, 78, 11-20.

Atiyeh RM, Subler S, Edwards CA, Bachman G, Metzger JD, 2000b. Effects of vermicompost and compost on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiologia,* 44: 579-590.

Ayers RS, y Westcot WD, 1994. Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 29 Rev. 1. FAO. Rome. 174 pp.

Bansal S, y Kapoor KK, 2000. Vermicomposting of crop residues and cattle dung with *Eisenia foetida*. *Bioresource. Technol*, 73: 95-98.

Cano RP, Figueroa VU, Cruz MJM, Araiza EIA, Moreno-Reséndez A, 2011. Determinación del requerimiento de lavado y fitotoxicidad en compostas y sustratos para la producción en invernadero. *P* 320-334. *In*: Agricultura Orgánica. Cuarta parte. M Fortis, E Salazar, J Dimas, P Preciado (Eds.). Universidad Juárez del Estado de Durango. México.

Capulín-Grande J, Nuñez-Escobar R, Aguilar-Acuña JL, Estrada-Botello M, Sánchez-García P, Mateo-Sánchez JJ, 2007. Uso de estiércol líquido de bovino acidulado en la producción de pimiento morrón. *Rev Chapingo Ser Hortic*, 13(1): 5-11.

Castellanos JZ, 2004. Manejo de la fertirrigación en suelo. *P* 103-123. *In*: Manual de producción hortícola en invernadero. JZ Castellanos (Ed.). Intagri. Celaya, Guanajuato, México.

Castellanos JZ, y Ojodeagua JL, 2009. Formulación de la solución nutritiva. *P* 131-156. *In*: Manual de producción de tomate en invernadero. J Z Castellanos (Ed.). Intagri. México.

Coleto JM, 1995. Crecimiento y Desarrollo de las Especies Frutales. Segunda edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 168 pp.

De la Cruz-Lázaro E, Osorio-Osorio R, Martínez-Moreno E, Lozano RJ, Gómez-Vázquez A, Sánchez-Hernández R, 2010. Uso de compostas y vermicompostas para la producción de tomate orgánico en invernadero. *Interciencia* 35(5): 363-368.

Diez NM, 2001. Tipos varietales. *P* 93-129. *In:* El cultivo del tomate. F Nuez, (Ed.). Madrid, España.

Edwards CA, Askar AM, Vasko-Bennett MA, Arancon N, 2010. The Use and Effects of Aqueous Extracts from Vermicompost or Teas on Plant Growth and Yields. *P* 235-248. *In:* Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management. Edwards CA, Arancon NQ, Sherman R. (Eds.). CRC Press, Boca Raton, FL. http://dx.doi.org/10.1201/b10453-16

Eghball B, 2000. Nitrogen mineralization from field-appled beef cattle feedlotmanure or compost. *Soil Sci Soc Am J*, 64: 2002-2030.

Gosling P, Hodge A, Goodlass G, Bending GD, 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming. *Agric Ecosyst Environ*, 113: 17-35.

Gutiérrez-Miceli FA, Santiago-Borraz J, Montes MJA, Carlos NC, Abud-Archila M, Oliva MAL, Rincón-Rosales R, Dendooven L, 2007. Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (Lycopersicum esculentum). *Bioresource. Technol*, 98(15): 2781-2786.

Gutiérrez MV, 1997. Nutrición mineral de las plantas: avances y aplicaciones. *Agron Costarric*, 21(1): 127-137.

INFOAM, 2003. International Federation of Organic Agriculture Movements. Normas para la producción y procesado orgánico. Victoria, Canadá. 158 pp.

Jones BRJR, Wolf B, Mills HA, 1991. Plant analysis handbook. A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide. Micro-Macro. Publishing Inc. Athens, Georgia, USA. 213 pp.

Keely SD, Bateman AS, 2010. Comparison of mineral concentrations in commercially grown organic and conventional crops – Tomatoes (*Lycopersicon* esculentum) and lettuces (*Lactuca* sativa). *Food Chem*, 119: 738-745.

Keeney DR, y Nelson DW, 1982. Nitrogen – Inorganic forms. *P* 643-698. *In:* Page AL, Miller RH, Keeney DR (Eds.). Methods of soil analysis: Part 2. Chemical and microbiological properties. Agronomy. Madison, Wisc. USA.

Lim SL, Wu TY, Sim EYS, Lim PN, Clarke C, 2012. Biotransformation of rice husk into organic fertilizer through vermicomposting. *Ecol Eng*, 41: 60-64.

López-Espinosa ST, Moreno-Reséndez A, Cano-Ríos P, Rodríguez-Dimas N, Robledo-Torres V, Márquez-Quiroz C, 2013. Organic fertilization: An alternative to produce jalapeño pepper under greenhouse conditions. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 25(9): doi-10.9755/ejfa.v25i9.15979

Mancera MM, Soto JM, Sánchez E, Yañez RM, Montes F, Balandran RR, 2007. Caracterización mineral de manzana 'Red Delicious' y 'Golden Delicious' de dos países productores. *Tecnociencia Chihuahua,* 1(2): 6-17.

Martínez FE, Sarmiento J, Fischer G, Jiménez F, 2008. Efecto de la deficiencia de N, P, K, Ca, Mg y B en componentes de producción y calidad de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Agronomía Colombiana*, 26(3): 389-398.

Márquez-Hernández C, Cano-Ríos P, Chew-Madinaveitia YJ, Moreno-Reséndez A, Rodríguez-Dimas N, 2006. Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Rev Chapingo Ser Hortic*, 12(12): 183-189.

Márquez HC, Cano RP, Rodríguez DN, 2008. Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate en invernadero. *Agric. Téc. Méx*, 34: 69-74.

Márquez HC, Cano P, Rodríguez N, Moreno A, De La Cruz E, García JL, Preciado P, Castañeda G, García C, 2009. Producción en invernadero de tomate orgánico. *P* 1-24. *In:* I Simposio de Producción Moderna de Melón y Tomate. XIII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas. Torreón Coahuila. México.

Moreno-Reséndez A, Valdes-Perezgasga MT, Zarate-Lopez T, 2005. Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero. *Agri. Tec. Chile*, 65: 26-34.

Negi R, y Suthar S, 2013. Vermistabilization of paper mill wastewater sludge using *Eisenia fetida*. *Bioresource. Technol*, 128: 193-198.

NMX-FF-031, 1997. Normas Mexicanas. Productos alimenticios no industrializados, para su consumo humano-Hortalizas frescas-tomate-(*Lycopersicun esculentum* Mill.)-Especificaciones. Disponible en http://200.77.231.100/work/normas/nmx/1998/nmx-ff-031-1998.pdf 29 pp. (17 marzo de 2013).

Ordóñez-Santos LE, Vázquez-Odériz ML, Romero-Rodríguez MA, 2011. Micronutrient contents in organic and conventional tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.). *Int. J. Food. Sci. Tech*, 46: 1561-1568.

Rademacher W, 2004. Chemical regulation of shoot growth in fruit trees. *Acta Hort*, 653: 29-32.

Ramesh P, Singh M, Rao AS, 2005. Organic farming: Its relevance to the Indian context. *Current Sci*, 88(4): 561-568.

Raven PH, Evert RF, Eichhorn SE, 1992. Biología de las plantas. Volumen 2. Traducido al español por Santamaria R, Lloret F, Mas M, Cardona MA. Editorial Reverté. Barcelona, España. 773 pp.

Raviv M, Oka Y, Katan J, Hadar Y, Yogev A, Medina S, Krasnovsky A, Ziadna H, 2004. High-nitrogen compost as a médium for organic container-grow crops. *Bioresource. Technol*, 96(4): 419: 427.

Reséndez AM, Aguilar FJL, Viramontes UF, Dimas NR, Arroyo JV, Carrillo JLR, Ríos PC, Valdés MHR, 2012. Tomato production in sand: vermicompost mixtures compared with sand and nutritive solution. *J. Agri. Sci. Rev*, 1(1): 19-26.

Rippy JFM, Peet MM, Louis FJ, Nelson PV, 2004. Plant development and harvest yield of green-

house tomatoes in six organic growing systems. *Hortscience,* 39(2): 223-229.

Rodríguez-Dimas N, Cano-Ríos P, Favela-Chávez E, Figueroa-Viramontes U, De Paul-Álvarez V, Palomo-Gil A, Márquez-Hernández C, Moreno-Reséndez A, 2007. Vermicomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. *Rev Chaingo Ser Hortic*, 13(2): 185-192.

Rodríguez DN, Cano RP, Figueroa VU, Palomo GA, Favela CE, Álvarez RVP, Márquez HC, Moreno RA, 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Rev Fitotec Mex*, 31: 265-272.

Ryan MH, Derrick JW, Dann PR, 2001. Grain mineral concentrations and yield of wheat grown under organic and conventional managemet. *J Sci Food Agr*, 84: 207-216.

SAGARPA-ASERCA, 2011. Pliego de condiciones para uso de la marca oficial México Calidad Suprema en tomate. BANCOMEX ASERCA. PC-020-2005. Disponible en http://www.normich.com.mx/archivos/OC/mcs/PLIEGOS%20DE%20CONDICIONES%2012/PC_020_2005_Tomate.pdf 22 pp. (Fecha de consulta 20 noviembre de 2012).

Santiago J, Mendoza M, Borrego F, 1998. Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. *Agron. Mesoam*, 9: 59-65.

SAS, 2004. Statistical Analysis System. What´s New in SAS 9.0, 9.1, 9.1.2 and 9.1.3. SAS Institute Inc. Cary N. C. USA.

SIAP, 2005. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Producción de jitomate rojo orgánico. [Fecha de consulta: 8 de agosto de 2011] Disponible en: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351

SIAP, 2011. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Producción de jitomate rojo orgánico. [Fecha de consulta: 8 de agosto de 2011] Disponible en: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351

Shaviv A, y Mikkelsen RL, 1993. Controlled-release fertilizers to increase efficiency of nutrient use and minimize environmental degradation - A review. *Fert Res*, 35: 1-12.

Solís-Pacheco JR, Pérez-Martínez F, Orozco-Ávila I, Flores-Montaño JL, Ramírez-Romo E, Hernández-Rosales A, Aguilar-Uscanga B, 2006. Descripción de un proceso tecnificado para la elaboración de piloncillo a partir de caña de azúcar. *e-Gnosis*, 4(1): 1-8.

Stanhill G, 1990. The comparative productivity of organic agriculture. *Agric. Ecosyst. Environ*, 30: 1-26.

Steffen GPK, Antoniolli ZI, Steffen RB, Machado RG, 2010. Cascara de arroz y estiércol bovino como sustrato para la multiplicación de lombrices de tierra y la producción de plántulas de tomate y lechuga. *Acta Zool Mex. Nueva Ser,* 26(SPE2): 333:343.

Valdez-Pérez MA, Fernández-Luqueño F, Franco-Hernandez O, Flores LB, Dendooven L, 2011. Cultivation of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in limed or unlimed wastewater sludge, vermicompost or inorganic amended soil. *Sci Hort*, 128: 380-387.

Warman PR, y AngLopez MJ, 2011. Vermicompost derived from different feedstocks as a plant growth médium. *Bioresource. Technol*, 101: 4479-4483.

Zhou DM, Hao XZ, Wnag YJ, Dong YH, Cang L, 2005. Copper and Zn uptake by radish and pakchoi as effected by application of livestock and poultry manures. *Chemosphere*, 59(2): 167-175.

(Aceptado para publicación el 15 de mayo de 2013)

Biomasa y captura de nitrógeno de cultivares de *Mucuna pruriens* (L.) DC. y su descomposición en el suelo

M. Villarreal-Romero*,1, S. Parra-Terraza*, S. Hernández-Verdugo*, T. Osuna-Enciso***, P. Sánchez-Peña*, A. Angulo-Castro* y R. Pinto-Ruiz**

* Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Agronomía. Km 17.5 Carr. Culiacán-Eldorado, Culiacán, Sinaloa, México, CP 80000

** Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad Autónoma de Chiapas, Carretera Villaflores-Ocozocoautla km 7.5 Villaflores, Chiapas, Mexico

*** CIAD Unidad Culiacán. Km 5.5 Carr. Culiacán-Eldorado, Col. Campo El Diez, Culiacán, Sinaloa, México, CP 80129

Resumen

El cultivo de leguminosas para abonar al suelo y beneficiar al cultivo subsiguiente de interés económico, requiere conocer la tasa de descomposición y liberación de nitrógeno de su biomasa producida; por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue conocer la capacidad de producción de biomasa, acumulación y fijación de nitrógeno atmosférico de tres cultivares de *Mucuna pruriens*, así como determinar el patrón de su descomposición y liberación en el suelo. El trabajo se realizó en un suelo *Typic Haplustert* en condiciones de campo en el valle de Culiacán, Sinaloa, México. El diseño experimental fue en parcelas subdivididas en bloques al azar con cuatro repeticiones. Los cultivares de mucuna produjeron similar cantidad de biomasa y mostraron comparable capacidad de acumulación de nitrógeno en su follaje y de fijación de nitrógeno atmosférico. No hubo diferencia significativa entre cultivares, dentro de mismos de tiempos de incubación, en el patrón de descomposición y liberación de nitrógeno en el suelo de su follaje. Los cultivares de mucuna mostraron que la velocidad de descomposición y liberación de nitrógeno del follaje fue, comparativamente al resto de los tiempos de incubación del follaje, más alta en los primeros 15 días aplicado a 20 cm de profundidad y a los 15-30 días cuando este se aplicó en la superficie del suelo. La cantidad de biomasa producida, el monto de nitrógeno acumulado en el follaje y el fijado de la atmósfera por los tres cultivares de *Mucuna pruriens* estudiados, muestra su aptitud para establecerse como cultivos de cobertura del suelo en Valle de Culiacán, Sinaloa, México.

Palabras clave: Abono verde, fijación de nitrógeno, liberación de nitrógeno en el suelo.

Abstract

Biomass and capture of nitrogen of cultivars of *Mucuna pruriens* (L.) DC. and its decomposition in soil

The practice of cultivation of legumes to manure to the soil and benefit to the subsequent crop of economic interest, need to know the rate of decomposition and release of nitrogen from its produced biomass; therefore, the objective of this work was to determine the capacity of biomass production, accumulation and fixation of atmospheric nitrogen of three cultivars of *Mucuna pruriens*, as well as determine the pattern of decomposition and release into to the soil. The work was carried out in a *Typic*

1. Autor para correspondencia: manuelvillarreal2@yahoo.com.mx

http://dx.doi.org/10.12706/itea.2014.002

Huplustert soil under field conditions of Culiacan Valley, Sinaloa, Mexico. The experimental design was a split plot in randomized blocks with four replications. The cultivars of mucuna produced similar amount of biomass and showed comparable capacity for accumulation of nitrogen in their foliage and atmospheric nitrogen fixation. No significant difference was observed between cultivars, within same incubation times, in the pattern of decay and release of nitrogen in the soil of their foliage. In all three cultivars of mucuna was observed that decomposition rate and nitrogen liberation from foliage was, comparatively to the rest of the incubation times, higher in the first 15 days of incubation applied to 20 cm deep and 15-30 days when applied to the soil surface. The amount of biomass produced, the amount of nitrogen accumulated in the foliage and the nitrogen fixed from the atmosphere by the three studied cultivars of Mucuna pruriens, demonstrates its ability to establish itself as ground cover crops in Culiacan Valley, Sinaloa, Mexico.

Key words: Cover crops, N_2-fixation, nitrogen liberation in the soil.

Introducción

La práctica convencional de producción de hortalizas en Sinaloa incluye la aplicación excesiva de fertilizantes y de labranza, lo cual degrada la calidad de los recursos suelo y agua porque estos hábitos provocan alta concentración de nitratos y fosfatos en aguas superficiales y sub-superficiales (Páes *et al*., 2007); también se induce la erosión del suelo, acelera la descomposición de la materia orgánica y afecta la diversidad biológica del suelo. El establecimiento de cultivos de cobertura, en primavera-verano en esta región, puede reducir la degradación del suelo al proveer una cubierta vegetal abundante, aumentar el contenido de carbono y de nitrógeno en el suelo (Hargrove, 1986; Kuo *et al*., 1997) y propiciar el reciclaje de nutrientes (Puertas *et al*., 2008), lo cual aumentará la productividad de los cultivos del ciclo otoño-invierno (Shennan, 1992; Creamer *et al*., 1996). Mediante esta práctica de manejo es posible aumentar la fertilidad natural del suelo y reducir significativamente la aplicación de fertilizantes minerales en cultivos del ciclo otoño-invierno, propiciando así un esquema de producción sostenible de cultivos.

Dentro de las formas alternativas de manejo de los elementos nutritivos de las plantas está el papel de las leguminosas en el abastecimiento de nitrógeno a cultivos no leguminosos mediante la rotación de cultivos (Hargrove, 1986). En este sentido, una de las prácticas de producción más sostenibles y beneficiosas para el medio ambiente consiste en establecer cultivos de cubierta vegetal y abonado verde, entre los que destaca la leguminosa *Mucuna* sp, misma que se ha venido fomentando su uso en México y otras partes del mundo (Salgado *et al*., 2010). Dentro de los beneficios para los cultivos agrícolas y el ambiente que implica el empleo de esta y otras leguminosas, sea como cobertura vegetal del suelo o abono verde, es el aporte de nitrógeno para los cultivos subsecuentes (Villarreal *et al*., 2006; Gerónimo-Cruz *et al*., 2002), por mejorar las condiciones físicas y biológicas del suelo (Decker *et al*., 1994) y por reducir la pérdida de nitrógeno residual hacia el subsuelo (Páes *et al*., 2007).

Es conveniente evaluar cultivos de cobertura del suelo por su capacidad de establecerse rápidamente, por su potencial de fijación de N_2 y suprimir el crecimiento de malezas, en condiciones específicas de suelo y clima. Este tipo de cultivo estableciéndose en primavera-verano en el valle de Culiacán, Sinaloa, México, puede agregar carbono orgánico al suelo, fijar nitrógeno atmosférico al mismo, reciclar y hacer disponibles otros nutrientes en el suelo como P, K, Ca, Mg y S (Salgado *et*

al., 2010), lo cual mejorará la fertilidad natural del suelo y beneficiaría a los cultivos que se siembren del ciclo otoño-invierno.

El cultivo de mucuna acumula una importante cantidad de biomasa (Carsky *et al.,* 2001), fija nitrógeno atmosférico en cantidades significativas (Sanginga *et al*., 1996) y suprime efectivamente el crecimiento de malezas (Versteeg y Koudokpon, 1990). Conocer la tasa de descomposición de la biomasa producida por un cultivo de leguminosas, como la mucuna, es fundamental para utilizarse como abono verde o cultivo de cobertura; la tasa de descomposición de dicha biomasa está asociada a su contenido de elementos nutritivos, los cuales pueden ser liberados al suelo durante el período de crecimiento del cultivo subsiguiente, y está determinada por la cantidad y calidad de su biomasa producida (Myers *et al.,* 1994). Los factores que influyen en la tasa de descomposición del follaje de las plantas por parte de los microorganismos del suelo son a la temperatura y humedad del suelo, y a la relación C/N del material vegetal (Thomas y Asakawa, 1993).

El objetivo del presente trabajo fue conocer la capacidad de producción de biomasa, acumulación y fijación de nitrógeno atmosférico de tres cultivares de *Mucuna pruriens* (L.) DC. a establecer como cultivos de cobertura, así como determinar el patrón de su descomposición y liberación de nitrógeno en el suelo, en condiciones ambientales del Valle de Culiacán, Sinaloa, México.

Materiales y métodos

Sitio experimental

El presente trabajo de investigación se desarrolló de abril a noviembre de 2010 en el Campo Experimental de INIFAP del Valle de Culiacán, Sinaloa, en el Noroeste de México, localizado a 24º 36' 58" N y 107º 25' 48" O, en un lote de terreno donde se ha trabajado los últimos cuatro años, en el uso de cobertura vegetal del suelo con *Mucuna pruriens* (L.) DC. para mejorar la fertilidad del suelo y reducir la fertilización química en tomate (*Solanum lycopersicun*). El clima es semiárido BS1 (h') w (w)(e), con lluvias predominantes en verano y erráticas en invierno (García, 1988); la precipitación media anual es de 800 mm; la temperatura media anual es de 26,8ºC con máximas de 34 a 43,5ºC en verano y mínimas de 2 a 8,5ºC en invierno; la humedad relativa media anual es de 68% con una máxima de 81% en septiembre y la mínima de 51% en abril. La caracterización el suelo del lote experimental se basó en una muestra compuesta de diez submuestras colectadas al azar a una profundidad de 0 a 30 cm, el 5 de abril de 2010; el tipo de suelo corresponde a Vertisol, Typic Haplustert (USDA, 1999); tiene 150 cm de profundidad, de textura arcillosa y sus características químicas se presentan en la Tabla 1.

Siembra y producción de follaje de los cultivares de mucna

Se sembraron tres cultivares de *Mucuna pruriens* (L.) DC (Deeringiana, Preta y Ghana) el 15 de abril de 2010, en una superficie total de 648 m^2; su arreglo topológico fue en surcos-cama de 1,8 m de anchura y 10 m de longitud con una densidad de población de 3,89 plantas m^{-2}. El follaje se cosechó durante el inicio de floración de cada cultivar.

Tratamientos y diseño experimental

En el presente trabajo se realizaron dos experimentos. En el primero de ellos se evaluó la capacidad de producción de biomasa y captura de nitrógeno por los tres cultivares de mucuna mencionados; los tratamientos correspondieron a cada uno de los tres cultivares de *Mucuna* sp estudiados. El diseño experimental fue en bloques al azar con cuatro

Tabla 1. Características químicas del suelo del terreno experimental, relacionadas con su fertilidad
Table 1. Chemical characteristics of the soil of the experimental field, related to their fertility

Determinación												
pH	CEe	MO	CIC	$N\text{-}NO_3$	$P\text{-}PO_4$	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
	(dS m^{-1})	(%)	(cmol.kg^{-1})	(ppm)								
7,1	0,31	1,95	74	26	60	300	5000	600	7,0	7,5	1,0	2,0

CEe = Conductividad eléctrica del extracto de saturación; MO = Cantidad de materia orgánica; CIC= Capacidad de intercambio catiónico. Los valores de los cationes (ppm) son cantidades disponibles. Las determinaciones de $P\text{-}PO_4$ y K se realizaron por el método de Olsen y acetato de amonio 1N, pH 7.

repeticiones y cada unidad experimental consistió en una parcela de 3 surcos de 1,8 m de ancho y 10 m de longitud, igual a 54 m^2.

En el segundo experimento se estudió el patrón de descomposición y liberación de nitrógeno del follaje; este trabajo se realizó en la misma área del primer experimento. Se utilizó el diseño experimental de parcelas subdivididas, en bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. La parcela grande o principal estuvo constituida por tiempos de incubación del follaje, en días: (15, 30, 45 y 75 días); la parcela mediana correspondió a los tres cultivares de mucuna: (A) Deeringiana, (B) Preta y (C) Ghana; la parcela chica estuvo conformada por: (S) hojas y tallos aplicados en la superficie del suelo y (E) Hojas y tallos incorporados a 20 cm de profundidad del suelo; en estas parcelas se aplicó el equivalente a la biomasa seca aérea (hojas y tallos) producida por los tres cultivares de mucuna en el primer experimento, es decir 5022, 5146 y 4915 kg ha^{-1} por los cv. Deeringiana, Preta y Ghana, respectivamente; el diseño experimental planteado originó 24 tratamientos (4 tiempos de incubación x 3 cultivares de mucuna x 2 métodos de aplicación del follaje).

Variables medidas

Producción de biomasa. Para cuantificar la biomasa producida por los tres cultivares estudiados de *M. pruriens* se tomaron muestras al azar de follaje y raíces de nueve plantas completas por cada cultivar en cada repetición, al inicio de la floración (90 a 93 días después de la emergencia). El material colectado se llevó al laboratorio y, después de lavarlo con agua corriente y enjuagarlo con agua destilada, se secó a 70 °C durante 48 h en estufa con circulación forzada de aire, para obtener el peso seco.

Fijación de nitrógeno atmosférico (N_2). Para estimar la capacidad de fijación de N_2 en los tres cultivares de mucuna estudiados se em-

pleó el método de la diferencia en acumulación de nitrógeno (Hauser y Nolte, 2002), el cual consiste en comparar la cantidad de nitrógeno acumulado en la biomasa de plantas fijadoras (mucunas) y no fijadoras de N_2 (una variedad de soya no nodulante, proporcionada por North Carolina Agricultural Research Service de North Carolina State University, en Raleigh, USA). Para obtener los datos de acumulación de nitrógeno de plantas de la soya no nodulante, se sembraron y cultivaron plantas de esta leguminosa, en las cuatro repeticiones del primer experimento.

Acumulación de nitrógeno en el follaje. Se determinó la acumulación de nitrógeno por las plantas de mucuna y de soya no nodulante en la etapa de floración de ambas leguminosas. La acumulación de N por las plantas leguminosas se basó en el contenido (%) de N en la materia seca de la parte aérea de las plantas, de acuerdo con el método indicado en AOAC (1999).

Descomposición y liberación de nitrógeno del follaje. Para realizar dichas medidas se utilizó la cantidad correspondiente de follaje seco, en kg ha^{-1}, producido en el primer experimento por cada una de los cultivares de *M. pruriens* (5022, 5146 y 4915 kg ha^{-1} de follaje seco de los cultivares Deeringiana, Preta y Ghana, respectivamente). El follaje seco se cortó en segmentos de aproximadamente 1 cm de longitud y se colocó en bolsas de malla plástica de 2 mm de apertura y con dimensiones 15 cm x 25 cm, igual a 0.0375 m^2; situándolas en la superficie del suelo y enterradas a 20 cm de profundidad. La descomposición del follaje y la liberación de nitrógeno del mismo se calculó con base en el procedimiento indicado por Cobo *et al.*, (2002), mediante la expresión siguiente:

$$XR\ (\%) = (Xt/Xo) \times 100;$$

donde XR es el porcentaje del peso de follaje o la cantidad del nitrógeno remanente en el mismo, Xt es el contenido en peso de follaje o de nitrógeno en cada tiempo de incubación y Xo es el valor inicial del peso de follaje o del contenido de nitrógeno en el mismo.

La tasa de descomposición del follaje de las leguminosas se determinó de acuerdo con Gerónimo-Cruz *et al*. (2002), con base en la relación siguiente:

$$TD = DFI - DFS/ND;$$

donde TD es la tasa de descomposición (% $día^{-1}$); DFI es la descomposición de follaje de la mucuna en el período inicial (%); DFS es la descomposición de follaje de la mucuna en el período subsecuente (%) y ND es el número de días transcurridos entre períodos de tiempo de incubación.

Para determinar el contenido de nitrógeno total en la biomasa de hojas y tallos de las plantas leguminosas, se colectaron tres plantas al azar en cada una de las cuatro repeticiones del experimento uno, es decir, doce plantas de cada uno de los tres cultivares de mucuna estudiados y de soya no nodulante y se procesaron para su análisis en el laboratorio, para determinar el contenido de nitrógeno total, por el método Kjeldahal (AOAC, 1999).

En cada tiempo de incubación se colectaron las muestras de follaje contenido en las bolsas de malla plástica, se lavaron con agua potable en un tamiz de 1.0 mm para eliminar tierra o raíces. Posteriormente se sometieron a secado en estufa a 70 °C durante 72 h, registrándose el peso final. En los cuatro tiempos de incubación se determinó la humedad gravimétrica del suelo. Para ello, al inicio de cada tiempo de incubación se tomó una muestra compuesta de tres submuestras de suelo en cada cultivar y se secaron en estufa a 110 °C para obtener el contenido de humedad.

También se estimó la temperatura del suelo a 50 cm de profundidad, que de acuerdo con Van Wambeke (1987) puede estimarse como la temperatura media del aire más 2.5 °C.

Análisis estadísticos

Los datos de producción de biomasa, acumulación de nitrógeno y fijación de N_2 de los cultivares de mucuna, así como la tasa de descomposición del follaje de los mismos cultivares, se sometieron a análisis de varianza y prueba de comparación de medias de tratamiento (Tukey, $P \leq 0.05$); así mismo se realizó un análisis de regresión entre descomposición del follaje y su tiempo de incubación, con el paquete SAS, versión 9.1.

Resultados y discusión

Producción de biomasa

No hubo diferencias significativas entre los cultivares de mucuna evaluados (P>0,05) en producción de materia seca en hojas, tallos, raíz, ni en total (Figura 1), de tal manera que el cultivar Preta produjo una biomasa seca total de 140,3 g planta^{-1} (error estándar = 18,2), seguido por los cultivares Deeringiana (136,4 g planta^{-1}; error estándar = 18,8) y Ghana

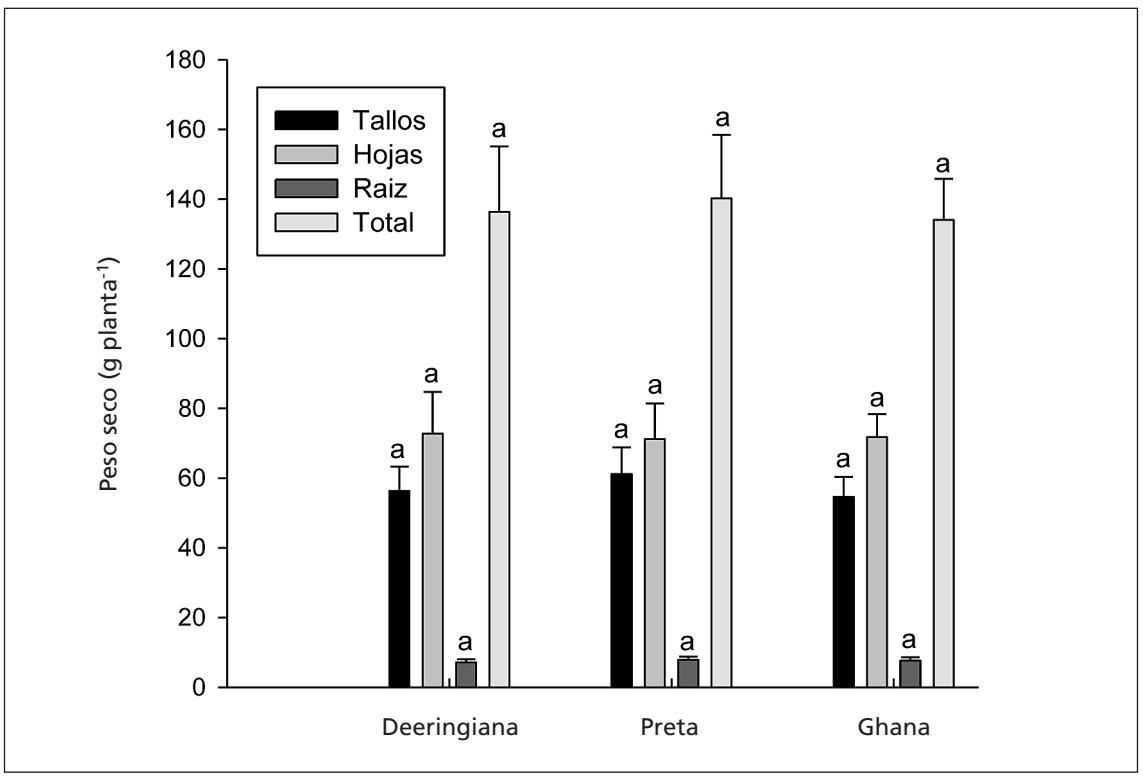


Figura 1. Producción de materia seca en tallos, hojas, raíz y total, de tres cultivares de *Mucuna pruriens*. Medias con la misma letra, entre cultivares, no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0,05$). Barras verticales indican el error estándar (n = 4).
Figure 1. Dry matter production in stems, leaves, root and total of three cultivars of Mucuna pruriens. *Means with the same letter, among cultivars, are not statistically different (Tukey, $P \leq 0,05$). Vertical bars indicate standard error (n = 4).*

(134,0 g planta^{-1}; error estándar = 11,8). Estos datos representan 5,2; 5,0 y 4,9 t ha^{-1} de materia seca, respectivamente. La producción de materia seca en la parte aérea (tallos + hojas) de las plantas del cv. Preta fue 132,3 g planta^{-1} (error estándar = 17,9); le siguieron las plantas del cv. Deeringiana y el cv. Ghana, con 129,1 (error estándar = 18,4) y 126,4 (error estándar = 11,1) g planta^{-1}, respectivamente. La materia seca acumulada en las raíces fue muy similar entre los cultivares, con valores promedio de 7,9; 7,7 y 7,2 g planta^{-1} en los cv. Preta, Ghana y Deeringiana, respectivamente.

La cantidad de biomasa aérea producida por las plantas es importante porque determina la capacidad para su uso como cultivo de cobertura o como abono verde del suelo. Hauser y Nolte (2002) obtuvieron producciones de biomasa seca aérea de distintas variedades de *Mucuna pruriens* que fluctuaron entre 3,3 y 6,6 t ha^{-1}, desarrolladas durante 40 semanas en un clima de bosque tropical húmedo de Camerún con 1513 mm de lluvia. En otro experimento de campo realizado en un suelo de textura franco arenosa de clima semiárido del norte de Camerún, África, Asongwed-Awa y Onana (2002) observaron rendimientos de materia seca de follaje en seis variedades de *Mucuna pruriens* que varió entre 1,3 y 5,5 t ha^{-1}, después de 56 a 92 días de crecimiento, respectivamente. Por otro lado, Houngnandan *et al.* (2000) mencionan que *Mucuna pruriens* no inoculada con bacterias *Rhizobium* sp produjo entre 1,5 y 8,7 t ha^{-1}de follaje seco a las 20 semanas después de la siembra, en tres localidades con clima de sabana. La variación en los resultados de producción de biomasa en dichos trabajos y en el presente, se puede atribuir a las distintas condiciones ambientales imperantes durante el desarrollo de los experimentos y a que los genotipos de mucuna estudiados fuero diferentes, como lo mencionan Carsky *et al.* (2001).

Acumulación de nitrógeno en el follaje

La acumulación de nitrógeno por los cultivares de mucuna estudiados se muestra en la Figura 2; la cantidad de nitrógeno acumulado no difirió significativamente entre ellos (P = 0,707), de tal forma que los cultivares Preta, Deeringiana y Ghana acumularon 4,4 (error estándar = 0,66); 4,1 (error estándar = 0,55 y 3,7 (error estándar = 0,35) g planta^{-1} de nitrógeno, respectivamente, lo que equivale a un promedio de 4,07 g planta^{-1}. Las cantidades de N total acumulado por los cultivares de mucuna estudiados equivalen a unos 157 kg ha^{-1}. Kumaga *et al*. (2006) observaron contenidos de N total en el follaje entre 2,12 y 2,42%, menores a los obtenidos en este trabajo (2,88 a 3,24% de N), en dos variedades de *Mucuna pruriens* de 80 a 120 días de edad, no inoculadas con cepas de *Rhizobium*, en dos tipos de suelo de pH ácido y clima tropical lluvioso, estos valores no difirieron significativamente entre sí (P = 0,05). Esta cantidad de N acumulado por las leguminosas estudiadas significa una contribución al reciclaje de este elemento en el suelo (Puertas *et al*., 2008), ya que al final del ciclo de un cultivo de otoño-invierno en el Valle de Culiacán, Sinaloa, prevendrían el lavado de nitratos hacia mantos acuíferos y la volatilización hacia la atmósfera bajo condiciones de anaerobiosis por exceso de humedad en el suelo en la época de lluvias en el verano. Por ello su cultivo podría reducir la contaminación con nitratos a acuíferos subterráneos (Páes *et al*., 2007) y la emisión de óxidos de nitrógeno a la atmósfera que contribuyen al efecto invernadero y calentamiento global (Castellanos y Peña-Cabriales, 1990; Conrad y Seiler, 1980).

Fijación de nitrógeno atmosférico

La cantidad de nitrógeno fijado de la atmósfera por los tres cultivares de mucuna estu-

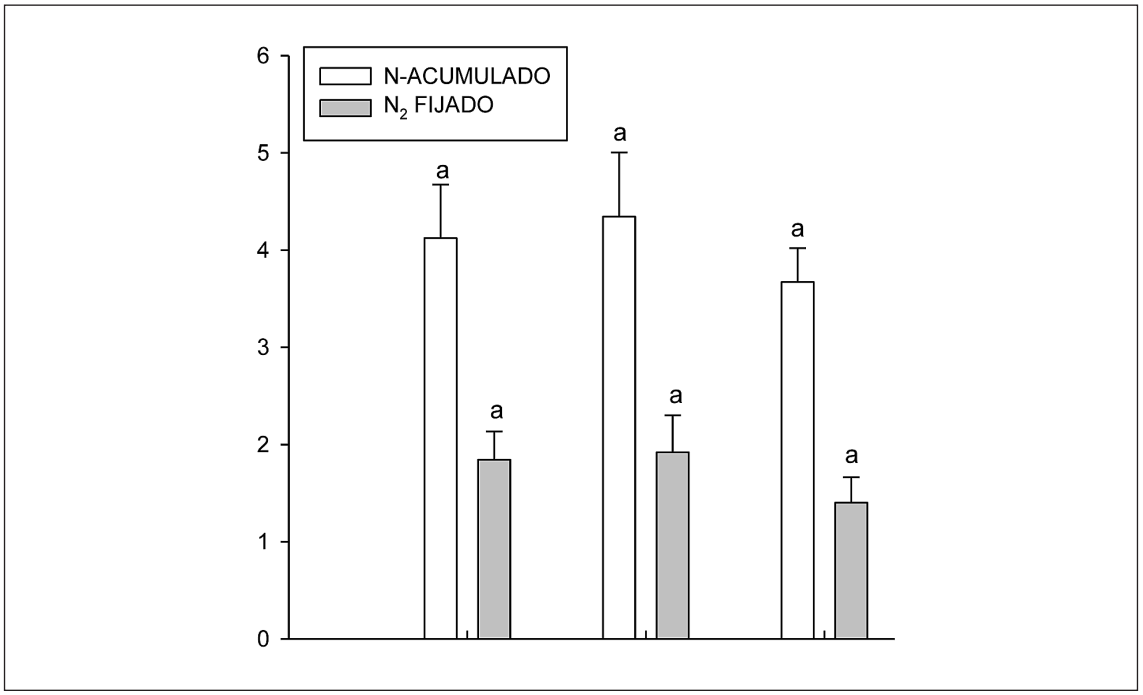


Figura 2. Acumulación y fijación simbiótica de nitrógeno atmosférico en tres cultivares de *Mucuna pruriens*. Medias con la misma letra, entre cultivares, no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0,05$). Barras representan el error estándar de la media de 4 repeticiones.
Figure 2. Accumulation and atmospheric nitrogen fixation in three cultivars of Mucuna pruriens. *Means with the same letter, among cultivars, are not statistically different (Tukey, $P \leq 0,05$). Bars represent standard error of the mean of 4 replicates.*

diadas se presenta en la Figura 2, y no difirieron significativamente entre sí (P>0,05) en la densidad de población establecida en la siembra de las leguminosas, dichas cantidades de nitrógeno fijado equivalen a 74,7; 71,8 y 54,6 kg N ha^{-1}, respectivamente, lo que representa un promedio de 42,4% del nitrógeno total acumulado en la biomasa de dichas leguminosas. Las plantas de los cultivares Deeringiana, Preta y Ghana produjeron 2,8; 1,5 y 1,3 g $planta^{-1}$ de biomasa seca de nódulos en sus raíces, lo cual indicó la presencia de cepas nativas de *Rhizobium* con buena efectividad en el suelo. Esta cantidad de biomasa nodular producida por las leguminosas puede atribuirse a que las condiciones del suelo y temperatura que prevalecieron durante el tiempo del estudio favorecieron a la simbiosis *Rhizobium*-leguminosa; por su parte, Houngnandan *et al*. (2000) observaron nodulación en las raíces de plantas de mucuna no inoculadas con *Rhizobium* en algunos campos de la sabana del oeste de África. Los valores de N fijado observados en los cultivares de mucuna son importantes a pesar de que no se inoculó la semilla con *Rhizobium*, lo cual indica que en el suelo existen cepas nativas de *Rhizobium* con buena eficiencia para fijar N_2 en simbiosis con los tres cultivares de mucuna. La presencia de cepas nativas de rhizobias se corroboró por la biomasa nodular producida por las plantas legu-

minosas. Becker y Johnson (1998) indicaron que mucuna inoculada con bradyrhizobias fijó de 20 a 200 kg N ha^{-1} en suelos de sabana del oeste de África, y los valores más bajos se observaron en suelos de pH ácido con bajo nivel de fósforo o bajo estrés hídrico.

Patrón de descomposición del follaje aplicado al suelo

La información sobre el follaje descompuesto por los cultivares de *M. pruriens* estudiados se presenta en la Tabla 2, observándose que

Tabla 2. Patrón de descomposición del follaje, en función del cultivar de *Mucuna pruriens*, tiempo de incubación y la colocación en el suelo (superficial o enterrada a 20 cm de profundidad). Para cada periodo de incubación y disposición del follaje medias seguidas de la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey ≤ 0,05). Valores promedio de cuatro repeticiones
Table 2. Foliage decomposition pattern, depending on the cultivar of Mucuna pruriens*, incubation time and the placement in the soil (surface or buried at 20 cm depth). For each period of incubation and disposition of the foliage means followed by the same letter are not significantly different (Tukey ≤ 0,05). Average values of four replicates*

Cultivar	Tiempo de incubación[x]	Follaje descompuesto diario[y]	
	(Días)	Enterrado	Superficial
Deeringiana	15	3.54 ± 0.29 a	1.04 ± 0.24 a
Preta	15	3.56 ± 0.28 a	0.82 ± 0.02 a
Ghana	15	3.30 ± 0.19 a	1.53 ± 0.31 a
Deeringiana	30	0.97 ± 0.40 a	2.26 ± 0.31 a
Preta	30	0.91 ± 0.33 a	2.57 ± 0.38 a
Ghana	30	0.95 ± 0.28 a	1.76 ± 0.61 a
Deeringiana	45	1.16 ± 0.30 a	1.18 ± 0.40 a
Preta	45	1.02 ± 0.36 a	1.26 ± 0.32 a
Ghana	45	1.32 ± 0.29 a	1.44 ± 0.48 a
Deeringiana	75	0.35 ± 0.10 a	0.93 ± 0.24 a
Preta	75	0.39 ± 0.11 a	0.73 ± 0.09 a
Ghana	75	0.29 ± 0.07 a	0.62 ± 0.13 a

[x]Días de incubación del follaje en el suelo. [y]Porcentaje del follaje total aplicado al inicio del estudio, en función de su colocación en el suelo. Valores (± error estándar) con la misma letra en cada columna, dentro de iguales períodos de incubación, no son estadísticamente diferentes (Tukey P ≤ 0,05).

[x]Days incubation foliage on the ground. [y]Foliage percent of total applied at baseline, depending on its placement in the soil. [z]Values (±standard error) with the same letter in each column, within the same incubation periods, are not statistically different (Tukey P ≤ 0,05).

no hubo diferencias significativas (P>0,05) en la cantidad de follaje descompuesto entre cultivares de mucuna dentro de períodos de tiempo de incubación.

Independientemente del cultivar, se detectaron diferencias significativas (P<0,001) entre períodos de incubación y entre los dos sistemas de colocación del follaje (superficial y enterrado) como en su interacción, es decir, la velocidad de descomposición del follaje dependió de su colocación en el suelo en cada tiempo de incubación. Los cultivares de mucuna estudiados mostraron similar patrón de descomposición diaria en todos los períodos de incubación; la similitud en el ritmo de descomposición del follaje puede atribuirse a que las leguminosas en estudio presentaron una concentración similar de nitrógeno, la cual fluctuó entre 2,90 a 3,24% de N en el follaje y una proporción C/N que fluctuó entre 14,48 a 16,58 (Tabla 3). Estas características químicas del follaje son determinantes en su tasa de descomposición en el suelo (Bending y Turner, 1999). Es importante mencionar que los tres cultivares de mucuna mostraron una velocidad de descomposición del follaje relativamente alta, tanto en el primer período de incubación (0 a 15 días) cuando este se colocó a 20 cm de profundidad en el suelo, como en el período de 15 a 30 días de incubación cuando el follaje se ubicó en la superficie del suelo; el patrón de descomposición observado en ambos casos puede atribuirse: (1) a la baja relación C/N del follaje detectada en los tres cultivares (Tabla 3) y (2) que es posible suponer que al inicio del tiempo de incubación los componentes más solubles del material vegetal, como glúcidos, aminoácidos y ácidos alifáticos se descomponen rápidamente y (3) a las condiciones más favorables de humedad y de actividad microbiana existentes en el subsuelo respecto a la superficie del suelo; en el caso del último período de incubación, la declinación de la tasa de descomposición podría atribuirse a la disminución de compuestos solubles en agua de fácil degradación y al predominio de compuestos más resistentes a la descomposición microbiana como lignina (Bending y Turner, 1999).

Las temperaturas promedio diarias (29,9 a 31,2ºC) y la precipitación pluvial (633 mm) y la humedad del suelo (40,1 a 55,1%) que se presentaron durante el tiempo de incubación del material vegetal también favorecieron el incremento de las tasas de descomposición y liberación de nitrógeno observadas (Tabla 3); esta situación fue señalada también por Gerónimo-Cruz *et al*. (2002) en un experimento en condiciones de campo con *Mucuna* sp en una zona de clima cálido húmedo y suelo arcilloso con pH 5,9. Yanny *et al*. (2011), en un estudio de descomposición y liberación de nitrógeno de residuos de plantas de maíz incubados durante 20 semanas, con relaciones C/N de 26:1 a 13:1, observaron mayores tasas de descomposición cuando la relación C/N era menor. En nuestro estudio los cultivares de mucuna presentaron rela-

Tabla 3. Valor medio (± error estándar) del contenido de carbono, nitrógeno y relación C/N de cultivares de Mucuna pruriens estudiados. Valores promedio de 9 observaciones por cultivar
Table 3. Mean value (± standard error) of the content of carbon, nitrogen and C/N ratio of cultivars of Mucuna pruriens studied. Average values of 9 observations per cultivar

Cultivar	Carbono	Nitrógeno	C/N
	(%)		
Deeringiana	46,5 ± 0.30	3,2 ± 0.2	14,5 ± 0.9
Preta	46,9 ± 0.30	3,2 ± 0.2	14,5 ± 0.9
Ghana	47,5 ± 0.26	2,9 ± 0.1	16,6 ± 0.8

ciones C/N < 20 (Tabla 3). Al final del estudio de descomposición del follaje (75 días de incubación) se observó que los cultivares Deeringiana, Preta y Ghana se habían descompuesto, en promedio de las dos modalidades de colocación del follaje en el suelo, 95,3% (error estándar = 4,30); 92,9% (error estándar = 6,0) y 90,9% (error estándar = 4,2), respectivamente del follaje total aplicado al inicio del estudio; estos valores de descomposición del follaje corresponden a un promedio de 4678 kg ha^{-1}. Estos datos muestran una rápida mineralización durante el tiempo de incubación del follaje (75 días) de los cultivares de mucuna estudiados. Gerónimo-Cruz *et al*. (2002) observaron una descomposición del 65% del follaje de *Mucuna* sp después de 191 días de incubación en campo en un suelo de clima cálido húmedo de textura arcillosa y pH 5,9. El follaje de los cultivares de mucuna enterrado a 20 cm de profundidad del suelo presentó una tasa de descomposición descendente más regular, que en el caso del follaje colocado en superficie del suelo. Esto sugiere que el proceso de descomposición del material enterrado no fue interrumpido y por tanto hubo condiciones más óptimas de clima y de fertilidad del suelo (Singh y Gupta, 1987). La cantidad de residuo del material que permaneció en el suelo en el último periodo de incubación está relacionado con su contenido de lignina, que al aumentar dificulta el proceso de descomposición (Vitousek *et al*, 1994), pero incrementa el contenido de humus del suelo, lo protege de la erosión hídrica y eólica, y contribuye a conservar su humedad. Respecto a colocación del follaje en el suelo, el grado de descomposición al final del estudio, como promedio de los tres cultivares, varió de 72,5% (error estándar = 2,36) cuando se aplicó enterrado a 54,6% (error estándar = 3,98) cuando se aplicó en la superficie, respectivamente. El análisis de regresión permitió obtener los modelos de regresión entre el follaje remanente y el tiempo de incubación del mismo en el suelo. En la Figura 3 puede apreciarse como en los tres cultivares de mucuna, el patrón de descomposición del follaje colocado en la superficie del suelo se ajustó mejor al modelo lineal, mientras que para el follaje enterrado se ajustó mejor al modelo exponencial simple.

Patrón de liberación de nitrógeno del follaje aplicado al suelo

La cantidad de nitrógeno liberado dentro de períodos de tiempo de incubación no difirió significativamente entre los cultivares de mucuna (P>0,05). Con independencia del cultivar, sólo se observó diferencia significativa (P<0,01) entre tiempos de incubación y colocación del follaje en el suelo y de su interacción. El ritmo de liberación de nitrógeno fue más rápido en el primer período de incubación (0 a 15 días) cuando el follaje estuvo enterrado, a 20 cm de profundidad, y en el segundo período de incubación (30 días) cuando el follaje estuvo en la superficie del suelo (Tabla 4).

Este patrón de liberación de nitrógeno del follaje fue similar al obtenido para su velocidad de descomposición, en los cuatro períodos de incubación en el suelo. Los parámetros de calidad bioquímica de los residuos orgánicos que se han correlacionado con la mineralización de N son las relaciones C:N y lignina:N, además, de los contenidos de N, lignina y celulosa (Bending y Turner, 1999). La liberación de nutrientes a partir de residuos orgánicos depende de sus características químicas y físicas, así como de las condiciones ambientales y las poblaciones microbianas. Los cultivares de mucuna de nuestro estudio presentaron relaciones C/N < 20 (Tabla 3), característica que favoreció la mineralización del nitrógeno (Yanni *et al*., 2011). Cadish *et al*. (1998) señalaron que con condiciones climáticas similares, dicha característica determina la tasa de liberación de N. El efecto de tiempo de incubación indica que la liberación

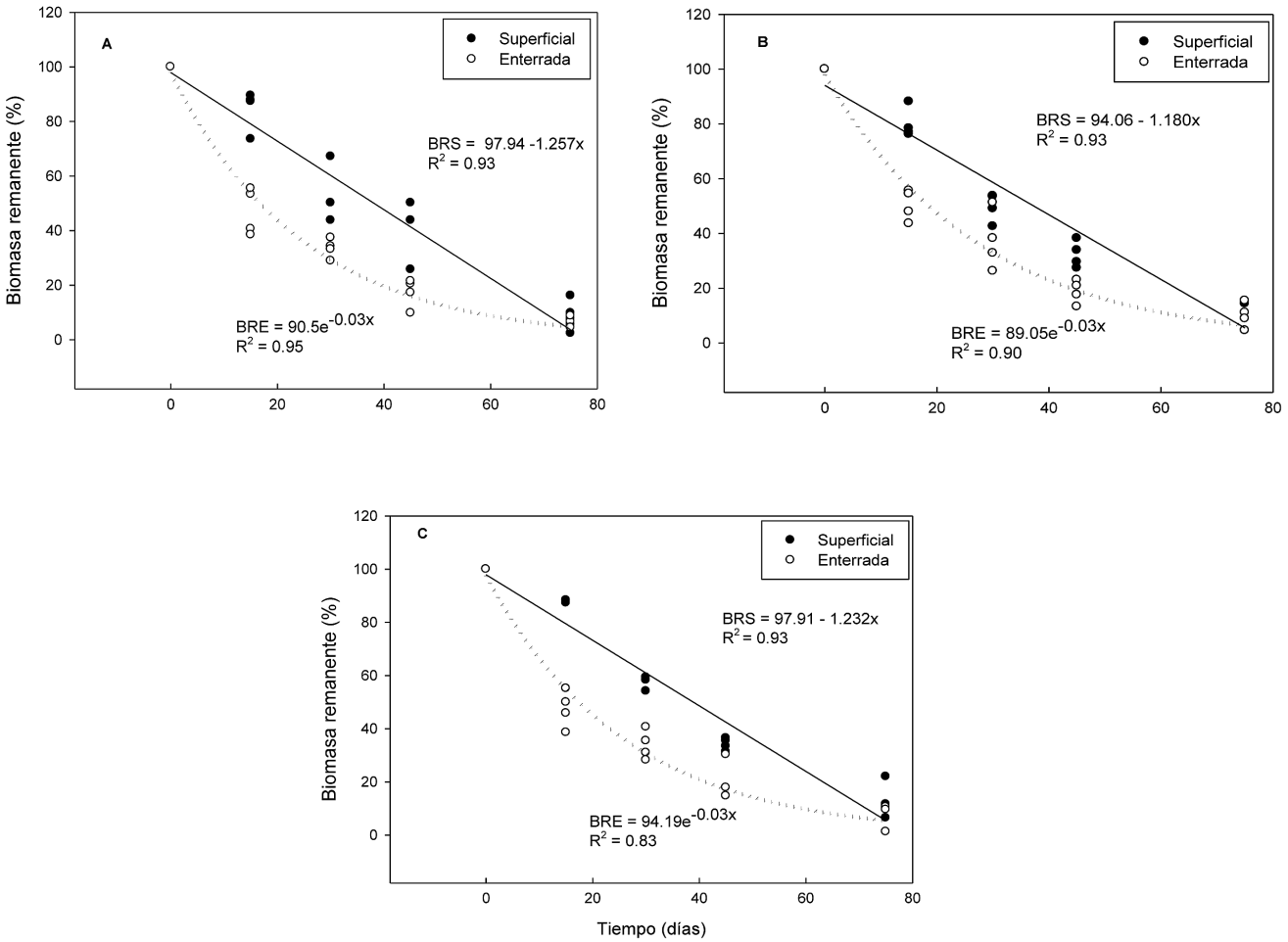


Figura 3. Modelos de regresión entre biomasa remanente y tiempo de incubación del follaje, en función de su colocación en el suelo (superficial o enterrada a 20 cm de profundidad), en los tres cultivares de mucuna estudiados: (A) *Mucuna pruriens* cv. Deeringiana, (B) *Mucuna pruriens* cv. Ghana y (C) *Mucuna pruriens* cv. Preta). BRS = Biomasa remanente en superficie del suelo, BRE = Biomasa remanente enterrada a 20 cm de profundidad (n = 16).

Figure 3. Regression models between biomass and incubation time remaining foliage, depending on their placement in the soil (surface or buried at 20 cm depth) in the three cultivars studied mucuna: (A) Mucuna pruriens *cv. Deeringiana, (B)* Mucuna pruriens *cv. Ghana y (C)* Mucuna pruriens *cv. Preta). BRS = biomass remaining on the soil surface, BRE = Biomass remaining buried at 20 cm depth (n = 16).*

Tabla 4. Patrón de liberación de nitrógeno, en función del cultivar de *Mucuna pruriens*, tiempo de incubación y la colocación en el suelo (superficial o enterrada a 20 cm de profundidad). Valores promedio de 4 repeticiones

Table 4. Nitrogen release pattern, depending on the cultivar of Mucuna pruriens, *incubation time and the placement in the soil (surface or buried at 20 cm depth). Average values of 4 replicates*

Cultivar	Tiempo de incubación[x]	Nitrógeno liberado diario[y]	
		Enterrado	Superficial
Deeringiana	15	3.87 ± 0.43 a	0.99 ± 0.33 a
Preta	15	4.49 ± 0.34 a	1.78 ± 0.54 a
Ghana	15	3.62 ± 0.55 a	1.27 ± 0.24 a
Deeringiana	30	0.78 ± 0.41 a	2.76 ± 0.44 a
Preta	30	0.44 ± 0.43 a	1.91 ± 1.07 a
Ghana	30	0.66 ± 0.37 a	2.31 ± 0.73 a
Deeringiana	45	1,10 ± 0,38 a	0.96 ± 0.29 a
Preta	45	1,14 ± 0,61 a	1.54 ± 0.56 a
Ghana	45	1,20 ± 0,20 a	1.50 ± 0.64 a
Deeringiana	75	0,32 ± 0,11 a	0.86 ± 0.24 a
Preta	75	0,35 ± 0,15 a	0.47 ± 0.13 a
Ghana	75	0,38 ± 0,11 a	0.51 ± 0.22 a

[x]Días de incubación del follaje en el suelo. [y]Porcentaje del follaje total aplicado al suelo al inicio del estudio. [z]Valores (±error estándar) con la misma letra en cada columna, dentro de iguales períodos de incubación, no son estadísticamente diferentes (Tukey P ≤ 0,05).

[x]Days incubation foliage on the ground. [y]Percent of total foliage applied to soil at baseline. [z]Values (± standard error) with the same letter in each column, within the same incubation periods, are not statistically different (Tukey P ≤ 0,05).

de N aumenta con el tiempo como producto de la descomposición de los componentes de la *Mucuna* por los microorganismos del suelo (Sánchez, 1981). Cobo, *et al.* (2002), observaron que la mayor tasa de liberación de nitrógeno del follaje de *Mucuna deeringiana* ocurrió en las primeras dos semanas de incubación y posteriormente esta tasa disminuyó, permaneciendo relativamente estable después de doce semanas. Este mismo patrón se observó para la tasa de descomposición del follaje. A los 75 días de incubación, se observó que el follaje de los cultivares Deeringiana, Preta y Ghana habían liberado, en promedio de las dos modalidades de colocación del follaje en el suelo, o sea 87,8; 92,9 y 91%, respectivamente del nitrógeno total aplicado al inicio del estudio; estos valores correspondieron a 145,8; 156,9 y 130,0 kg N ha^{-1}, respectivamente.

A pesar de que la técnica de las bolsas enterradas es considerada menos exacta que otras técnicas *in-situ*, es una técnica simple, que causa una moderada perturbación del

suelo y permite la investigación del patrón de descomposición de la materia orgánica en el suelo y la dinámica de liberación del nitrógeno en horizontes subsuperficiales del suelo. Estas características hacen que éste sea un método apropiado para investigaciones agronómicas.

Conclusiones

La cantidad de biomasa producida, el monto de nitrógeno acumulado en el follaje y el fijado de la atmósfera (N_2) por los tres cultivares de *Mucuna pruriens* estudiados, así como la nodulación observada en sus raíces indicativo de presencia de cepas nativas de *Rhizobium,* muestra que son aptos para establecerse como cultivos de cobertura del suelo en las condiciones ambientales del Valle de Culiacán, Sinaloa, México.

Tomando como base el patrón de descomposición y de liberación de nitrógeno del follaje, observado en los períodos de tiempo de incubación en los tres cultivares de mucuna estudiados, es factible establecer un cultivo de interés económico en otoño-invierno en el valle de Culiacán, Sinaloa, México, ya sea a partir de los 15 días de la incorporación del follaje a 20 cm de profundidad en el suelo, o después de 30 días de la aplicación del follaje en superficie del suelo bajo un sistema de labranza de conservación; de esta manera se aprovecharía una porción importante del nitrógeno y otros nutrientes liberados en la descomposición del follaje aplicado.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma de Sinaloa por su apoyo financiero, mediante el Programa de Fortalecimiento y Apoyo a Proyectos de Investigación (PROFAPI 2010) y al INIFAP-CIRNO-Campo Experimental Valle de Culiacán, por el apoyo con sus instalaciones.

A Werner Rubio Carrasco, del CIAD-Unidad Culiacán, por su colaboración en los análisis químicos de suelo.

Bibliografía

AOAC, 1999. Official methods of analysis. 16th. Ed. AOAC International. MD, USA. 1141 pp.

Asongwed-Awa A, Onana J, 2002. Variability in productivity of *Mucuna pruriens* varieties in a semi-arid environment, pp. 3-6. *En*: Savanes Africaines: Des Espaces en Mutation, des Acteurs Face à de Nouveaux Defies. Jamin JY, Seiny Boukar L, Floret C. (eds.). *Actes du colloque*, *mai*. Garoua, Cameroun. Prasac, N'Djamena, Tchad-Cirad, Montpellier, France.

Becker M, Johnson DE, 1998. Legumes as dry season fallow in upland rice-based systems of West Africa. Biol. Fert. Soils 27: 358-366.

Bending G, Turner M, 1999. Interaction of biochemical quality and particle size of crop residues and its effect on the microbial biomass and nitrogen dynamics following incorporation into soil. Biol. Fertil. Soils 29: 319-327.

Cadish G, Handayanto E, Malama C, Seyni F, Giller KE, 1998. N recovery from legume prunings and priming effects are governed by the residue quality. Plant Soil 205: 125-134.

Carsky R J, Becke M, Hauser S, 2001. Mucuna cover crop fallow system: Potential and limitations. pp. 111-135. En: Sustaining Soil Fertility in West Africa. Tian G, Ishida F, Keatings D (eds.). SSSA Special Publication No. 58. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy. Madison, USA.

Castellanos JZ, Peña-Cabriales JJ, 1990. Los nitratos provenientes de la agricultura. Una fuente de contaminación de los acuíferos. Terra 8 (1): 113-126.

Cobo JG, Barrios E, Kass DCL, Thomas RJ, 2002. Decomposition and nutrient release by green manures in a tropical hillside agroecosystem. Plant and Soil 240: 331-342.

Conrad R, Seiler W, 1980. Field measurement of the loss of fertilizer nitrogen into the atmosphere as nitrous oxide. Atmos. Environ. 14: 555-558.

Creamer NG, Bennett MA, Stinner BJ, Cardina J, 1996. A comparison of four processing tomato production systems differing in cover crop and chemical inputs. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 12: 559-568.

Decker A M, Clark AJ, Meisinger JJ, Ronald F, Mcintosh MS, 1994. Legume cover crop contributions to notillage corn production. Agron. J. 86: 126-135.

García ME, 1988. Modificación climática de Köpen. 4ª ed. Offset Larios. México, D.F. 219 pp.

Gerónimo-Cruz A, Salgado GS, Catzin RFJ, Ortiz CAI, 2002. Descomposición del follaje de nescafé (*Mucuna* spp.) en la época seca. Interciencia 27 (11): 625-630.

Hargrove WL, 1986. Winter legumes as a nitrogen source for no-till grain sorghum. Agron. J. 78: 74-74.

Hauser S, Nolte C, 2002. Biomass production and N fixation of five *Mucuna pruri ens* varieties and their effect on maize yields in the forest zone of Cameroon. J. Plant Nutr. Soil Sci. 165: 101-109.

Houngnandan P, Sanginga N, Woomer P, Vanlauwe B, Van CVO, 2000. Response of *Mucuna pruriens* to symbiotic nitrogen fixation by rhizobia following inoculation in farmers' fields in the derived savanna of Benin. Biol. Fertil. Soils 30: 558-565.

Kumaga FK, Ofori K, Marfo-Ahenkora E, 2006. Nodulation, dry matter and nitrogen accumulation of mucuna (*Mucuna puriens* var utilis) in response to Bradyrhizobia inoculation. Int. J. Agric. Biol. 8:138-141.

Kuo S, Sainju UM, Jellum EJ, 1997. Winter cover croping influence on nitrogen in soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 61: 1392-1399.

Myers RJK, Palm CA, Cuevas E, Gunatilleke IUN, Brussard M, 1994.The synchronization of nutrient mineralization and plant nutrient demand, pp 81-116. En: The Biological Management of Tropical Soil Fertility. Woomer PL and Swift MJ (eds). John Wiley and Sons, Chichesler, U.K.

Páes OF, Ramirez RG, Ruiz FAC, Soto JMA, 2007. La contaminación por nitrógeno y fósforo en Sinaloa: Flujos, fuentes, efectos y opciones de manejo. 1ª. Edición. Universidad Nacional Autónoma de México. D.F., México. 304 pp.

Puertas F, Arévalo E, Zúñiga L, Alegre J, Loli O, Soplin H, Baligar V, 2008. Establecimiento de cultivos de cobertura y extracción total de nutrientes en un suelo de trópico húmedo en la amazonía peruana. Ecología Aplicada 7(1): 23-28.

Salgado GS, Nuñez ER, Palma LDJ, 2010. Los abonos orgánicos, pp 115-132. En: Manejo de Fertilizantes Químicos y Orgánicos. Salgado G. S., Núñez E. R. (coordinadores). Colegio de Postgraduados y Mundi-Prensa. D.F., México.

Sánchez AP, 1981. Suelos del trópico. Características y manejo. IICA. San José, Costa Rica. 660 pp.

Sanginga N, Hounguandan P, Vanlauwe B, Okogun J, Akobundu I, Versteeg MN, 1996. Evaluation of symbiotic properties and nitrogen contribution of mucuna to maize grown in the derived Savanna of West Africa. Plant and Soil 179: 119-29.

Shennan C, 1992. Cover crops, nitrogen cycling, and soil properties in semi-irrigated vegetable production systems. HortScience 27: 749-754.

Singh JS, Gupta SR, 1987. Plant decomposition and soil respiration in terrestrial ecosystems. Botanical Rev. 43: 449-528.

Thomas RJ, Asakawa NM, 1993. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. Soil Biol. Biochem. 25: 1351-1361.

USDA-Natural Resources Conservation Service, 1999. Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. Agriculture Handbook No. 436. Second Edition. By Soil Survey Staff. Washington, D.C. 863 pp.

Van-Wambeke A, 1987. Soil moisture and temperature regimes of Central America, Caribbean and Mexico. SMSS Technical Monograph 16. Department of Agronomy. Cornell University, Ithaca, New York. 225 pp.

Versteeg MN, Koudokpon V, 1990. Mucuna helps control *Imperata cylindrica* in Southern Benin. West Afric. Farm. Syst. Res. Netw. (WAFSRN), Bull. 7: 7-8.

Villarreal RM, Hernández VS, Sanchez PP, García ERS, Osuna ET, Parra TS, Armenta BAD, 2006. Efecto de cobertura del suelo con leguminosas en rendimiento y calidad del tomate. Terra Latinoamericana 24 (4): 549-556.

Vitousek MP, Turner DR, Part WJ, Stanford RL, 1994. Litter decomposition on the Mauna Loa environmental matrix, Hawaii: Patterns, mechanisms and models. Ecology 75: 418-429.

Yanni F, Sandra-Whalen JK, Simpson JM, Janzen HH, 2011. Plant lignin and nitrogen contents control carbon dioxide production and nitrogen mineralization in soils incubated with Bt and non-Bt corn residues. Soil Biol. and Biochem. 43 (1): 63-69.

(Aceptado para publicación el 25 de junio de 2013)

Últimos avances en la aplicación del 1-metilciclopropeno (1-MCP) en peras

M.A. Chiriboga[*,**], W.C. Schotsmans[***], C. Larrigaudière[**] e I. Recasens[*,**,1]

* Departamento de Hortofruticultura, Botánica y Jardinería, Universidad de Lleida, Av. Alcalde Rovira Roure 191, 25198 Lleida, España

** Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias, Av. Alcalde Rovira Roure 191, 25198 Lleida, Spain

*** GiMa Horticulture, Kerkstraat 79/B1, 2340 Vlimmeren, Bélgica

Resumen

Esta revisión recoge todos los artículos publicados sobre la aplicación poscosecha en pera de 1-metilciclopropeno (1-MCP) desde el año 2007 hasta 2013. Actualmente, el 1-MCP se aplica comercialmente en algunas variedades de pera, mientras que en otras, aún se continúa investigando debido a la complejidad de la respuesta al tratamiento. Una gran variedad de factores pueden afectar la respuesta a la aplicación del 1-MCP entre los que se incluye el estado de madurez y las condiciones en que se efectúa el tratamiento. Otros aspectos como la naturaleza del envase y el sistema de enfriamiento también pueden ser importantes. Dependiendo de la especie y de la variedad, el tratamiento con 1-MCP puede ocasionar una gran diversidad de respuestas fisiológicas y bioquímicas ya que puede afectar la respiración, la producción de etileno, el metabolismo oxidativo y algunos parámetros de calidad, como el color, la firmeza, la acidez o los sólidos solubles. Puede también afectar a la aparición de desórdenes fisiológicos y patologías. Esta revisión pretende recoger lo que se conoce acerca de los usos tecnológicos del 1-MCP en peras y describe las discrepancias entre las distintas publicaciones, así como las áreas que requieren mayor estudio.

Palabras clave: Peras, 1-MCP, metabolismo del etileno, metabolismo antioxidante, bloqueo de la maduración, estado de madurez.

Abstract
Recent advances in the application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) in pears

This review collects all the published papers related to the postharvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on pear since 2007 to 2013. Currently, 1-MCP is commercially applied in some varieties of pears, while in others, research still continues due to the complexity of the fruit response to the treatment. A variety of factors can affect the application of 1-MCP including fruit maturity and treatment conditions. Other aspects such as the bin material and the cooling method can also play an important role. Depending on the species and cultivar treated, 1-MCP may occur a variety of physiological and biochemical responses and may affect respiration, ethylene production, oxidative metabolism, and some quality changes like color, firmness, acidity and soluble solids. Disorders and diseases can also be affected. This review compiles what is known about the technological uses of 1-MCP on pears, defines where discrepancies exist between reports, and defines areas requiring further study.

Key words: Pears, 1-MCP, ethylene metabolism, antioxidant metabolism, ripening blockage, maturity.

---

1. Autor para correspondencia: irecasens@hbj.udl.cat

http://dx.doi.org/10.12706/itea.2014.003

Introducción

El 1-metilciclopropeno (1-MCP) es una nueva herramienta que actualmente permite alargar la conservación y la vida útil de una gran variedad de frutas, manteniendo los estándares de calidad en poscosecha. Las investigaciones acerca de la aplicación de este producto en diferentes especies han sido muy numerosas en los años posteriores a su descubrimiento (Blankenship y Dole, 2003, Watkins, 2006, Schotsmans *et al*., 2009, Sozzi y Beaudry, 2007). En lo que respecta a su utilización en peras, se han publicado numerosos trabajos que fueron recogidos en su día por Chiriboga *et al*. (2008) y en los últimos años todavía se sigue investigando la aplicación de este producto en diferentes variedades. En España, en el año 2006 se registró el 1-MCP en manzanas y peras con ciertos usos restringidos para el control del escaldado superficial y el mantenimiento de la firmeza (BOE 23/06/2006). En el año 2011 se autorizó su uso en peras y hasta el momento se aplica a nivel comercial en las variedades "Blanquilla", "Ercolini", "Limonera" y "Williams-Bartlett" con recomendaciones específicas para cada una de ellas. En otras variedades como "Conference" o "Alejandrina" aunque su uso está autorizado, no se comercializa libremente ya que se continúan realizando ensayos, debido a la complejidad de las respuestas al tratamiento con 1-MCP. Sin embargo, en otros países, sí se comercializa para la variedad "Conference", aunque con seguimiento intensivo durante la conservación (comunicación personal Agrofresh).

La presente revisión bibliográfica pretende ser una actualización de todas las publicaciones realizadas acerca de la aplicación del 1-MCP en pera en los últimos años. De esta manera, constituye una continuación de la revisión bibliográfica publicada anteriormente que incluía todas las publicaciones realizadas en este tema hasta el año 2006 (Chiriboga *et al*., 2008).

Factores que afectan la aplicación de 1-MCP

Según Sozzi y Beaudry (2007) los factores pre y pos cosecha que afectan la respuesta al tratamiento de 1-MCP son numerosos. Se incluyen factores como el genotipo (especie y variedad), las condiciones ambientales, las prácticas culturales en el campo, la fecha de cosecha (estado fisiológico del fruto), las condiciones de aplicación, la susceptibilidad de la fruta a las alteraciones y las condiciones del manejo en poscosecha. En este apartado se han considerado los factores más importantes que afectan la aplicación del 1-MCP en peras.

Concentración, temperatura y duración del tratamiento

Las peras, en general, son muy sensibles a la exposición al 1-MCP y la eficacia del tratamiento depende de la variedad, por ello, se precisa aplicar una concentración adecuada a cada variedad, aunque esto depende en gran medida de la madurez a la cosecha y del tiempo que permaneceran las peras en conservación. Estudios realizados por Raffo *et al*. (2008) en peras "Williams", indican que incluso algunos factores precosecha como la exposición a diferentes intensidades lumínicas o diferentes temperaturas antes de la recolección, pueden ser posibles causas de la variabilidad de la respuesta al tratamiento con 1-MCP.

En peras "Bartlett" una dosis de 300 nL L^{-1} de 1-MCP logra retrasar la maduración e inhibir la producción del etileno, sin embargo, la respuesta al 1-MCP puede variar dependiendo de la temperatura y duración del tratamiento (Villalobos-Acuña *et al*., 2011a). En todos los casos el 1-MCP inhibe la maduración, pero las peras tratadas a una temperatura de 0ºC recuperan más rápidamente sus parámetros de maduración, tales como la producción de etileno, el ablandamiento y la pérdida de color verde, que las tratadas a 20ºC.

Se ha observado que si se realiza el tratamiento a 20 ºC no hay diferencias entre mantenerlo durante 12 ó 24 horas, mientras que a 0ºC, el efecto es mucho mayor cuando los frutos se tratan durante 24 horas en lugar de 12 horas (Villalobos-Acuña *et al*., 2011a).

En otras variedades de pera, las concentraciones recomendadas pueden ser diferentes. Por ejemplo en la variedad "Spadona", una dosis de 200 nL L^{-1} de 1-MCP durante 20 horas a 20ºC es suficiente para retrasar la maduración y mejorar el potencial de conservación de la fruta, durante seis meses en atmósfera controlada y dos semanas a 20ºC (Gamrasni *et al*., 2010). En la variedad "Patharnakh", se precisan concentraciones más altas (500 -1000 nL L^{-1}) y una menor duración del tratamiento (4 horas) para retener la firmeza y la pérdida de peso (Mahajan *et al*., 2010). Sin embargo en peras "Akemizu" y "Kikusui", el tratamiento con 1000 nL L^{-1} 1-MCP requiere de 12 horas a 25ºC para inhibir la tasa de respiración y retrasar el pico de etileno (Li y Wang, 2009, Li *et al*., 2010).

A fin de reducir el tiempo del tratamiento, también se han realizado ensayos de aplicación de 1-MCP mediante infiltración a bajas presiones en peras japonesas (Kashimura *et al*., 2010). El tratamiento a bajas presiones ha permitido reducir la pérdida de firmeza y mantener la calidad de las peras durante la conservación, pero ha resultado ser menos efectivo que en manzanas, debido posiblemente a una menor difusión del 1-MCP en la pulpa de las peras.

Estado de madurez y momento de aplicación

En los últimos años, muchos estudios se han enfocado en estudiar el efecto que produce el estado de madurez en cosecha, sobre la respuesta al 1-MCP. Todavía este efecto no está muy claro. Por ejemplo, en peras "Bartlett" cosechadas en diferentes estados de madurez, la aplicación de 1-MCP retrasa la maduración en todos los casos (producción de etileno, respiración y desarrollo del color amarillo). Sin embargo, la recuperación de la maduración después de la conservación depende de la madurez a la cosecha (Villalobos-Acuña *et al*., 2011a, Macnish *et al*., 2012). Un estado de madurez avanzado hace posible una maduración más rápida después de la conservación ya que va acompañada de una mayor estimulación en la producción de etileno.

En peras "Conference", la efectividad del tratamiento con 1-MCP depende también del estado de madurez de la fruta en el momento de la cosecha (Chiriboga *et al*., 2012, Chiriboga *et al*., 2013b). Frutos de cosecha temprana (7 días antes de la fecha óptima) o de fecha de cosecha comercial (óptima) se mantienen firmes tras el tratamiento con 1-MCP y pierden su capacidad para ablandarse incluso después de varios días a 20ºC. Al contrario, si el tratamiento se da en etapas más avanzadas de madurez (7 y 10 días después de la cosecha óptima) la retención de la firmeza es mucho menor, aunque este efecto también depende del campo e incluso del año en que se cosecha.

Gamrasni *et al*. (2010) demuestran que la efectividad del tratamiento 1-MCP en peras de la variedad "Spadona" depende de la etapa climatérica del fruto en el momento de la aplicación. El tratamiento inhibe la maduración en peras tratadas antes del pico climatérico o al inicio del mismo, pero estos frutos posteriormente no maduran a una firmeza comestible (< 40N) después de 6 meses de conservación en frío y 2 semanas de vida comercial. Cuando el tratamiento se aplica después de acondicionar los frutos a 20ºC durante 7 días después de la cosecha, estos frutos se encuentran en las primeras etapas del climaterio en el momento del tratamiento y maduran, alcanzando la calidad óptima de consumo tras 2 semanas de vida

comercial. Una aplicación 12 días después de la cosecha (en la mitad del pico climatérico) permite tener una firmeza de 25 N después de 6 meses de conservación y 7 días a 20ºC. El conjunto de estos resultados muestra una vez más que el estado climatérico en que se encuentra el fruto en el momento del tratamiento es una de las razones que provoca las variaciones en la respuesta al 1-MCP (Zhang *et al*., 2009).

En algunos casos, el momento del tratamiento también es importante. Villalobos-Acuña *et al*. (2011a) mostraron que peras "Bartlett" tratadas 1 día después de la cosecha a diferentes temperaturas (0, 5, 10, 15 y 20ºC) presentaban valores más elevados del tono (color más verde) que los controles después de la conservación. Sin embargo, los frutos tratados 3, 5 y 7 días después de la cosecha a las mismas temperaturas, no mostraban diferencias ni en firmeza ni en color con los frutos no tratados.

Según Calvo y Candan (2012), en peras "Williams" un retraso de 3, 7 ó 10 días en la aplicación del 1-MCP después de la cosecha, manteniéndolas a 0ºC, no afecta la eficacia del tratamiento, incluso en peras de cosechas tardías, ya que la producción de etileno sigue indetectable en el momento de aplicación.

Aunque la aplicación de 1-MCP se realiza normalmente después de la cosecha, se han realizado también ensayos de tratamientos en campo, en peras "Bartlett" (Villalobos-Acuna *et al*., 2010). Las aplicaciones de 1-MCP en el árbol han resultado tan efectivas como las aplicaciones de acido 1-Naftalenacético (ANA) para reducir la caída prematura de los fruto, sin embargo, el efecto sobre el retraso de la maduración no es tan duradero como cuando se aplica en la fruta ya recolectada. Se puede apreciar un efecto inmediatamente después de la cosecha pero éste desaparece después de 3,5 meses de almacenamiento a -1ºC. Se precisan más estudios para optimizar la aplicación en campo del 1-MCP.

Naturaleza del envase

La efectividad del tratamiento con 1-MCP puede depender también de la naturaleza del envase en el que se realiza el tratamiento. Vallejo y Beaudry (2006) observaron que ciertos tipos de material como el cartón y la madera proporcionan un número indeterminado de sitios no específicos de absorción del 1-MCP, reduciendo su efectividad, aunque este mecanismo no está del todo explicado.

Calvo y Sozzi (2009) en estudios posteriores, demostraron también que peras "Bartlett" tratadas con 500 nL L^{-1} de 1-MCP y almacenadas en envases de madera, maduraron después de 7 días a 20ºC (firmeza ⊕20 N) mientras que la fruta conservada en envases de plástico retrasó su maduración y alcanzó esta firmeza a los 21 días a 20ºC. Según estos autores, el envase absorbe parte del compuesto 1-MCP y afecta la eficacia del tratamiento, especialmente si los envases son de madera y más aún cuando están húmedos, como lo que ocurre cuando la fruta se enfría mediante hidrocooling.

Estudios recientes sugieren que esto ocurre debido a que la alta concentración de lignina y de materia seca que contienen tanto los envases de cartón como de madera, puede proporcionar una mayor concentración de sitios activos de absorción de 1-MCP que en la propia fruta (Ambaw *et al*., 2011).

Respuesta fisiológica al tratamiento con 1-MCP

Metabolismo del etileno y tasa de respiración

En todos los estudios que se han realizado en peras en los últimos años, se confirma que el 1-MCP bloquea no sólo los receptores sino también la producción auto-catalítica de etileno (Gamrasni *et al*., 2010, Yazdani *et al*.,

2011, Li y Wang, 2009, Villalobos-Acuña *et al*., 2011b, MacLean *et al*., 2007, Yamane *et al*., 2007, Li *et al*., 2010). No esta claro todavía el sitio exacto en la ruta de biosíntesis de etileno en donde el 1-MCP interviene, pero es probable que sean las dos enzimas claves de esta ruta, la ACC sintasa (ACS) y la ACC oxidasa (ACO).

Chiriboga *et al*. (2012) observaron en peras "Conference" que el tratamiento con 1-MCP induce una inhibición parcial del aumento de los niveles de ACC y una inhibición de la actividad de las enzimas ACS y ACO durante la conservación en frío y vida comercial, así como una incapacidad de convertir ACC a MACC en comparación a los frutos sin tratar. Sin embargo, la capacidad de los frutos tratados para reanudar el proceso de maduración está relacionada con la acumulación de ACC y la intensidad de inhibición de la ACS durante la conservación en frío y con la actividad residual de esta enzima durante la vida comercial a 20ºC. La inhibición del tratamiento sobre el metabolismo del etileno depende del estado de madurez a la cosecha y en menor grado de la ubicación del cultivo.

Estudios anteriores han demostrado que por lo menos cuatro genes de ACS y un gen de ACO se expresaron durante el desarrollo y maduración de peras (El-Sharkawy *et al*., 2004). En peras "Spadona" se observó una disminución de la actividad de la ACO y de la expresión de los genes *PcACS1b y PcACO1* debida el tratamiento con 1-MCP (Gamrasni *et al*., 2010). En peras "Bartlett" tratadas con 1-MCP, Villalobos-Acuña *et al*. (2011b) también comprobaron la inhibición de la actividad de las enzimas ACS y ACO acompañada por una disminución de la expresión de los genes *PcACO1, PcACS4 y PcACS5* que son inducidos por la conservación en frío.

Receptores del etileno

En la última década, ha habido muchos avances en el conocimiento de cómo el 1-MCP regula la expresión de los receptores de etileno en muchas especies de plantas. Tres receptores de etileno (*PcETR1, PcERS1, PcETR5*) y una proteína quinasa (*PcCTR*1) se han descrito en peras (El-Sharkawy *et al*., 2003).

Se ha observado, que en peras "Kikusui" tratadas con 1-MCP inmediatamente después de la cosecha, la expresión de *PpETR3* aumenta entre los 0 y 9 días a 25ºC después del tratamiento, mientras que la expresión de *PpERS2* queda inhibida entre los 6 y 15 días a 25ºC (Li *et al*., 2010). Por el contario, en los frutos no tratados la expresión de *PpETR3* disminuye durante los primeros 6 días a 25ºC. Estos resultados sugieren que la unión del 1-MCP al receptor *PpERS2* altera directamente la regulación de la transcripción de este receptor, inhibiendo así la capacidad de regulación del etileno. Estos resultados son también consistentes con el patrón de expresión del receptor *PpERS1* que se ha observado en pera "Red d'Anjou" (MacLean *et al*., 2003). En este caso, en los frutos tratados con 1-MCP, la expresión del receptor *PpERS1* así como la tasa de producción de etileno, disminuyó durante una semana a temperatura ambiente. Los estudios sobre transcriptómica abren nuevas oportunidades para predecir el comportamiento de las peras durante la maduración y predecir posibles riesgos derivados de los tratamientos poscosecha (Johnston y Brookfield, 2012).

Metabolismo oxidativo

El tratamiento con 1-MCP inhibe la acumulación de peróxido de hidrógeno (H_2O_2), como lo observado en peras "Suli" (Dong *et al*., 2011) durante 24 días a 20ºC. La acumulación de H_2O_2 en las plantas es a menudo considerada como un indicador de estrés oxidativo durante la maduración de la fruta (Quan *et al*., 2008). En consecuencia, el tratamiento con 1-MCP parece reducir el daño de la membrana celular y de esta manera retrasa la maduración y senescencia de la fruta.

Estudios previos observaron que en pera "Blanquilla" el tratamiento con 1-MCP promueve las actividades de las enzimas antioxidantes (Larrigaudière *et al*., 2004b). Algo similar se observa en pera cv "Kikusui" (Li *et al*., 2010) tratada con 1000 nL L^{-1} de 1-MCP. Los frutos tratados presentan actividades más altas de las enzimas superóxido dismutasa (SOD), catalasa (CAT) y peroxidasa (APX) después de 12 días a 20ºC.

Así mismo, Fu *et al*. (2007) demostraron que peras "Yali" tratadas con 200 nL L^{-1} de 1-MCP tenían una capacidad enzimática antioxidante más elevada, debida a una mayor actividad de las enzimas SOD, CAT y POX después de diferentes períodos de conservación frigorífica.

No se conoce con certeza cómo el tratamiento 1-MCP causa este incremento en el sistema antioxidante, sin embargo, algunos autores sugieren que puede ser debido a la capacidad del 1-MCP para inhibir la generación de radicales libres normalmente presentes en la respiración climatérica, a través de mecanismos todavía desconocidos (MacLean *et al*., 2003).

En peras "Conference" el tratamiento de 1-MCP provoca un menor descenso de las actividades de las enzimas SOD y CAT respecto a los controles, en las primeras semanas de conservación en frío a la vez que se observa una mayor actividad de estas enzimas durante toda la conservación en frío (Chiriboga *et al*., 2013a). Lo mismo ocurre con el acido ascórbico, lo que sugiere que el tratamiento con 1-MCP provoca un aumento del potencial antioxidante, que podría estar ligado a su vez con una disminución de los procesos de senescencia. El 1-MCP además provoca un mantenimiento del metabolismo antioxidante durante la vida comercial a 20ºC, especialmente de la enzima CAT y la medida en que puede tener un efecto positivo depende de la madurez de la fruta a la cosecha y en menor grado de la ubicación del cultivo.

Por el contrario, en peras asiáticas (*Pyrus serotina* cv. KS_6) se han observado actividades de las enzimas CAT y POX inferiores en la fruta tratada con 1-MCP, mientras que la actividad de la SOD no se ve afectada (Yazdani *et al*., 2011).

El tratamiento 1-MCP en algún caso, como en pera "Blanquilla" también se ha asociado con menores niveles de ácido ascórbico (Larrigaudière *et al*., 2004b), mientras que en otros casos como en pera "Rocha" (Silva *et al*., 2010), el tratamiento no afecta los niveles de ácido ascórbico ni de glutatión lo que permite mantener la capacidad antioxidante de la fruta durante diferentes periodos de conservación en frio.

Efecto en la calidad

Evolución de la firmeza

En general, el objetivo del tratamiento con 1-MCP es lograr un mantenimiento de la firmeza durante la conservación en cámara frigorífica y durante su manipulación, a la vez que permitir una calidad óptima para el consumo en el momento de la comercialización y esto se ha demostrado en muchas variedades de pera (Chiriboga *et al*., 2008). El retraso en la pérdida de firmeza depende a su vez de muchos otros factores tales como la dosis, la variedad e incluso la naturaleza del envase. Por ejemplo en peras "Bartlett", una dosis de 300 nL L^{-1} de 1-MCP es suficiente para retener la firmeza después de largos períodos de almacenamiento y varios días a 20ºC (Villalobos-Acuña *et al*., 2011b), mientras que en variedades como "Akemizu" (Li y Wang, 2009) y "Patharnakh" (Mahajan *et al*., 2010) se necesita una dosis de 1000 nL L^{-1} de 1-MCP para retrasar la pérdida de firmeza tanto durante la conservación a 4ºC como durante la vida comercial a 20ºC. Algunos autores, sugieren que el mantenimiento de la firmeza de la fruta por el 1-MCP se debe a la inhibición de las enzimas que degradan la pectina que se

relacionan con el ablandamiento durante la senescencia (Li *et al*., 2010).

El 1-MCP también puede mantener la firmeza en pera "Blanquilla" recién cortada (Arias *et al*., 2009). Las peras tratadas con 300 nL L^{-1} mantuvieron una firmeza por encima de 7.8 N comparado con 1.9 N de los frutos sin tratar, durante 15 días a 4ºC.

En peras de la variedad "Spadona", cosechadas en diferentes estados de madurez, el tratamiento con 300 nL L^{-1} de 1-MCP logra mantener la firmeza en todos los frutos durante la conservación, sin embargo, mucha de esa fruta no madura suficiente y no se ablanda, manteniendo valores superiores a 37 N aún tras 2 semanas a 20ºC, a excepción de la fruta tratada a la mitad del pico climatérico que llegó a una firmeza de 25 N tras este mismo periodo (Gamrasni *et al*., 2010).

Según Li *et al*. (2008), el 1-MCP retrasa la perdida de firmeza y los procesos de maduración y senescencia en peras "Bayuehong" gracias a que el tratamiento inhibe las actividades de las enzimas lipoxigenasa (LOX) y polifenoloxidasa (PPO), enzimas que se correlacionan fuertemente a estos procesos.

Producción de volátiles y calidad sensorial

El tratamiento con 1-MCP puede actuar sobre la producción de volátiles. Se ha visto en peras tratadas de la variedad "Ya" conservadas durante 40 días en frío y 21 días a 20ºC, que el tratamiento retrasa la aparición de sabores desagradables debidos al acetaldehído y etanol, mientras que el contenido de acetato de etilo y hexanal se incrementa muy poco y el hexanol se mantiene estable durante este periodo (Kou *et al*., 2012). El efecto del tratamiento sobre estos compuestos puede atribuirse a que los frutos tratados presentan una menor respiración y menor producción de etileno como se describió anteriormente en peras "d'Anjou" (Argenta *et al*., 2003).

En otro estudio realizado en peras "Packham's Triumph" tratadas con 200 nL L^{-1} de 1-MCP, las condiciones de conservación y la fecha de cosecha, afectaron también la producción de compuestos volátiles. Después de 2 meses de conservación en frío, el 1-MCP redujo la producción de compuestos volátiles aromáticos, pero al cabo de 6 meses estas peras recuperaron su capacidad para producir volátiles con olor activo, adquiriendo un mejor sabor y siendo las preferidas por los paneles de catadores (Moya-León *et al*., 2006). Esta preferencia no es debida únicamente a los volátiles sino a su capacidad para desarrollar una textura más suave, una dulzura superior y un mejor aroma durante el período de conservación. En cualquier caso, las peras tratadas y recolectadas en una fecha tardía produjeron mayores cantidades de compuestos volátiles que las cosechadas en la fecha comercial.

Evolución del color

El tratamiento 1-MCP afecta al cambio de color durante la maduración. Villalobos-Acuña *et al*. (2011a) demostraron que el cambio de color depende del momento de la aplicación del 1-MCP. Peras "Bartlett" tratadas inmediatamente después de la cosecha, retienen el color verde (valores más elevados del tono) mientras que al tratarlas días después (3, 5 y 7 días) de la cosecha, el color cambia igual que en las peras no tratadas. En el mismo estudio, se observa que la temperatura a la que se efectúa el tratamiento puede hacer variar la respuesta, tratar a 0ºC induce un mayor cambio de color en la fruta después de 45 días de conservación que si se trata a 20ºC.

La concentración aplicada también puede afectar el cambio de color. En peras "Bartlett", una concentración de 300 nL L^{-1} de 1-MCP no impide un cambio de color mientras que con 600 nL L^{-1} de 1-MCP, se mantienen verdes después 60, 90 ó 120 días de almacenamiento en

frío y 7 días a 20 ºC, además, se evidencia una disociación entre el cambio de color de la piel y el ablandamiento de la pulpa después de largos períodos de conservación (120-150 días) (Calvo y Sozzi, 2009).

Contenido de sólidos solubles y ácidos

El contenido de sólidos solubles también puede verse afectado por el tratamiento 1-MCP en función de la variedad. Así, en pera "Akemizu" (Li y Wang, 2009), los frutos tratados tienen valores más altos de sólidos solubles tanto a 4ºC como a 25ºC, después de 48 y 8 días respectivamente, mientras que en la variedad "Suli" no se ve ningún efecto del tratamiento 1-MCP en el contenido de sólidos solubles, tanto en frutos conservados en frío o a temperatura ambiente (Dong *et al*., 2011).

Se ha comprobado en peras "Nakai" que la aplicación de 1-MCP inhibe la acumulación de *PpAIV1* y la disminución de *PpSPS1*, genes que codifican la enzimas que metabolizan la sacarosa y por tanto inhibe la perdida de sacarosa y acumulación de hexosas (Itai y Tanahashi, 2008).

Por otro lado, en peras "Patharnakh" el efecto del tratamiento depende de los días de conservación a 0ºC. El contenido de sólidos solubles se incrementa hasta los 75 días en los frutos tratados y posteriormente baja a los 90 días de conservación (Mahajan *et al*., 2010). El incremento en sólidos solubles durante los primeros meses de conservación puede deberse a la hidrólisis del almidón en azúcares, aunque después ya no signifique un aumento adicional de azúcares en los meses posteriores, ya que los azúcares junto con otros ácidos orgánicos son los sustratos para la respiración (Wills *et al*., 1980). El 1-MCP en general retiene la acidez al igual que la firmeza, ya que retrasa el proceso de maduración tal como se observa en peras "Akemizu" (Li y Wang, 2009), "Patharnakh" (Mahajan *et al*., 2010) y "Cuiguan" (Chang *et al*., 2008).

Pérdida de peso

El efecto del 1-MCP en el peso es muy variable. En peras cv "Patharnakh" tratadas con 500, 750 y 1000 nL L^{-1} con 1-MCP, se observa que la pérdida de peso es menor conforme se aumenta la dosis aplicada durante diferentes periodos de conservación (Mahajan *et al*., 2010). La menor pérdida de peso puede atribuirse a la menor tasa de respiración de los frutos tratados y también a una menor transpiración debida al mantenimiento de la estructura de los tejidos de los frutos (Dong *et al*., 2002). Estos resultados no son coincidentes con estudios anteriores donde se reportó que el 1-MCP no afecta la pérdida de peso (Calvo, 2001b, Calvo, 2001a)

Efecto en desórdenes fisiológicos y daños mecánicos

Escaldado superficial

La inhibición del escaldado superficial por el tratamiento con 1-MCP se ha demostrado ampliamente efectiva en diferentes variedades de peras. Según varios autores, el control del α-farneseno y de sus productos de oxidación (compuestos trieno conjugados) (Bai *et al*., 2009, Li y Wang, 2009, Yazdani *et al*., 2011, Isidoro y Almeida, 2006). En otros casos sin embargo, el tratamiento con 1-MCP no controla completamente la incidencia de escaldado debido a la incapacidad de prevenir completamente la acumulación de compuestos trieno conjugados, como lo observado en peras de la variedad "Dangshansuli" (Hui *et al*., 2011).

En ensayos con pera "Rocha" se ha visto que el efecto beneficioso del 1-MCP en el control del escaldado superficial, no se debe únicamente a la inhibición de la síntesis de α-farneseno, sino también a un aumento de la actividad antioxidante en la piel (Isidoro y Almeida, 2008).

Gapper *et al*. (2006) relacionan la presencia de escaldado en peras "d'Anjou" tratadas con 300 nL L^{-1} con un incremento en la concentración de etileno interno así como en los niveles de transcripción de Pc*AFS1*. De este modo, el 1-MCP provoca una disminución de la producción de los compuestos trieno conjugados a través de la inhibición de la expresión de Pc*AFS1* dependiente del etileno (Gapper *et al*., 2006).

El tratamiento con 1-MCP inhibe completamente el escaldado en pera japonesa "Akemizu" cuando se conservan las peras en frío a 4ºC y reduce su incidencia cuando los frutos están a 20ºC (Li y Wang, 2009). En otro estudio, en la variedad "Abbé Fétel", según Vanoli *et al*. (2010), el tratamiento con 1-MCP puede reducir tanto el escaldado superficial como el escaldado de senescencia, pero su eficacia disminuye cuando se realiza un enfriamiento lento de los frutos después de la cosecha y se retrasa el tratamiento con 1-MCP.

Daños mecánicos

El 1-MCP reduce la susceptibilidad de los frutos a las magulladuras por vibración e impacto (Calvo y Sozzi, 2004), lo que se traduce en una mayor resistencia durante la clasificación, envasado y transporte. Según Gamrasni *et al*. (2010) la aplicación de 200 nL L^{-1} de 1-MCP es suficiente para mejorar la apariencia de peras "Spadona" cosechadas en diferentes estados de madurez, debido a la menor fricción y presencia de magulladuras en los frutos tratados. La eficacia del 1-MCP radica en prevenir la acción entre las enzimas oxidativas y sus sustratos y así mantener la integridad de membrana celular.

Desórdenes internos

Se ha reportado que el tratamiento con 1-MCP puede controlar también las alteraciones internas en peras. Un tratamiento con 300 nL L^{-1} de 1-MCP puede controlar la aparición de descomposición interna en peras "Bartlett" cosechadas en diferentes estados de madurez y conservadas durante 180 días a -1°C (Villalobos-Acuña *et al*., 2011b). En otro estudio en esta misma variedad, el tratamiento de 1-MCP realizado después de 1, 3 ó 7 días a 3ºC después de la cosecha, reduce también substancialmente la descomposición interna y además el escaldado blando, alteraciones ligadas a procesos de senescencia, aunque el tratamiento realizado a los 7 días, proporciona un menor control de los desórdenes comparado con los otros dos tratamientos (DeEll y Ehsani-Moghaddam, 2011),

Según Fu *et al*. (2007), 1-MCP reduce la incidencia de descomposición interna en peras "Yali" tratadas con 200 nL L^{-1} y esta resistencia en los frutos tratados se ha correlacionado con una mayor actividad de las enzimas antioxidantes. Esta hipótesis se ha observado anteriormente en otros estudios, en los que se relacionó la descomposición interna con una reducción del metabolismo antioxidante (Pintó *et al*., 2001, Larrigaudière *et al*., 2001, Larrigaudière *et al*., 2004a).

Podredumbres

Se ha demostrado que los frutos tratados con 1-MCP son menos susceptibles al desarrollo de podredumbres. Según Spotts *et al*. (2007), una dosis con 300 nL L^{-1} de 1-MCP reduce la pudrición causada por *Neofabraea* spp. y *Phacidiopycnis piri* en peras "d'Anjou", conservadas 4, 6 y 8 meses a -1°C. La pudrición por moho gris del peciolo (Stem end gray mold) también se controla por el tratamiento, incluso con una dosis más baja de 100 nL L^{-1} y así mismo, la podredumbre blanca (Snow-mold rot) se reduce con un tratamiento de 30 nL L^{-1} de 1-MCP. Estos autores sugieren que el 1-MCP es capaz de inhibir las enzimas que degradan las paredes celulares como las poligalacturonasas secretadas por los pató-

genos y de esta manera controlar las patogénesis. Sin embargo Akagi y Stotz (2007) observan que el 1-MCP tiene poco efecto sobre *Botrytis cinerea* en peras "d'Anjou" y "Bartlett" tratadas con 300 nL L^{-1}. Los resultados de este estudio demuestran que el tratamiento tiene un impacto mucho mayor en el ablandamiento de la pera que en la presencia o ausencia del gen *Bcpg1* de la poligalacturonasa de *Botrytis cinerea,* responsable de la virulencia de esta cepa.

Bloqueo de la maduración en peras tratadas con 1-MCP

El tratamiento con 1-MCP en peras ha demostrado ser más complejo que en otros frutos, debido en parte a la alta sensibilidad del fruto al tratamiento y al hecho de que en algunas ocasiones, las peras quedan excesivamente firmes y verdes y pierden su capacidad de madurar (Chen y Spotts, 2005, Calvo, 2003, Bai *et al*., 2006). Por ejemplo en peras "Blanquilla", el tratamiento con 300 nL L^{-1} de 1-MCP puede bloquear completamente el proceso de maduración durante los 120 días de conservación y después de 7 días a 20ºC (Chiriboga *et al*., 2010). En el caso de peras "Conference", una alta concentración (600 nL L^{-1} 1-MCP) siempre se asocia a un bloqueo completo de la maduración mientras que una menor concentración (300 nL L^{-1} 1-MCP) puede dar resultados muy variables (Chiriboga *et al*., 2011). En un estudio en peras "Bartlett" tratadas con 500 nL L^{-1} de 1-MCP, los frutos tardaron 21 días a temperatura ambiente en alcanzar valores óptimos de firmeza de consumo de 20 N (Calvo y Sozzi, 2009). En peras de la variedad "Spadona" incluso una menor dosis (200 nL L^{-1} de 1-MCP) también provoca que los frutos no alcancen la firmeza óptima para que ser comestibles aún después de 2 semanas a 20ºC (Gamrasni *et al*., 2010).

Cuando el 1-MCP causa un bloqueo de la maduración, medida como pérdida de firmeza, no se produce un bloqueo similar en el cambio de color. La pérdida de color verde de los frutos tratados siempre se ve ralentizada pero no se detiene por completo, esto indica un efecto diferencial del 1-MCP sobre los diferentes indicadores de la maduración (firmeza y color) (Chiriboga *et al*., 2011). Este efecto diferencial sobre la textura y el color de la piel ha sido descrito por varios autores (Ekman *et al*., 2004, Trinchero *et al*., 2004).

Se ha observado que el bloqueo irreversible de la maduración depende de varios factores siendo la madurez fisiológica en el momento de la cosecha uno de los más importantes. Chiriboga *et al*. (2012) demostraron en peras "Conference" recolectadas en tres estados de madurez diferentes y tratadas con 300 nL L^{-1} de 1-MCP, que los frutos en estado más inmaduro (fecha comercial) presentaron problemas asociados al bloqueo de la maduración, mientras que los frutos con una madurez más avanzada fueron menos susceptibles al bloqueo. En esta variedad, una cosecha más tardía (más de 10 días después la fecha comercial) posibilita la aplicación del tratamiento 1-MCP, ya que la maduración no se bloquea de forma irreversible, lo cual podría estar relacionado con la producción de etileno en el momento del tratamiento. Estos mismos autores siguieren que este comportamiento también viene influenciado por el campo y año de cosecha, lo cual condiciona el estado fisiológico de la fruta a la cosecha y al momento del tratamiento.

En algunas variedades de peras, todavía no está claro cuál es la mejor combinación de madurez a la cosecha, concentración de 1-MCP, condiciones de aplicación y tiempo de almacenamiento, que permita controlar de manera adecuada el ablandamiento y el desarrollo de trastornos fisiológicos y que a la vez permita madurar a la fruta dentro de un período razonable de vida comercial. En va-

riedades como "Ercolini", "Limonera" y "Williams-Bartlett" la aplicación del tratamiento de 1-MCP acompañada de recomendaciones específicas para cada variedad permiten que la fruta madure entre 7 y 14 días (comunicación personal Agrofresh). En algunos casos, es necesario aplicar tratamientos térmicos o con etileno exógeno de reversión pre o post almacenamiento. En "Blanquilla" por ejemplo, es necesario acortar el período de conservación y realizar un tratamiento térmico al final de la misma de 5 o 10 días a 15ºC para que la fruta madure y alcance la calidad de consumo (Chiriboga *et al*., 2010). En el caso de peras "Conference" ningún tratamiento térmico permite restaurar el proceso de maduración en los frutos tratados con 1-MCP (Chiriboga *et al*., 2010).

Existen estudios contradictorios acerca de la eficacia de la aplicación de etileno para revertir los efectos del 1-MCP. Algunos autores demostraron que aplicaciones de etileno exógeno posteriores al tratamiento con 1-MCP o después de la conservación en frío, no permitieron reanudar la maduración (Argenta *et al*., 2003, Chen y Spotts, 2005). Sin embargo, estudios mas recientes en peras "Bartlett", sugieren que la adición de 60 nL L^{-1} de etileno exógeno conjuntamente con el 1-MCP (10 1-MCP: 1 etileno) aplicado después de la cosecha disminuye el efecto del tratamiento en fruta temprana y permite a su vez madurar más rápido que la fruta tratada únicamente con 1-MCP (Macnish *et al*., 2012).

Chiriboga *et al*. (2011) demostraron en peras "Conference" que una aplicación combinada con 600 nL L^{-1} de 1-MCP y 300 nL L^{-1} de C_2H_4 permite un retraso considerable del proceso de ablandamiento sin bloquearlo completamente y a su vez permite llegar a la madurez de consumo. La efectividad de este tratamiento radica en el momento de aplicación de los dos compuestos. Estos resultados ponen de relieve el carácter competitivo del 1-MCP y del etileno al ser aplicados al mismo tiempo, los dos tratamientos compiten por los sitios de unión de los receptores, de tal manera que los receptores ocupados por el etileno suministrado exógenamente, podrían ayudar a la posterior producción natural de etileno por parte del fruto y a su vez a la generación de nuevos receptores.

Conclusión

En la mayoría de variedades de pera, los tratamientos con 1-MCP permiten alargar la vida útil manteniendo los frutos mas firmes y retrasando el viraje de color. El efecto que produce el tratamiento poscosecha de 1-MCP en peras depende de muchos factores siendo la madurez fisiológica en el momento de la cosecha uno de los más importantes, aunque también es muy importante la variedad y la producción de etileno del fruto en el momento de la aplicación, lo cual condiciona la dosis a aplicar y el manejo durante la conservación. El efecto beneficioso del 1-MCP se manifiesta en un retraso de la maduración, una retención de la firmeza y un mayor control de alteraciones fisiológicas durante la conservación, como el escaldado superficial o el corazón pardo. El 1-MCP actúa sobre determinados aspectos del metabolismo, como la respiración o los procesos de oxidación, aparte del propio metabolismo del etileno. En algunos casos, según la variedad, el estado de madurez y la dosis aplicada, puede provocar un bloqueo irreversible de la maduración, lo que lleva a la necesidad de aplicar tratamientos de reversión pre o post almacenamiento. La respuesta al tratamiento de 1-MCP y las posibles estrategias de recuperación de la maduración no pueden ser extrapoladas de unas variedades a otras. En el futuro se debería profundizar en el estudio de la expresión de los genes involucrados en la biosíntesis y percepción del etileno (enzimas y receptores) para entender mejor este

proceso. Los estudios sobre transcriptómica abren nuevas oportunidades para predecir el comportamiento de las peras durante la maduración y predecir posibles riesgos derivados del tratamiento con 1-MCP, fundamentalmente el bloqueo de la maduración.

Bibliografía

BOE, 23/06/2006. ORDEN PRE/1980/2006, de 19 de junio, por la que se incluyen las sustancias activas warfarina, tolilfluanida, forclorfenurón, indoxacarb, oxamilo y 1-metilciclopropeno en el anexo I del Real Decreto 2163/1994, de 4 de noviembre, por el que se implanta el sistema armonizado comunitario de autorización para comercializar y utilizar productos fitosanitarios.

Akagi A, Stotz HU, 2007. Effects of pathogen polygalacturonase, ethylene, and firmness on interactions between pear fruits and Botrytis cinerea. Plant Disease 91: 1337-1344.

Ambaw A, Beaudry R, Bulens I, *et al*., 2011. Modeling the diffusion-adsorption kinetics of 1-methylcyclopropene (1-MCP) in apple fruit and non-target materials in storage rooms. Journal of Food Engineering 102: 257-265.

Argenta LC, Fan XT, Mattheis JP, 2003. Influence of 1-methylcyclopropene on ripening, storage life, and volatile production by "d'Anjou" cv. pear fruit. Journal of Agricultural and Food Chemistry 51: 3858-3864.

Arias E, Lopez-Buesa P, Oria R, 2009. Extension of fresh-cut "Blanquilla" pear (*Pyrus communis* L.) shelf-life by 1-MCP treatment after harvest. Postharvest Biology and Technology 54: 53-58.

Bai J, Mattheis JP, Reed N, 2006. Re-initiating softening ability of 1-methylcyclopropene-treated "Bartlett" and "d'Anjou" pears after regular air or controlled atmosphere storage. Journal of Horticultural Science & Biotechnology 81: 959-964.

Bai JH, Yin XH, Whitaker BD, Deschuytter K, Chen PM, 2009. Combination of 1-methylcyclopropene and ethoxyquin to control superficial scald of "Anjou" pears. HortTechnology 19: 521-525.

Blankenship SM, Dole JM, 2003. 1-Methylcyclopropene: a review. Postharvest Biology and Technology 28: 1-25.

Calvo G, 2001a. Efecto del 1-MCP sobre la madurez y control de escaldadura en peras cv. Beurré D'anjou y Packham's Triumph. In: Informe convenio Rohm and Haas. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Alto Valle, Río Negro, Argentina, 53.

Calvo G, 2001b. Efecto del 1-metilciclopropeno (1-MCP) en peras cv "Williams" cosechadas con dos estados estados de madurez. In: Informe convenio Rohm and Haas. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Alto Valle, Río Negro, Argentina, 33.

Calvo G, 2002. Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) in apples cv. Red Delicious harvested at three stages of maturity and stored at conventional cold and controlled atmosphere conditions. Revista de Investigaciones Agropecuarias 31: 9-24.

Calvo G, 2003. Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on pear maturity and quality. Acta Horticulturae 628: 203-211.

Calvo G, Candan AP, 2012. Is delay in application a factor that reduces efficacy of 1-Methylcyclopropene response in pears? Acta Horticulturae 945: 345-349.

Calvo G, Sozzi GO, 2004. Improvement of postharvest storage quality of "Red Clapp's" pears by treatment with 1-methylcyclopropene at low temperature. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 79: 930-934.

Calvo G, Sozzi GO, 2009. Effectiveness of 1-MCP treatments on "Bartlett" pears as influenced by the cooling method and the bin material. Postharvest Biology and Technology 51: 49-55.

Chang YH, Lin J, Yan ZM, 2008. 1-methylcyclopropene (1-MCP) for extending postharvest quality of "Cuiguan" pears (*Pyrus pyrifolia* Nak.). In: Proceedings of the International Symposium on the Role of Postharvest Technology in the Globalisation of Horticulture. (Eds Hewett EW, Lurie SWunsche JN), 85-89.

Chen PM, Spotts R, 2005. Changes in ripening behaviors of 1-MCP treated d'Anjou pears after storage. International Journal of Fruit Science 5: 3-18.

Chiriboga MA, Giné J, Schotsmans WC, Larrigaudiere C, Recasens I, 2013a. Antioxidant potential of "Conference" pears during cold storage and shelf life in response to 1-Methylcyclopropene. LWT - Food Science and Tecnology 51 170-176.

Chiriboga MA, Recasens I, Schotsmans WC, Dupille E, Larrigaudiere C, 2012. Cold-induced changes in ACC metabolism determine softening recovery in 1-MCP treated Conference pears. Postharvest Biology and Technology 68: 78-85.

Chiriboga MA, Schotsmans WC, Larrigaudière C, 2010. Comparative study of techniques to restore the ripening process in 1-MCP treated "Blanquilla" and "Conference" pears. Acta Horticulturae 858: 149-154.

Chiriboga MA, Schotsmans WC, Larrigaudiere C, Dupille E, Recasens I, 2011. How to prevent ripening blockage in 1-MCP-treated "Conference" pears. Journal of the Science of Food and Agriculture 91: 1781-1788.

Chiriboga MA, Schotsmans WC, Larrigaudiere C, Dupille E, Recasens I, 2013b. Responsiveness of "Conference" pears to 1-Methylcyclopropene (1-MCP): The role of harvest date, orchard location and year. Journal of the Science of Food and Agriculture 93: 619-625.

Chiriboga MA, Soria Y, Larrigaudiere C, Recasens I, 2008. Aplicación postcosecha de 1-metilciclopropeno en peras. Información Técnica Económica Agraria 104: 12-30.

Deell J, Ehsani-Moghaddam B, 2011. Timing of postharvest 1-methylcyclopropene treatment affects Bartlett pear quality after storage. Canadian Journal of Plant Science 91: 853-858.

Dong L, Lurie S, Zhou HW, 2002. Effect of 1-methylcyclopropene on ripening of "Canino" apricots and "Royal Zee" plums. Postharvest Biology and Technology 24: 135-145.

Dong Y, Liu LQ, Guan JF, 2011. Effects of 1-Methyl -cyclopropene on NO content, NOS activity, and H2O2 content in postharvest "Suli" pears. Agricultural Sciences in China 10: 797-804.

Ekman JH, Clayton M, Biasi WV, Mitcham EJ, 2004. Interactions between 1-MCP concentration, treatment interval and storage time for "Bartlett" pears. Postharvest Biology and Technology 31: 127-136.

El-Sharkawy I, Jones B, Gentzbittel L, Lelièvre JM, Pech JC, Latché A, 2004. Differential regulation of ACC synthase genes in cold-dependent and -independent ripening in pear fruit. Plant, Cell & Environment 27: 1197-1210.

El-Sharkawy I, Jones B, Li ZG, Lelievre JM, Pech JC, Latche A, 2003. Isolation and characterization of four ethylene perception elements and their expression during ripening in pears (*Pyrus communis* L.) with/without cold requirement. Journal of Experimental Botany 54: 1615-1625.

Fu L, Cao J, Li Q, Lin L, Jiang W, 2007. Effect of 1-methylcyclopropene on fruit quality and physiological disorders in Yali pear (*Pyrus bretschneideri* Rehd.) during storage. Food Science and Technology International 13: 49-54.

Gamrasni D, Ben-Arie R, Goldway M, 2010. 1-Methylcyclopropene (1-MCP) application to Spadona pears at different stages of ripening to maximize fruit quality after storage. Postharvest Biology and Technology 58: 104-112.

Gapper NE, Bai JH, Whitaker BD, 2006. Inhibition of ethylene-induced α-farnesene synthase gene *Pc*AFS1 expression in "d'Anjou" pears with 1-MCP reduces synthesis and oxidation of α-farnesene and delays development of superficial scald. Postharvest Biology and Technology 41: 225-233.

Hui W, Niu RX, Song YQ, Li DY, 2011. Inhibitory Effects of 1-MCP and DPA on Superficial Scald of "Dangshansuli" pear. Agricultural Sciences in China 10: 1638-1645.

Isidoro N, Almeida DPF, 2006. Alpha-farnesene, conjugated trienols, and superficial scald in "Rocha" pear as affected by 1-methylcyclopropene and diphenylarnine. Postharvest Biology and Technology 42: 49-56.

Isidoro N, Almeida DPF, 2008. Relationship between free radical scavenging activity and Superficial Scald in "Rocha" pear. Acta Horticulturae 800: 1013-1017.

Itai A, Tanahashi T, 2008. Inhibition of sucrose loss during cold storage in Japanese pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) by 1-MCP. Postharvest Biology and Technology 48: 355-363.

Johnston JW, Brookfield P, 2012. Delivering postharvest handling protocols for apples and pears faster: Integrating "Omics" and physiology approaches. Acta Horticulturae 945: 23-28.

Kashimura Y, Hayama H, Ito A, 2010. Infiltration of 1-methylcyclopropene under low pressure can reduce the treatment time required to maintain apple and Japanese pear quality during storage. Postharvest Biology and Technology 57: 14-18.

Kou X, Liu X, Li J, Xiao H, Wang J, 2012. Effects of ripening, 1-methylcyclopropene and ultra-high-pressure pasteurisation on the change of volatiles in Chinese pear cultivars. Journal of the Science of Food and Agriculture 92: 177-183.

Larrigaudière C, Lentheric I, Puy J, Pintó E, 2004a. Biochemical characterisation of core browning and brown heart disorders in pear by multivariate analysis. Postharvest Biology and Technology 31: 29-39.

Larrigaudière C, Pintó E, Lentheric I, Vendrell M, 2001. Involvement of oxidative processes in the development of core browning in controlled-atmosphere pears. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 76: 157-162.

Larrigaudière C, Vilaplana R, Soria Y, Recasens I, 2004b. Oxidative behaviour of "Blanquilla" pears treated with 1-methylcyclopropene during cold storage. Journal of the Science of Food and Agriculture 84: 1871-1877.

Li JK, Sun XS, Wang ZH, Zhang P, 2008. Effect of 1-MCP on postharvest physiology and quality of "Bayuehong" pears during storage. Acta Horticulturae 768: 117-124.

Li ZQ, Qiao YS, Tong ZG, Zhou J, Zhang Z, 2010. Effect of ethylene and 1-MCP on post-harvest physiology and on expression of the ethylene receptor genes PpETR3 and PpERS2 in pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai "Kikusui") fruit. Journal of Horticultural Science & Biotechnology 85: 71-77.

Li ZQ, Wang LJ, 2009. Effect of 1-methylcyclopropene on ripening and Superficial Scald of Japanese pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai, cv. "Akemizu") fruit at two temperatures. Food Science and Technology Research 15: 483-490.

Maclean DD, Murr DP, Deell JR, 2003. A modified total oxyradical scavenging capacity assay for antioxidants in plant tissues. Postharvest Biology and Technology 29: 183-194.

Maclean DD, Murr DP, Deell JR, Mackay AB, Kupferman EM, 2007. Inhibition of PAL, CHS, and ERS1 in "Red d'Anjou" pear (*Pyrus communis* L.) by 1-MCP. Postharvest Biology and Technology 45: 46-55.

Macnish AJ, Mitcham EJ, Holcroft DM, 2012. Endogenous and exogenous ethylene modulates the response of "Bartlett" pears to 1-Methylcyclopropene. Acta Horticulturae 945: 309-316.

Mahajan BVC, Singh K, Dhillon WS, 2010. Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on storage life and quality of pear fruits. Journal of Food Science and Technology-Mysore 47: 351-354.

Moya-León MA, Vergara M, Bravo C, Montes ME, Moggia C, 2006. 1-MCP treatment preserves aroma quality of "Packham's Triumph" pears during long-term storage. Postharvest Biology and Technology 42: 185-197.

Pintó E, Lentheric I, Vendrell M, Larrigaudière C, 2001. Role of fermentative and antioxidant metabolisms in the induction of core browning in controlled-atmosphere stored pears. Journal of the Science of Food and Agriculture 81: 364-370.

Quan LJ, Zhang B, Shi WW, Li HY, 2008. Hydrogen peroxide in plants: A versatile molecule of the reactive oxygen species network. Journal of Integrative Plant Biology 50: 2-18.

Raffo MD, Sanchez EE, Sozzi GO, 2008. Exposure to direct sunlight during the growing season delays postharvest softening of "Williams" pears and improves their response to 1-methylcyclopropene. Acta Horticulturae 800: 1035-1040.

Schotsmans WC, Prange RK, Binder BM, 2009. 1-Methylcyclopropene (1-MCP): Mode of action and applications in postharvest horticulture. Horticultural Reviews 35: 263-313.

Silva FJP, Gomes MH, Fidalgo F, Rodrigues JA, Almeida DPF, 2010. Antioxidant properties and fruit quality during long-term storage of "Rocha" pear: Effects of maturity and storage conditions. Journal of Food Quality 33: 1-20.

Sozzi GO, Beaudry RM, 2007. Current perspectives on the use of 1-methylcyclopropene in tree fruit crops: an international survey. Stewart Postharvest Review 3: 1- 16.

Spotts RA, Sholberg PL, Randall P, Serdani M, Chen PM, 2007. Effects of 1-MCP and hexanal on decay of d'Anjou pear fruit in long-term cold storage. Postharvest Biology and Technology 44: 101-106.

Trinchero GD, Sozzi GO, Covatta F, Fraschina AA, 2004. Inhibition of ethylene action by 1-methylcyclopropene extends postharvest life of `Bartlett` pears. Postharvest Biology and Technology 32: 193-204.

Vallejo F, Beaudry RM, 2006. Depletion of 1-MCP by "non-target" materials from fruit storage facilities. Postharvest Biology and Technology 40: 177-182.

Vanoli M, Grassi M, Zerbini PE, Rizzolo A, 2010. Fluorescence, conjugated trienes, alpha-farnesene and storage disorders in "Abbe Fetel" pears cooled with different speeds and treated with 1-MCP. Acta Horticulturae 858: 191-197.

Villalobos-Acuna MG, Biasi WV, Flores S, Mitcham EJ, Elkins RB, Willits NH, 2010. Preharvest application of 1-methylcyclopropene influences fruit drop and storage potential of "Bartlett" pears. Hortscience 45: 610-616.

Villalobos-Acuña M, Biasi WV, Mitcham EJ, Holcroft D, 2011a. Fruit temperature and ethylene modulate 1-MCP response in "Bartlett" pears. Postharvest Biology and Technology 60: 17-23.

Villalobos-Acuña MG, Biasi WV, Flores S, Jiang CZ, Reid MS, Willits NH, Mitcham EJ, 2011b. Effect of maturity and cold storage on ethylene biosynthesis and ripening in "Bartlett" pears treated after harvest with 1-MCP. Postharvest Biology and Technology 59: 1-9.

Watkins CB, 2006. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. Biotechnology Advances 24: 389-409.

Wills RBH, Bembridge PA, Scott KJ, 1980. Use of flesh firmness and other objective tests to determine consumer acceptability of "Delicious" apples. Australian Journal of Experimental Agriculture 20: 252-256.

Yamane M, Abe D, Yasui S, *et al*., 2007. Differential expression of ethylene biosynthetic genes in climacteric and non-climacteric Chinese pear fruit. Postharvest Biology and Technology 44: 220-227.

Yazdani N, Arzani K, Mostofi Y, Shekarchi M, 2011. Alpha-Farnesene and antioxidative enzyme systems in Asian pear (*Pyrus serotina* Rehd.) fruit. Postharvest Biology and Technology 59: 227-231.

Zhang ZK, Huber DJ, Hurr BM, Rao JP, 2009. Delay of tomato fruit ripening in response to 1-methylcyclopropene is influenced by internal ethylene levels. Postharvest Biology and Technology 54: 1-8.

(Aceptado para publicación el 10 de julio de 2013)

Biomarcadores asociados con scrapie y otras encefalopatías espongiformes transmisibles

H. Filali*, I. Martín-Burriel**, J.J. Badiola* y R. Bolea*,[1]

* Centro de Investigación en Encefalopatías y Enfermedades Transmisibles Emergentes. Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza. Zaragoza, España

** Laboratorio de Genética Bioquímica (LAGENBIO), Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España

Resumen

Las encefalopatías espongiformes transmisibles (EETs), o enfermedades priónicas, son enfermedades neurodegenérativas que afectan tanto a los animales como al hombre, siendo el scrapie el modelo prototipo de este grupo de enfermedades. Los mecanismos específicos de la patogenia asociada a las EETs no se conocen en profundidad. Las herramientas genómicas podrían ayudar a la aclaración de algunos de los mecanismos moleculares de la patología de estas enfermedades, comparando el nivel transcripcional entre individuos sanos y enfermos. Asimismo, podrían permitir la identificación de moléculas útiles para el diagnóstico y dianas terapéuticas en las EETs y otras enfermedades neurodegenerativas. Hasta el momento, los trabajos realizados han detectado multitud de potenciales biomarcadores a nivel génico. Estos genes codifican proteínas implicadas en el metabolismo lipídico, proteasas, inhibidores de proteasa y chaperonas. Sin embargo, los genes que han llegado a confirmarse como biomarcadores especificos para las EETs son muy pocos. Otras aproximaciones moleculares, como la proteómica, la secuenciación masiva o la PCR cuantitativa, se han utilizado con los mismos fines. En este trabajo se revisan los resultados obtenidos hasta el momento. La búsqueda de nuevos biomarcadores asociados a las EETs sigue siendo necesaria, principalmente en los hospedadores naturales de la enfermedad. Hasta el momento, la mayoría de los estudios se han realizado en ratones como modelos de EETs, pero el conocimiento del genoma de hospedadores naturales como el ovino permite aplicar la genómica en estas especies.

Palabras clave: Prión, modelos, genómica, proteómica.

Abstract
Biomarkers associated with scrapie and other transmissible spongiform encephalopathies

Transmissible spongiform encephalopathies (TSEs), or prion diseases, are neurodegenerative diseases that affect animals and humans, being scrapie the prototype disorder for this group of diseases. The specific mechanisms of pathogenesis associated with TSEs are not well understood. Genomic tools could assist in clarifying some of the molecular mechanisms of the associated pathology, comparing the transcriptional level between healthy and infected individuals. Moreover, it could allow the identification of molecules for diagnostic and for therapeutic targets in TSEs and other neurodegenerative diseases. So far, the studies developed have identified many potential biomarkers at the genetic level. These genes encode proteins involved in lipid metabolism, proteases, protease inhibitors and chaperones. However, the genes confirmed as specific biomarkers for TSEs are very few. Other molecular approaches, as proteomics,

1. Autor para correspondencia: rbolea@unizar.es

http://dx.doi.org/10.12706/itea.2014.004

next generation sequencing or quantitative PCR, are used for the same purposes. In this study the results obtained so far are reviewed. The identification of new biomarkers associated with TSEs is still necessary, especially in the natural hosts of these diseases. Most studies have been conducted in mice as animal models of TSEs, but the knowledge of the genomes of natural hosts, such as ovine, makes possible the use of genomic tools in these species.

Key words: Prion, models, genomic, proteomic.

Introducción

El scrapie es una enfermedad neurodegenerativa que afecta de forma natural a ovejas y cabras. El scrapie ovino es la enfermedad prototipo de las encefalopatías espongiformes transmisibles (EETs) y fue la primera en identificarse. Esta patología fue descrita por primera vez en el año 1732 en la raza ovina merina (McGowan, 1922) y posteriormente se ha descrito prácticamente en todo el mundo, siendo una enfermedad endémica en muchos países durante décadas. Las EETs, o enfermedades priónicas, se caracterizan por la acumulación en el sistema nervioso central (SNC) de la proteína PrP^{Sc}, una isoforma anormal de una glicoproteína de membrana fisiológica denominada PrP celular (PrP^{c}) (Prusiner *et al.*, 1982). A pesar de que el scrapie ovino se conoce desde el siglo XVIII, numerosos aspectos relacionados con la patogenia y transmisión de esta enfermedad todavía se desconocen. Además, aunque la presencia de la PrP^{c} en las células es necesaria para el desarrollo de las EETs y su nivel de expresión está relacionado con el periodo de incubación y la progresión de la enfermedad, la función exacta de esta proteína todavía no se ha esclarecido (Nicolas *et al.*, 2009; Bremer *et al.*, 2010; Coleman *et al.*, 2012). La PrP^{Sc} se acumula principalmente en las células del SNC, y en menor medida en otras células de tejidos periféricos como las del sistema linforeticular (SLR) (Andreoletti *et al.*, 2000). Hasta hoy, la proteína anormal PrP^{Sc} es el único componente conocido del agente causal de las EETs y su presencia en los tejidos de los individuos afectados por las EETs se utiliza como el único marcador de la presencia y distribución de la infectividad (Aguzzi y Falsig, 2012).

El impacto de las EETs animales es doble, en primer lugar por el carácter zoonótico de alguna de ellas y en segundo por el impacto económico sobre la producción animal. A pesar de que el scrapie es endémico desde hace muchas décadas en distintos países, nunca se ha descrito su transmisión a humanos. Sin embargo, la encefalopatía espongiforme bovina (EEB) se ha asociado con la variante de la enfermedad de Creutzfeldt-Jakob (vECJ) en la especie humana. A partir del descubrimiento de la vECJ se incrementó la preocupación mundial acerca de la seguridad alimentaria y la salud pública. Además, las EETs animales han causado enormes pérdidas económicas. Desde el principio de la epidemia de la EEB (1986), se han sacrificado millones de animales de las especies bovina y ovina y el embargo de la importación de carne procedente de los países afectados ha costado miles de millones de euros.

Desde el comienzo de la crisis alimentaria provocada por la EEB se han realizado notables esfuerzos para desarrollar métodos sensibles de detección de los agentes causantes de la enfermedad, para así controlar la propagación de las EETs humanas y animales. La mayoría de las pruebas de diagnóstico de las EETs disponibles se basan en la detección directa de la forma resistente a la digestión con proteinasa K (PK) de la proteína prión (PrP^{Sc}) en el SNC y en el SLR. Aunque las metodologías para el diagnóstico postmortem del

prión se consideran sensibles y específicas, el uso de la PrP^{Sc} como biomarcador eficaz de diagnóstico antemortem en la fase preclínica de la enfermedad se considera imposible, debido a que la presencia de la PrP^{Sc} es mínima en tejidos accesibles o fluidos corporales (sangre, orina, saliva y líquido cefalorraquídeo (LCR) (Gough y Maddison, 2010). Además, recientemente se han descubierto nuevas isoformas patológicas de PrP que son sensibles a PK, y que pueden ejercer un papel importante en la patogénesis de algunas enfermedades priónicas y no son detectables por los métodos diagnósticos actuales (Gambetti *et al.*, 2008). Por lo tanto, las pruebas convencionales pueden mostrar una discordancia significativa entre las cantidades detectables y reales de la proteína prión que genera la infección (Andreoletti *et al.*, 2012). En consecuencia, se requiere el desarrollo de nuevas pruebas de diagnóstico que no se basen exclusivamente en la determinación de PrP^{Sc} y la digestión con PK. Además, dada la situación actual de las enfermedades priónicas, un test para diagnosticar la ECJ en su fase inicial aumentaría considerablemente las posibles estrategias de tratamiento de la enfermedad. Otro reto para el diagnóstico y la vigilancia de estas enfermedades es el control de las transfusiones de sangre (Andreoletti *et al.*, 2012) durante el largo periodo de incubación de las enfermedades priónicas, que puede durar meses o años (hasta 40 años).

Según Huzarewich *et al.* (2010), un biomarcador se define como una sustancia discriminante que puede ser medida objetivamente y que se utiliza como un indicador de procesos biológicos o patogénicos, o bien de respuesta farmacológica a un tratamiento terapéutico. Pueden considerarse biomarcadores desde parámetros físicos (temperatura o presión arterial), imágenes de lesiones patológicas hasta la presencia de moléculas biológicas en tejidos y fluidos corporales. Desde hace ya tiempo se ha perseguido la identificación de biomarcadores distintos a la PrP^{Sc} como herramientas para el diagnóstico de enfermedades priónicas. La mayoría de los biomarcadores descritos hasta el momento, se detectan en un estado avanzado de la enfermedad. Un biomarcador ideal sería aquel capaz de diagnosticar todos los tipos de EETs, así como los individuos que se encuentren en estados preclínicos de la infección.

Las tecnologías "ómicas" (genómica y proteómica) constituyen unas herramientas muy útiles para identificar potenciales biomarcadores para diagnóstico, así como aquellos que permitan seguir la progresión de la enfermedad, y otros para determinar los potenciales riesgos de su transmisión (Huzarewich *et al.*, 2010). Estas tecnologías se están haciendo cada vez más accesibles a los laboratorios de investigación y diagnóstico. El uso de microarrays (Ness, 2007) o la secuenciación masiva del transcriptoma (Mortazavi *et al.*, 2008; Rosenkranz *et al.*, 2008; Wilhelm *et al.*, 2008) permiten comparar los niveles de expresión génica global entre muestras de individuos enfermos y sanos, o entre diversos estadios de la enfermedad, para así poder determinar genes implicados en estas patologías y posibles biomarcadores. Por su parte, las técnicas de captura por láser, marcaje fluorescente de saturación y espectrometría de masas están siendo utilizadas para la detección de biomarcadores proteicos (Wilson *et al.*, 2005).

Además de la búsqueda de biomarcadores indicativos de la presencia de enfermedad, del estado de la misma o de su respuesta a tratamientos, se han realizado importantes esfuerzos para determinar marcadores que expliquen las diferencias entre individuos en cuanto a la susceptibilidad a estas enfermedades. Se conoce que ciertos polimorfismos del gen de la proteína prión (PRNP) influyen en la susceptibilidad a estas enfermedades en las especies humana (Aguzzi, 2006) y ovina (Hunter, 2007). Sin embargo, las variaciones en este gen sólo explican parte de la variación genética existente en las EETs (Diaz *et al.*, 2005). Se han realizado análisis genómicos en busca

de otras variantes génicas que puedan explicar parte de esta diferencia individual en cuanto a susceptibilidad o periodo de incubación de estas enfermedades, descubriéndose QTLs (Quantitative Trait loci) o genes candidatos (Stephenson *et al.*, 2000; Moreno *et al.*, 2003; Mead *et al.*, 2009). Estos estudios de genómica estructural se han basado fundamentalmente en el análisis de polimorfismos del DNA distribuidos a lo largo del genoma, marcadores microsatélites o SNPs (polimorfismo de nucleótido simple); y en el estudio de ligamiento o asociación (GWAS: Genome wide association studies) de estos polimorfismos con la susceptibilidad o el periodo de incubación de estas patologías.

Finalmente, la combinación de los estudios de genómica estructural y funcional están permitiendo la identificación de eQTL (expression quantitative trait loci) o loci que regulan los niveles de expresión génica. Como la abundancia de un transcrito puede estar modificada por polimorfismos en los elementos reguladores del gen que se expresa (Nicolae *et al.*, 2010), la combinación de los microarrays de polimorfismos de nucleótido simple (SNPs) con microarrays de expresión permite la identificación de eQTL o mutaciones que están regulando, especialmente en *cis*, la expresión de genes localizados en regiones QTL asociadas a la susceptibilidad de la enfermedad en estudio (Cookson *et al.*, 2009; Gamazon *et al.*, 2010; Nicolae *et al.*, 2010).

Según las fuentes consultadas, todavía no existen trabajos de este tipo en el campo de las enfermedades priónicas, aunque se han determinado eQTLs en otras enfermedades neurodegenerativas como la forma esporádica de ELA (Esclerosis Lateral Amiotrófica) (Diekstra *et al.*, 2012). Aunque no a nivel genómico, si que se han estudiado polimorfismos en genes candidatos que podrían regular el periodo de incubación o la susceptibilidad de estas patologías (Grizenkova *et al.*, 2010; Lloyd *et al.*, 2010).

Biomarcadores para las EETs y otras enfermedades neurodegenerativas

Se han realizado pocos estudios sobre los cambios de los perfiles de expresión génica en tejidos procedentes de individuos afectados de forma natural por EETs, como el scrapie ovino (Cosseddu *et al.*, 2007; Filali *et al.*, 2011; Filali *et al.*, 2012), la EEB (Khaniya *et al.*, 2009), la EDC (Basu *et al.*, 2012) o la ECJ humana (Xiang *et al.*, 2005). Las prionopatías naturales han sido poco estudiadas debido a la rareza de los casos humanos, los problemas de heterogeneidad de muestras generadas en ámbitos naturales de las distintas enfermedades y la facilidad que supone el trabajo en roedores en comparación con los grandes animales. En los estudios genómicos realizados en la enfermedad natural se han observado cambios transcripcionales que señalan alteraciones en vías de la función neuronal, incluyendo el ciclo celular, la muerte celular y la respuesta al estrés.

Por el contrario, se han realizado una importante cantidad de análisis genómicos, principalmente en tejido nervioso, en modelos murinos adaptados a las enfermedades priónicas, incluyendo la ECJ, el scrapie y la EEB (Dandoy-Dron *et al.*, 1998; Booth *et al.*, 2004b; Brown *et al.*, 2004; Riemer *et al.*, 2004; Xiang *et al.*, 2004; Skinner *et al.*, 2006; Sorensen *et al.*, 2008; Guillerme-Bosselut *et al.*, 2009; Tortosa *et al.*, 2011). Estos estudios han revelado alteraciones generalizadas de múltiples vías celulares que se correlacionan con la aparición de la patología asociada a la enfermedad. Estos cambios incluyen, entre otras, modificaciones de genes implicados en la homeostasis del colesterol, la regulación de la apoptosis, la respuesta al estrés y la homeostasis de iones metálicos. El patrón más consistente observado en estos modelos experimentales es la aparición de cambios moleculares relacionados con neuroinflamación. Este proceso estaría inducido probablemente por el daño ce-

lular y la muerte neuronal. Muchos de estos cambios transcripcionales han sido identificados en otras enfermedades neurodegenerativas (Tabla 1). Aunque la expresión diferencial de estos genes no es específica para las EETs, el uso de estos genes implicados en la neuroinflamación como biomarcadores puede ser una excelente elección tanto para el seguimiento del estado neurodegenerativo, como para predecir la respuesta al tratamiento.

Los estudios destinados a la identificación de marcadores génicos que permitan explicar las diferencias individuales en cuanto a susceptibilidad o periodo de incubación de estas enfermedades se han realizado tanto en modelos murinos de EETs (Moreno *et al.*, 2003) como en las especies que padecen estas patologías de forma natural, la especie humana (Mead *et al.*, 2009), ovina (Moreno *et al.*, 2010), bovina (Murdoch *et al.*, 2011) o cérvidos (Matsumoto *et al.*, 2013). Estos estudios han determinado genes candidatos implicados en procesos que podrían desempeñar un papel importante en la patología y la patogenia de estas enfermedades. Entre estos genes candidatos encontraríamos el gen del receptor del ácido retinoico (*RARB*), el de un regulador de la estabilidad de los microtúbulos en células neuronales (*STMN2*), genes involucrados en el tráfico de membrana (*Cpne8*) (Mead *et al.*, 2009), codificantes de proteínas con actividad chaperona (*HSP90AA1)* (Marcos-Carcavilla *et al.*, 2010), o receptores que pudieran explicar la barrera entre especies observada en estas patologías como el del receptor de la laminina (*RPSA*) (Marcos-Carcavilla *et al.*, 2008b).

Biomarcadores genómicos en tejido nervioso

Los estudios del transcriptoma en muestras del SNC evidencian problemas de heterogeneidad de datos entre los resultados obtenidos en regiones específicas como médula oblongada, corteza cerebral o puente, y los detectados utilizando homogenizado de todo el encéfalo, donde los cambios específicos del área quedarían diluidos en el conjunto global. Estas diferencias entre áreas son manifiestas tanto a nivel genómico (Riemer *et al.*, 2004), como cuando se analizan rutas moleculares específicas, por ejemplo en la activación de la apoptosis (Serrano *et al.*, 2009; Hedman *et al.*, 2012) o en la activación de chaperonas (Serrano *et al.*, 2011). Este hecho podría ser consecuencia de que el cerebro está compuesto de distintos tipos de células, y es posible que cada tipo reaccione de forma variable a la infección por priones. Asimismo, se debe tener en cuenta el distinto grado lesional que presentan estas áreas en los individuos afectados.

Algunos de los genes identificados en los estudios de expresión genómica pueden servir como marcadores para el diagnóstico de la enfermedad, o ser candidatos para su uso en estrategias terapéuticas. Hasta el momento se han identificado un gran número de genes potencialmente útiles como biomarcadores (véase Tablas 1 y 2) que han contribuido al conocimiento de las vías moleculares que intervienen en la patogenia de estas enfermedades. Sin embargo, muy pocos genes diferencialmente transcritos se han confirmado como biomarcadores útiles para el diagnóstico de las EETs. Entre ellos podemos resaltar el de la α_1-antiquimotrepsina (*α1-ACT*) (Miele *et al.*, 2008) y la cistatina C (*CST3*) (Sanchez *et al.*, 2004). El primero de ellos fue identificado mediante estudios del transcriptoma de cerebros de ratones infectados con scrapie y posteriormente, tal y como se describe en el apartado "Biomarcadores proteómicos", se ha consolidado como biomarcador para estas patologías. la cistatina C se identificó casi de forma simultánea mediante técnicas proteómicas (Sanchez *et al.*, 2004) y genómicas (Brown *et al.*, 2004). Estos biomarcadores se pueden detectar en LCR por lo que pueden ser utilizados para el diagnóstico de estas patologías en pacientes. Estos ejemplos son es-

Tabla 1. Genes con expresión diferencial en EETs y otras enfermedades neurodegenerativas (Huzarewich *et al*., 2010)
Table 1. Genes differentially expressed in TSEs and other neurodegenerative diseases

Gen	Descripción	EETs	Otras enfermedades neurodegenerativas*
ABCA1	ATP unión de casete A1	Scrapie (Riemer *et al*., 2004; Xiang *et al*., 2004; Sorensen *et al*., 2008)	EA
APLP1	Similar al precursor de la proteína Beta amiloide 1	Scrapie (Sorensen *et al*., 2008)	EA
APOD	Apolipoproteína D	BSE y scrapie (Dandoy-Dron *et al*., 1998; Riemer *et al*., 2004; Skinner *et al*., 2006; Sorensen *et al*., 2008)	EA, NPC
APOE	Apolipoproteína E	Scrapie (Xiang *et al*., 2004; Skinner *et al*., 2006; Sorensen *et al*., 2008)	EA, EP y ETM
B2M	Microglobulina beta2	Scrapie (Xiang *et al*., 2004; Skinner *et al*., 2006; Sorensen *et al*., 2008)	EA, Tay-Sachs, Enfermedad de Sandhoff y ETM
CD9	CD9	Scrapie (Riemer *et al*., 2004; Xiang *et al*., 2004; Skinner *et al*., 2006; Sorensen *et al*., 2008)	SSPE y CMT
CLU	Clusterina	Scrapie (Brown *et al*., 2004; Skinner *et al*., 2006; Sorensen *et al*., 2008)	EA y EP
CST3	Cistatina C	Scrapie (Brown *et al*., 2004; Skinner *et al*., 2006; Sorensen *et al*., 2008)	EA y CMT
CTSB	Catepsina B	Scrapie (Xiang *et al*., 2004; Skinner *et al*., 2006; Sorensen *et al*., 2008)	EA, Tay-Sachs y Enfermedad de Sandhoff
CTSS	Catepsina S	BSE y scrapie (Dandoy-Dron *et al*., 1998; Riemer *et al*., 2004; Xiang *et al*., 2004; Skinner *et al*., 2006; Sorensen *et al*., 2008)	EA
GFAP	Proteína ácida fibrilar glial	BSE y scrapie (Dandoy-Dron *et al*., 1998; Riemer *et al*., 2004; Xiang *et al*., 2004; Skinner *et al*., 2006; Sorensen *et al*., 2008)	Tay-Sachs, Enfermedad de Sandhoff, ETM y EA
SPARC	Proteína secretada, ácida, rica en cisteína (osteonectina)	Scrapie (Sorensen *et al*., 2008)	Tay-Sachs, Enfermedad de Sandhoff y ETM
SPP1	Fosfoproteína secretada 1 (osteopontina)	Scrapie (Xiang *et al*., 2004; Sorensen *et al*., 2008)	EP

* CMT: Síndrome de Charcot-Marie-Tooth, EA: Enfermedad de Alzheimer, EP: Enfermedad de Parkinson, ETM: Esclerosis temporal mesial y NPC: Enfermedad de Niemann-Pick tipo C.

Tabla 2. Listado de genes con expresión diferencial en tejido nervioso de individuos con EETs
Table 2. List of genes with differential expression in nervous tissue of individuals with TSEs

Grupo de genes	Gen	Función	Citas
Genes implicados en el metabolismo lipídico	*ABCA1*	Vía de eliminación de lípidos	(Riemer *et al*., 2004; Sorensen *et al*., 2008)
	APOC1	Stransportador de lípidos secretados	(Baker y Manuelidis, 2003)
	APOD	Stransportador de lípidos secretados	(Dandoy-Dron *et al*., 1998; Booth *et al*., 2004b; Riemer *et al*., 2004; Sorensen *et al*., 2008)
	APOE	Stransportador de lípidos secretados	(Baker y Manuelidis, 2003; Booth *et al*., 2004b; Sorensen *et al*., 2008)
	CD36	Mediador de absorción y transporte de lípidos	(Baker y Manuelidis, 2003)
	CD68	Mediador de absorción y transporte de lípidos	(Baker y Manuelidis, 2003; Xiang *et al*., 2004)
	CYP51	Biosíntesis de esteroles	(Riemer *et al*., 2004)
	DBI	Transporte de Acil-CoA	(Booth *et al*., 2004b; Sorensen *et al*., 2008)
	ELOVL	Sintesis de acidos grasos	(Riemer *et al*., 2004)
	FABP5	Proteína de unión con lípidos	(Baker y Manuelidis, 2003)
	FDFT1	Biosíntesis de colesterol	(Riemer *et al*., 2004)
	FDPS	Biosíntesis de isopreno	(Riemer *et al*., 2004)
	GRN	Fosfolipasa A2/citokina/ unión con Ca	(Booth *et al*., 2004b; Sorensen *et al*., 2008)
	HMGCR	Biosíntesis de colesterol	(Riemer *et al*., 2004)
	HMGCS	Cetogénesis	(Riemer *et al*., 2004)
	IPP	Biosíntesis de colesterol	(Riemer *et al*., 2004)
	LDLR	Metabolismo de colesterol	(Riemer *et al*., 2004)
	LPL	Metabolismo de HDL	(Baker y Manuelidis, 2003; Riemer *et al*., 2004; Xiang *et al*., 2004)
	PLTP	Unión con lípidos/Transporte	(Booth *et al*., 2004b)
	SAA3	Componente mayor de HDL	(Baker y Manuelidis, 2003)
	SC4MOL	Biosíntesis de esteroles	(Riemer *et al*., 2004)
	SC5DL	Biosíntesis de colesterol	(Riemer *et al*., 2004)
	SCAP	Activavión del biosíntesis delipidos	(Booth *et al*., 2004b)
	SGPP1	Esfinganina-1-fosfato fosfatasa	(Booth *et al*., 2004b; Sorensen *et al*., 2008)
	SQLE	Biosíntesis de esteroles	(Riemer *et al*., 2004)
	SRD	Biosíntesis de esteroides	(Riemer *et al*., 2004)
	TSPO	Proteína de unión con lípidos	(Baker y Manuelidis, 2003)
	VLDLR	Receptor de VLDL	(Baker y Manuelidis, 2003)

Tabla 2. Listado de genes con expresión diferencial en tejido nervioso de individuos con EETs (continuación)
Table 2. List of genes with differential expression in nervous tissue of individuals with TSEs (continuation)

Grupo de genes	Gen	Función	Citas
Genes codificantes de proteasas e inhibidores de proteasa	*ADAM23*	Inhibidor de proteasa de cisteína	(Booth *et al*., 2004b)
	CST3	Inhibidor de proteasa de cisteína	(Booth *et al*., 2004b; Sorensen *et al*., 2008)
	CST7	Inhibidor de proteasa	(Baker y Manuelidis, 2003; Riemer *et al*., 2004; Xiang *et al*., 2004)
	CTSB	Endopeptidasa tipo cisteina	(Booth *et al*., 2004b; Sorensen *et al*., 2008)
	CTSC	Endopeptidasa tipo cisteina	(Riemer *et al*., 2004; Xiang *et al*., 2004)
	CTSD	Endopeptidasa tipo cisteina	(Riemer *et al*., 2004; Xiang *et al*., 2004; Tang *et al*., 2009)
	CTSH	Endopeptidasa tipo cisteina	(Baker y Manuelidis, 2003; Booth *et al*., 2004b; Riemer *et al*., 2004; Xiang *et al*., 2004; Sorensen *et al*., 2008)
	CTSK	Endopeptidasa tipo cisteina	(Booth *et al*., 2004b; Sorensen *et al*., 2008)
	CTSL	Endopeptidasa tipo serina	(Baker y Manuelidis, 2003)
	CTSS	Endopeptidasa tipo cisteina	(Dandoy-Dron *et al*., 1998; Baker y Manuelidis, 2003; Booth *et al*., 2004b; Riemer *et al*., 2004; Xiang *et al*., 2004; Sorensen *et al*., 2008; Tang *et al*., 2009)
	CTSZ	Endopeptidasa tipo cisteina	(Riemer *et al*., 2004; Xiang *et al*., 2004; Tang *et al*., 2009)
	FURIN	Furina O-sialoglicoproteína endopeptidasa	(Booth *et al*., 2004b)
	HEXA	Hidrolasa lisosomal	(Kopacek *et al*., 2000)
	HEXB	Hidrolasa lisosomal	(Kopacek *et al*., 2000; Booth *et al*., 2004b; Sorensen *et al*., 2008)
	IDE	Inhibidor de proteasa	(Greenwood *et al*., 2005)
	LZM	Hidrolasa lisosomal	(Kopacek *et al*., 2000; Baker y Manuelidis, 2003)
	MASP1	Metalopeptidasa	(Booth *et al*., 2004b)
	NDST1	Endopeptidasa tipo serina/tripsina	(Booth *et al*., 2004b)
	OSGEP	Peptidasa tipo cisteina	(Booth *et al*., 2004b)
	PA2G4	Heparán sulfato de N-desacetilasa	(Booth *et al*., 2004b)
	SERPINA12	Inhibidor de proteasa de cisteína/serina	(Greenwood *et al*., 2005)
	SERPINA3N	Inhibidor de proteasa	(Xiang *et al*., 2004; Baker y Manuelidis, 2003)

Tabla 2. Listado de genes con expresión diferencial en tejido nervioso de individuos con EETs (continuación)
Table 2. List of genes with differential expression in nervous tissue of individuals with TSEs (continuation)

Grupo de genes	Gen	Función	Citas
	SERPINB2	Inhibidor de proteasa	(Baker y Manuelidis, 2003)
	SPINT2	Inhibidor de proteasa	(Baker y Manuelidis, 2003)
	TIMP1	Inhibidor de proteasa	(Xiang *et al*., 2004)
	TIMP1	Inhibidor de proteasa	(Baker y Manuelidis, 2003)
	TPP1	Proteasa lisosomal	(Baker y Manuelidis, 2003)
	UCHL5	Proliferación asociada 2G4	(Booth *et al*., 2004b; Sorensen *et al*., 2008)
Genes codificantes de chaperonas	*CALR*	Plegamiento de proteínas	(Baker y Manuelidis, 2003)
	CLU	Transporte y proteína de unión	(Booth *et al*., 2004a; Greenwood *et al*., 2005; Sorensen *et al*., 2008; Tang *et al*., 2009)
	HSP1	Plegamiento de proteínas	(Booth *et al*., 2004a)
	A-HSPCA	Plegamiento de proteínas	(Greenwood *et al*., 2005)
	HSP105A	Factor de choque térmico	(Riemer *et al*., 2004)
	HSP70 1A	Plegamiento de proteínas	(Doh-ura *et al*., 1995; Booth *et al*., 2004a; Xiang *et al*., 2004)
	HSP90	Plegamiento de proteínas	(Doh-ura *et al*., 1995)
	HSPA, HSPA9A	Plegamiento de proteínas	(Booth *et al*., 2004b; Greenwood *et al*., 2005)
	MTOR	Isomerasa, plegamiento de proteínas	(Greenwood *et al*., 2005)

peranzadores y nos inducen a pensar que la realización de estudios más profundos de los genes descritos como potenciales biomarcadores conducirá a la identificación de más moléculas diagnósticas.

La mayoría de los estudios de perfiles de expresión se han realizado después de que aparezcan los síntomas clínicos de la enfermedad, sin embargo, las enfermedades priónicas y otras enfermedades neurodegenerativas presentan una larga fase presintomática. Por ello, se necesitan estudios de expresión genómica en estadios preclínicos y clínicos que permitan identificar nuevos genes, proteínas y rutas implicadas en la patogénesis de las EETs y útiles como marcadores de diagnóstico preclínico.

El análisis del transcriptoma del SNC de individuos infectados por priones ha permitido identificar tres grandes grupos de factores implicados en las EETs: (1) genes implicados en el metabolismo lipídico, (2) genes codificantes de proteasas e inhibidores de proteasa y (3) genes codificantes de chaperonas (Tabla 2).

Genes implicados en el metabolismo lipídico

Los análisis de expresión genómica han mostrado variación en genes involucrados en el metabolismo de los lípidos tanto en modelos murinos de la enfermedad como en cultivos celulares. En distintas áreas del encéfalo de ratones infectados con scrapie se subexpresan varios genes implicados en la biosíntesis del colesterol (Riemer *et al.*, 2004; Sorensen *et al.*, 2008) y de otros lípidos, como los genes codificantes de la proteína de unión con el elemento regulador de los esteroles (*Srebp*) y de la proteína de activación de escisión (*Scap*) (Booth *et al.*, 2004a). Estos cambios podrían ser responsables de la disminución de la síntesis de colesterol observada en el encéfalo de animales afectados por scrapie, hecho que probablemente se reforzaría por la sobreexpresión del gen *Abca1* (Riemer *et al.*, 2004), codificante de la proteína reguladora del flujo de salida del colesterol, que favorece el transporte del mismo y su posterior unión a apolipoproteínas, y por la sobreexpresión de estas últimas (Booth *et al.*, 2004b).

Los genes implicados en el metabolismo lipídico también se encuentran alterados en el cultivo celular de microglía infectado por ECJ (Baker y Manuelidis, 2003). La proteína amiloide del suero A3 (SAA3) (el constituyente principal de las lipoproteínas de alta densidad durante las reacciones inflamatorias) se encuentra incrementada en cultivos de microglía infectada por ECJ y puede afectar al almacenamiento y a la liberación del colesterol (Ely *et al.*, 2001). En contraste, el aumento de niveles de expresión de la apolipoproteína C1 (*APOC1*), que también está relacionada con otras enfermedades neurodegenerativas como la enfermedad de Alzheimer (Petit-Turcotte *et al.*, 2001), puede inhibir tanto la captación de LDL (lipoproteínas de baja densidad) como la actividad de la lipoproteína lipasa. La variación en la expresión de genes implicados en el metabolismo lipídico tiene una gran importancia en las enfermedades priónicas, debido a que los lípidos pueden actuar como lipochaperonas para provocar el plegamiento de las proteínas de la transmembrana y también de la proteína prion (Sanders y Nagy, 2000; Sarnataro *et al.*, 2004; Campana *et al.*, 2006). Finalmente, estudios genéticos de *APOE* han demostrado que algunas de las variantes de este gen podrían considerarse como un factor de riesgo para la susceptibilidad a la ECJ (Amouyel *et al.*, 1994).

Nuestros resultados de expresión génica en ovejas infectadas de forma natural con scrapie en fase clínica demuestran sobrexpresión de dos genes implicados en el transporte lipídico, la apolipoproteína C4 (*APOC4*) y la esterol O-aciltransferasa 1 (*SOAT1*) (Filali *et al.*, 2011). Además de la apolipoproteina E, que se ha identificado como un biomarcador en la enfermedad de Parkinson (Dufek *et al.*,

2009) muchos miembros de la familia de apolipoproteinas (*Apoa1*, *Apoa4*, *Apoc1*, *Apoc2*, *Apoc3* y *Apod*) han sido descritas como potenciales biomarcadores en las prionopatías (Booth *et al.*, 2004b; Skinner *et al.*, 2006). *APOC4* podría ser un nuevo miembro de esta familia de genes asociado con la neuropatología del scrapie.

Asimismo, la variación en la esterol O-aciltransferasa 1, que ayuda en el metabolismo del colesterol, se ha descrito en la enfermedad de Alzheimer (Carter, 2007) y también se ha visto sobreexpresada en casos de scrapie natural (Filali *et al.*, 2011). Otros genes implicados en el metabolismo de ácidos grasos y lipoproteínas como *CD36* y *CD68* también se sobreexpresan en casos de scrapie natural en las fases clínica (Filali *et al.*, 2011) y preclínica (Datos no publicados).

Genes codificantes de proteasas e inhibidores de proteasa

Muchas catepsinas (tipo S, H, C, D y Z) e inhibidores de proteasas (por ejemplo, la cistatina F, inhibidora de cisteína-proteasas) se sobreexpresan en los encéfalos de ratones infectados por scrapie y en las células de microglía infectadas por ECJ (Dandoy-Dron *et al.*, 1998; Baker y Manuelidis, 2003; Booth *et al.*, 2004b; Xiang *et al.*, 2004; Skinner *et al.*, 2006). Asimismo, se ha descrito la sobreexpresión de la catepsina H en la fase clínica de casos naturales del scrapie (Filali *et al.*, 2011). Las catepsinas podrían estar relacionadas con el proceso neurodegenerativo y citotóxico generado por la inducción de la apoptosis y de la degradación de las proteínas de la matriz extracelular (MEC) (Nakanishi, 2003). También podrían ejercer su efecto sobre la replicación de priones; se ha observado que los inhibidores de la cisteína-proteasas bloquean la acumulación de la PrP^{Sc} (Doh-Ura *et al.*, 2000), lo que sugiere que las proteasas podrían promover la replicación de priones mediante la ruptura de los grandes agregados de amiloide de prión formando nuevas semillas de PrP^{Sc} (análogo al efecto de la sonicación en la PMCA).

Además de las diferencias de expresión observadas para las catepsinas en el transcurso de las enfermedades priónicas, diversos estudios han tratado de asociar distintas variantes de la catepsina D a un mayor riesgo a padecer la ECJ o a un descenso de la supervivencia, sin resultados concluyentes (Bishop *et al.*, 2008; Jeong *et al.*, 2009; Kovacs *et al.*, 2010).

Genes codificantes de chaperonas

Los datos de microarrays procedentes de muestras de encéfalos de ratones infectados por diferentes cepas de scrapie (ME7, 79A, y 22A) han mostrado grandes diferencias en la expresión de muchas chaperonas. Las chaperonas que presentan una expresión diferencial específica de cepa son el gen de la proteína de choque térmico de 70 KDa1A (*Hspa1a*) (una chaperona ubicua) y la calreticulina (*Calr*) (una chaperona del retículo endoplasmático) (Booth *et al.*, 2004a). La expresión de otras chaperonas se ha visto modificada en cultivos celulares (células N2a) infectados con priones, donde el gen de la proteína de choque térmico de 70 KDa (*Hsp70*) se sobreexpresa y el de la proteína de choque térmico de 90 KDa (*Hsp90*) se subexpresa (Doh-ura *et al.*, 1995). Asimismo, varios genes implicados en la respuesta celular al estrés y al plegamiento de proteínas, como el gen de la proteína de choque térmico 9 (*Hspa9*), *Calr* y peptidil-prolil cis-trans isomerasa (*Fkbp*), también se muestran alterados en células infectadas por priones (Greenwood *et al.*, 2005). Además, en casos naturales de scrapie, se ha detectado una disminución en el nivel de expresión de *HSPB1* y *HSP90AA1* a nivel de corteza frontal del cerebro, y un aumento de la expresión de la *HSP73* a nivel de diencéfalo (Serrano *et al.*, 2011). Asimismo, la asociación estadística entre los niveles de expresión de las chaperonas y los valores semi-

cuantitativos del depósito de la proteína prión, gliosis y espongiosis sugiere que las Hsp parecen estar implicadas en la gliosis, y no en reacciones anti-apoptóticas. Sin embargo, las células de Purkinje muestran gran expresión de las proteínas HSP70 y HSP90, presentando la HSP70 una asociación negativa con el depósito de la proteína prión y con la espongiosis, sugiriendo que las chaperonas ejercen un efecto neuroprotector en las células de Purkinje frente al estrés relacionado con el scrapie ovino (Serrano *et al.*, 2011).

Además de los estudios de expresión, debido a su localización en una región QTL, se propuso el gen *HSP90AA1* como candidato a modular la susceptibilidad a scrapie (Marcos-Carcavilla *et al.*, 2008a). Posteriormente se determinó que ciertos polimorfismos de este gen podrían explicar las diferencias en el periodo de incubación de scrapie observadas entre individuos con igual genotipo para el gen *PRNP* (Marcos-Carcavilla *et al.*, 2010).

Biomarcadores genómicos en tejido linfoide

La vía de transmisión principal del scrapie y otras EETs como la EEB y la vECJ ha sido la infección del individuo por ingesta de alimentos contaminados con proteína priónica por vía oral. Tras la toma de alimentos contaminados, la PrP^{Sc} se transporta desde el intestino hasta el sistema nervioso central. Los datos actuales sugieren que la PrP^{Sc} atraviesa el epitelio intestinal, posiblemente a través de las células M, y se acumula rápidamente en el tejido linfoide asociado al intestino (GALT), principalmente en la placa de Peyer de la mucosa intestinal, en los ganglios linfáticos mesentéricos y posteriormente en el bazo (van Keulen *et al.*, 2002). La linfoinvasión por el agente causal tras la ingestión del mismo constituye un hecho atractivo para la identificación de biomarcadores en la investigación de las enfermedades priónicas. Este proceso ocurre en la fase preclínica, antes de la neuroinvasión, por lo que se puede considerar un momento óptimo para el diagnóstico precoz o para una potencial intervención terapéutica (Aucouturier y Carnaud, 2002). Asimismo, una ventaja adicional del tejido linfoide como tejido diana de diagnóstico, con respecto al SNC, es su mayor accesibilidad para el muestreo mediante la realización de biopsias. A pesar de ello, se han publicado muy pocos estudios que describan biomarcadores génicos o proteicos asociados a la replicación del prión en el SLR. Un estudio relativamente reciente ha identificado cambios en la expresión de los genes *St6gal1*, *St3gal5*, *Man2a1*, *Hexb*, *Pigq* y genes relacionados con la glicosilación en el bazo de ratones infectados por scrapie (Sasaki *et al.*, 2006), sugiriendo que la modificación en el metabolismo de los glicoesfingolípidos del bazo está asociada con la acumulación de la proteína prión. Otros estudios sobre cambios en la expresión génica, utilizando muestras de placas de Peyer de ovinos infectados experimentalmente, describen alteraciones de genes involucrados en distintas funciones del sistema inmune (complejo mayor de la histocompatibilidad (MHC) de clase II y L-RAP), en procesos inflamatorios (proteína similar a la asociada a la pancreatitis (PAP-like)) (Austbo *et al.*, 2008) y en otros procesos celulares y metabólicos, incluyendo el desarrollo y la maduración de los linfocitos (Khaniya *et al.*, 2009).

Entre el limitado número de potenciales biomarcadores identificados en estos estudios, podemos destacar el factor asociado a la diferenciación eritroide (*EDRF*) que se describió como biomarcador especifico de las EETs en la fase clínica de la enfermedad en tejido linfoide (Miele *et al.*, 2001). Este biomarcador se subexpresaba en bazo, médula ósea y sangre de ratones infectados con scrapie, bovino con BSE y ovino con scrapie. Sin embargo Glock *et al.* (2003) mostraron que *EDRF* presenta un alto grado de variación transcripcional en la sangre humana de personas sanas poniendo en cuestión la utilidad de este biomarcador.

Validación de los biomarcadores génicos

Las diferencias entre los niveles de transcripción de un gen y la cantidad final de proteína expresada pueden ser importantes Esto puede ser debido a distintos factores, como los errores experimentales, la estructura secundaria del RNA, su estabilidad o la vida media del RNA, entre otros (Maier *et al.*, 2009). En consecuencia, se requiere una validación funcional convincente mediante cuantificación proteica. El proceso de validación de los biomarcadores incluye estudios que añadan información y confianza a estos potenciales biomarcadores. Existen biomarcadores cuyos efectos deben estar relacionados principalmente con la deposición de la PrP^{Sc}, la neuropatología y el carácter infeccioso del prión (Lloyd *et al.*, 2011). No obstante, se requieren estudios experimentales antes de utilizar estas moléculas como biomarcadores o dianas terapéuticas en ensayos clínicos (Huzarewich *et al.*, 2010). Se deben utilizar técnicas de cuantificación o semi-cuantificación proteica para determinar el nivel de proteínas codificadas por los genes que presentan altos niveles de regulación a nivel transcripcional. Las técnicas de inmunoensayo (ELISA, inmunohistoquímica (IHQ) o WB) son las más utilizadas para la validación funcional de un potencial biomarcador génico. Como ejemplos de genes validados a nivel funcional, citaremos el *SCRG1* (gen con respuesta a scrapie 1), que se sobreexpresa en modelos experimentales de scrapie y BSE (Dandoy-Dron *et al.*, 1998; Dandoy-Dron *et al.*, 2000). Posteriormente, en modelos murinos de scrapie, la proteína codificada por este gen se ha visto relacionada tanto con el estrés y la muerte neuronal como con el proceso de la autofagia (Dron *et al.*, 2005). Además del *Scrg1*, nuestro grupo ha analizado seis biomarcadores potenciales de scrapie (*CAPN6*, *COL1A2*, *COL3A1, GALA1, MT2A* y *MTNR1B*) a nivel funcional (Filali *et al.*, 2013), validando los cambios en el nivel de expresión proteica de CAPN6, GALA1, MTNR1B y MT2A, confirmando su posible uso como biomarcadores de las EETs o dianas terapéuticas.

Biomarcadores proteómicos

En las EETs humanas y animales se han descubierto pocos biomarcadores proteicos mediante las técnicas de proteómica. Entre estos biomarcadores, en casos de ECJ se han descrito la alpha 1-antiquimotripsina (α1-ACT), la cistatina C, la proteína transportadora de ácidos grasos específica del miocardio (H-FABP), la proteína 14-3-3, la transtiretina, S-100β y Tau (Otto *et al.*, 1998; Green *et al.*, 2001; Green *et al.*, 2002; Guillaume *et al.*, 2003; Sanchez *et al.*, 2004; Brechlin *et al.*, 2008; Miele *et al.*, 2008); y en los casos de EEB el péptido antimicrobiano de la catelicidina, la clusterina, la región de la cadena C de la Ig Gamma-2 y la uroguanilina (Simon *et al.*, 2008).

Se han identificado proteínas en el LCR que están siendo muy útiles en el diagnóstico de enfermedades priónicas humanas. Una de ellas, la proteína 14-3-3, es una proteína neuronal que se libera al LCR tras la agresión neuronal. Su detección en LCR por Western Blot (WB) se utiliza principalmente como prueba de diagnóstico de ECJ, en conjunto con los indicadores clínicos de esta enfermedad (Blennow *et al.*, 2005). La acumulación de la proteína14-3-3 es altamente indicativa de la ECJ esporádica, detectando esta enfermedad con una especificidad de 92% y una sensibilidad del 96% (Green, 2002). Sin embargo, la proteína 14-3-3 es un pobre marcador de la vECJ, donde sólo se detectan el 50% de los pacientes con vECJ confirmada (Green, 2002). Esta proteína se utiliza como uno de los parámetros de diferenciación entre estas dos formas de la ECJ.

Otras proteínas sobreexpresadas en el LCR en pacientes con ECJ son Tau y fosfo-Tau, S-100β y la enolasa específica de neuronas (NSE). La determinación de los niveles de proteína total Tau en el LCR de pacientes con ECJ, mediante el uso de un kit comercial de ELISA, indica que como marcador de diagnóstico de ECJ la proteína Tau es comparable con la proteína 14-3-3 (Otto *et al.*, 1997; Otto *et al.*,

2002). La concentración de proteína Tau también esta elevada en LCR de pacientes con vECJ (Green *et al.*, 2001). Estos biomarcadores han demostrado ser muy útiles en la confirmación de los casos de ECJ, y su uso generalizado ilustra el importante papel que desempeñan los biomarcadores distintos de la PrP^{Sc} en la detección de las enfermedades priónicas (Parveen *et al.*, 2005).

Un biomarcador proteico identificado más recientemente ha sido la α1-ACT. En principio se detectó la expresión aumentada del gen que codifica esta proteína en el cerebro de ratones infectados con scrapie en estadios preclínicos (Miele *et al.*, 2008). Esta proteína se había relacionado con la patología de Alzheimer (Abraham *et al.*, 1988) y aparecía elevada en el LCR de pacientes con esta enfermedad (Wang *et al.*, 2002). Finalmente, se describió que los niveles de α1-ACT se incrementan drásticamente en la orina de los pacientes que sufren de la enfermedad de Creutzfeldt-Jakob esporádica, y aumentan progresivamente a lo largo de la enfermedad (Miele *et al.*, 2008). El aumento de la excreción de α1-ACT también se ha descrito en EETs animales (Greenwood *et al.*, 2005). Por lo tanto, la medición de los niveles de α1-ACT urinario puede ser un biomarcador muy útil para el seguimiento de las EETs (Miele *et al.*, 2008).

Hasta el momento, los biomarcadores proteómicos más relevantes por su utilidad en la confirmación de los casos de ECJ son la alpha 1-antiquimotripsina, la proteína 14-3-3 y la proteína Tau.

El uso de la técnica de microarray de anticuerpos no se ha utilizado todavía en estudios de las EETs, sin embargo esta técnica se ha usado en la investigación de la enfermedad de Alzheimer (Ray *et al.*, 2007). La Tabla 3 resume los principales biomarcadores potenciales para las EETs y otras enfermedades neurodegenerativas, identificados en fluidos corporales mediante las técnicas de espectrometría de masas y electroforesis bidimensional.

Conclusión

Las EETs siguen siendo un campo abierto para la investigación en lo que se refiere a la naturaleza del agente causal, la patogenia de estas enfermedades, la naturaleza de las cepas priónicas, las diferencias individuales en susceptibilidad, el diagnóstico precoz y la terapia eficaz. La búsqueda de biomarcadores asociados a scrapie, a otras EETs e incluso a otras enfermedades neurodegenerativas, constituye una estrategia prometedora para responder a muchas de estas cuestiones. Aunque las investigaciones realizadas en diversos tejidos de individuos afectados por enfermedades priónicas han identificado numerosos genes asociados con la infección priónica, se han identificado muy pocos cambios génicos con potencial uso como biomarcadores específicos de las EETs, entre los que podemos destacar *α1-ACT* y *CST3*. La validación de más genes como biomarcadores requiere el estudio de las proteínas codificadas por los mismos y la realización de estudios funcionales. Igualmente, el número de proteínas que puedan reemplazar a las PrP^{Sc} como biomarcadores de la enfermedad es limitado, destacando por su utilidad la proteína 14-3-3 y la Tau.

Los retos para el futuro próximo consistirán en profundizar en el estudio proteico de los potenciales biomarcadores génicos ya identificados y también en la aplicación de las nuevas técnicas de genómica y proteómica en el estudio de tejidos de animales infectados de forma natural con agentes priónicos de distintas EETs, en particular en los tejidos de mayor accesibilidad, y en distintas fases clínicas de la enfermedad para identificar nuevas moléculas relevantes en el estudio de estas enfermedades.

Tabla 3. Biomarcadores potenciales de EETs y otras Enfermedades Neurodegenerativas identificados por espectrometría de masas y electroforesis bidimensional

Table 3. Potential biomarkers of TSEs and other neurodegenerative diseases identified by mass spectrometry and two-dimensional electrophoresis

Biomarcador	Fluido	Enfermedad*	Referencia
α-1-glicoproteina acida	Suero	EA	(Zhang *et al*., 2004; Dufek *et al*., 2009)
α-1-antiquimotripsina	Orina	ECJ	(Miele *et al*., 2008)
Apolipoproteina B100	Suero	EA	(Zhang *et al*., 2004; Dufek *et al*., 2009)
α-Alfa-2 macroglobulina	Plasma y suero	EA	(Zhang *et al*., 2004; Hye *et al*., 2006; Dufek *et al*., 2009)
Apolipoproteina E	Suero y LCR	EA y EP	(Zhang *et al*., 2004; Rite *et al*., 2007; Dufek *et al*., 2009)
Cadena α-2 de la haptoglobina	Suero y LCR	EA y EP	(Zhang *et al*., 2004; Rite *et al*., 2007; Dufek *et al*., 2009)
Cadena α-2 de la hemoglobina	Suero	EA	(Zhang *et al*., 2004; Dufek *et al*., 2009)
Clusterina	Orina, LCR, sangre y plasma	EEB y EA	(Sasaki *et al*., 2002; Simon *et al*., 2008)
Complemento C4	Suero	EA	(Zhang *et al*., 2004; Dufek *et al*., 2009)
Componente C3c del complemento	Suero	EA, ELA y EP	(Zhang *et al*., 2004; Goldknopf *et al*., 2006; Dufek *et al*., 2009)
Componente C3dg del complemento	Suero	ELA y EP	(Goldknopf *et al*., 2006)
Cistatina C	LCR	ECJ	(Sanchez *et al*., 2004)
Factor h del complemento	Suero y plasma	EA, ELA y EP	(Zhang *et al*., 2004; Goldknopf *et al*., 2006; Hye *et al*., 2006; Dufek *et al*., 2009)
Fragmento Bb del factor b del complemento	Suero	EP	(Goldknopf *et al*., 2006)

* EA: Enfermedad de Alzheimer, EEB: Encefalopatía espongiforme bovina, ECJ: Enfermedad de Creutzfeldt-Jakob, ELA: Esclerosis lateral amiotrófica y EP: Enfermedad de Parkinson.

Tabla 3. Biomarcadores potenciales de EETs y otras Enfermedades Neurodegenerativas identificados por espectrometría de masas y electroforesis bidimensional (continuación)
Table 3. Potential biomarkers of TSEs and other neurodegenerative diseases identified by mass spectrometry and two-dimensional electrophoresis (continuation)

Biomarcador	Fluido	Enfermedad*	Referencia
Glicoproteina rica en histidina	Suero	EA	(Zhang *et al*., 2004; Dufek *et al*., 2009)
Ig Gamma-2 región de la cadena C	Orina	EEB	(Simon *et al*., 2008)
Péptido microbial de la catelicidina	Orina	EEB	(Simon *et al*., 2008)
Precursor de la vitronectina	Suero	EA	(Zhang *et al*., 2004; Dufek *et al*., 2009)
Proteína transportadora de ácidos grasos especifica del miocardio (H-FABP)	LCR y plasma	EA y ECJ	(Guillaume *et al*., 2003)
Proteína 14-3-3	LCR	ECJ	(Green, 2002)
Proteína Tau	LCR	ECJ	(Otto *et al*., 2002)
S-100β	LCR	ECJ	(Otto *et al*., 1998)
Transtiretina	Suero y CSF	EA, ECJ y EP	(Zhang *et al*., 2004; Rite *et al*., 2007; Brechlin *et al*., 2008; Dufek *et al*., 2009)
Uroguanilina	Orina	EEB	(Simon *et al*., 2008)
Vitronectina subunidad 10 kDa	Suero	EA	(Zhang *et al*., 2004; Dufek *et al*., 2009)

* EA: Enfermedad de Alzheimer, EEB: Encefalopatía espongiforme bovina, ECJ: Enfermedad de Creutzfeldt-Jakob, ELA: Esclerosis lateral amiotrófica y EP: Enfermedad de Parkinson.

Bibliografía

Abraham CR, Selkoe DJ, Potter H (1988). Immunochemical identification of the serine protease inhibitor alpha 1-antichymotrypsin in the brain amyloid deposits of Alzheimer's disease. Cell 52: 487-501.

Aguzzi A (2006). Prion diseases of humans and farm animals: epidemiology, genetics, and pathogenesis. Journal of Neurochemistry 97: 1726-1739.

Aguzzi A, Falsig J (2012). Prion propagation, toxicity and degradation. Nature Neuroscience 15: 936-939.

Amouyel P, Vidal O, Launay JM, Laplanche JL (1994). The Apolipoprotein-E Alleles as Major Susceptibility Factors for Creutzfeldt-Jakob-Disease. Lancet 344: 1315-1318.

Andreoletti O, Berthon P, Marc D, Sarradin P, Grosclaude J, van Keulen L, Schelcher F, Elsen J, Lantier F (2000). Early accumulation of PrPsc in gut-associated lymphoid and nervous tissues of susceptible sheep from a Romanov flock with natural scrapie. Journal of General Virology 81: 3115-3126.

Andreoletti O, Litaise C, Simmons H, Corbiere F, Lugan S, Costes P, Schelcher F, Vilette D, Grassi J, Lacroux C (2012). Highly efficient prion transmission by blood transfusion. PLoS Pathogens 8: e1002782.

Aucouturier P, Carnaud C (2002). The immune system and prion diseases: a relationship of complicity and blindness. Journal of Leukocyte Biology 72: 1075-1083.

Austbo L, Kampmann A, Muller-Ladner U, Neumann E, Olsaker I, Skretting G (2008). Identification of differentially expressed genes in ileal Peyer's patch of scrapie-infected sheep using RNA arbitrarily primed PCR. BMC Veterinary Research 4: 12.

Baker CA, Manuelidis L (2003). Unique inflammatory RNA profiles of microglia in Creutzfeldt-Jakob disease. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 100: 675-679.

Basu U, Almeida LM, Dudas S, Graham CE, Czub S, Moore SS, Guan le L (2012). Gene expression alterations in Rocky Mountain elk infected with chronic wasting disease. Prion 6: 282-301.

Bishop MT, Kovacs GG, Sanchez-Juan P, Knight RSG (2008). Cathepsin D SNP associated with increased risk of variant Creutzfeldt-Jakob disease. BMC Medical Genetics 9.

Blennow K, Johansson A, Zetterberg H (2005). Diagnostic value of 14-3-3beta immunoblot and T-tau/P-tau ratio in clinically suspected Creutzfeldt-Jakob disease. International Journal of Molecular Medicine 16: 1147-1149.

Booth S, Bowman C, Baumgartner R, Dolenko B, Sorensen G, Robertson C, Coulthart M, Phillipson C, Somorjai R (2004a). Molecular classification of scrapie strains in mice using gene expression profiling. Biochemical and Biophysical Research Communications 325: 1339-1345.

Booth S, Bowman C, Baumgartner R, Sorensen G, Robertson C, Coulthart M, Phillipson C, Somorjai RL (2004b). Identification of central nervous system genes involved in the host response to the scrapie agent during preclinical and clinical infection. Journal of General Virology 85: 3459-3471.

Brechlin P, Jahn O, Steinacker P, Cepek L, Kratzin H, Lehnert S, Jesse S, Mollenhauer B, Kretzschmar HA, Wiltfang J, Otto M (2008). Cerebrospinal fluid-optimized two-dimensional difference gel electrophoresis (2-D DIGE) facilitates the differential diagnosis of Creutzfeldt-Jakob disease. Proteomics 8: 4357-4366.

Bremer J, Baumann F, Tiberi C, Wessig C, Fischer H, Schwarz P, Steele AD, Toyka KV, Nave KA, Weis J, Aguzzi A (2010). Axonal prion protein is required for peripheral myelin maintenance. Nature Neuroscience 13: 310-U319.

Brown AR, Webb J, Rebus S, Williams A, Fazakerley JK (2004). Identification of up-regulated genes by array analysis in scrapie-infected mouse brains. Neuropathology and Applied Neurobiology 30: 555-567.

Campana V, Sarnataro D, Fasano C, Casanova P, Paladino S, Zurzolo C (2006). Detergent-resistant membrane domains but not the proteasome are involved in the misfolding of a PrP mutant retained in the endoplasmic reticulum. Journal of Cell Science 119: 433-442.

Carter CJ (2007). Convergence of genes implicated in Alzheimer's disease on the cerebral cholesterol shuttle: APP, cholesterol, lipoproteins, and atherosclerosis. Neurochemistry International 50: 12-38.

Coleman BM, Hanssen E, Lawson VA, Hill AF (2012). Prion-infected cells regulate the release of exosomes with distinct ultrastructural features. Federation of American Societies for Experimental Biology Journal 26: 4160-4173.

Cookson W, Liang L, Abecasis G, Moffatt M, Lathrop M (2009). Mapping complex disease traits with global gene expression. Nature Reviews Genetics 10: 184-194.

Cosseddu GM, Andreoletti O, Maestrale C, Robert B, Ligios C, Piumi F, Agrimi U, Vaiman D (2007). Gene expression profiling on sheep brain reveals differential transcripts in scrapie-affected/not-affected animals. Brain Research 1142: 217-222.

Dandoy-Dron F, Guillo F, Benboudjema L, Deslys JP, Lasmezas C, Dormont D, Tovey MG, Dron M (1998). Gene expression in scrapie. Cloning of a new scrapie-responsive gene and the identification of increased levels of seven other mRNA transcripts. Journal of Biological Chemistry 273: 7691-7697.

Dandoy-Dron F, Benboudjema L, Guillo F, Jaegly A, Jasmin C, Dormont D, Tovey MG, Dron M (2000). Enhanced levels of scrapie responsive gene mRNA in BSE-infected mouse brain. Brain Research. Molecular Brain Research 76: 173-179.

Diaz C, Vitezica ZG, Rupp R, Andreoletti O, Elsen JM (2005). Polygenic variation and transmission factors involved in the resistance/susceptibility to scrapie in a Romanov flock. Journal of General Virology 86: 849-857.

Diekstra FP, Saris CGJ, van Rheenen W, Franke L, Jansen RC, van Es MA, van Vught PWJ, Blauw HM, Groen EJN, Horvath S, Estrada K, Rivadeneira F, Hofman A, Uitterlinden AG, Robberecht W, Andersen PM, Melki J, Meininger V, Hardiman O, Landers JE, Brown RH, Shatunov A, Shaw CE, Leigh PN, Al-Chalabi A, Ophoff RA, van den Berg LH, Veldink JH (2012). Mapping of Gene Expression Reveals CYP27A1 as a Susceptibility Gene for Sporadic ALS. PLoS ONE 7.

Doh-ura K, Perryman S, Race R, Chesebro B (1995). Identification of differentially expressed genes in scrapie-infected mouse neuroblastoma cells. Microbial Pathogenesis 18: 1-9.

Doh-ura K, Iwaki T, Caughey B (2000). Lysosomotropic agents and cysteine protease inhibitors inhibit scrapie-associated prion protein accumulation. Journal of Virology 74: 4894-4897.

Dron M, Bailly Y, Beringue V, Haeberle AM, Griffond B, Risold PY, Tovey MG, Laude H, Dandoy-Dron F (2005). Scrg1 is induced in TSE and brain injuries, and associated with autophagy. European Journal of Neuroscience 22: 133-146.

Dufek M, Hamanova M, Lokaj J, Michalkova Z, Rektorova I, Goldemund D, Rektor I (2009). Serum inflammatory biomarkers in Parkinson's disease. Journal of the Neurological Sciences 285: S293-S294.

Ely S, Bonatesta R, Ancsin JB, Kindy M, Kisilevsky R (2001). The in-vitro influence of serum amyloid A isoforms on enzymes that regulate the balance between esterified and un-esterified cholesterol. Amyloid 8: 169-181.

Filali H, Martin-Burriel I, Harders F, Varona L, Lyahyai J, Zaragoza P, Pumarola M, Badiola JJ, Bossers A, Bolea R (2011). Gene expression profiling and association with prion-related lesions in the medulla oblongata of symptomatic natural scrapie animals. PLoS ONE 6: e19909.

Filali H, Martin-Burriel I, Harders F, Varona L, Serrano C, Acin C, Badiola JJ, Bossers A, Bolea R (2012). Medulla oblongata transcriptome changes during presymptomatic natural scrapie and their association with prion-related lesions. BMC Genomics 13: 399.

Filali H, Vidal E, Bolea R, Marquez M, Marco P, Vargas A, Pumarola M, Martin-Burriel I, Badiola JJ (2013). Gene and protein patterns of potential prion-related markers in the central nervous system of clinical and preclinical infected sheep. Veterinary Research 44: 14.

Gamazon ER, Huang RS, Cox NJ, Dolan ME (2010). Chemotherapeutic drug susceptibility associated SNPs are enriched in expression quantitative trait loci. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 107: 9287-9292.

Gambetti P, Dong Z, Yuan J, Xiao X, Zheng M, Alshekhlee A, Castellani R, Cohen M, Barria MA, Gonzalez-Romero D, Belay ED, Schonberger LB, Marder K, Harris C, Burke JR, Montine T, Wisniewski T, Dickson DW, Soto C, Hulette CM, Mastrianni JA, Kong Q, Zou WQ (2008). A novel human disease with abnormal prion protein sensitive to protease. Annals of Neurology 63: 697-708.

Glock B, Winter M, Rennhofer SO, Brunholzl E, Troscher D, Reisacher RB, Mayr WR (2003). Transcript level of erythroid differentiation-related factor, a candidate surrogate marker for transmissible spongiform encephalopathy diseases in blood, shows a broad range of variation in healthy individuals. Transfusion 43: 1706-1710.

Goldknopf IL, Sheta EA, Bryson J, Folsom B, Wilson C, Duty J, Yen AA, Appel SH (2006). Complement C3c and related protein biomarkers in amyotrophic lateral sclerosis and Parkinson's disease. Biochemical and Biophysical Research Communications 342: 1034-1039.

Gough KC, Maddison BC (2010). Prion transmission: prion excretion and occurrence in the environment. Prion 4: 275-282.

Green AJE, Thompson EJ, Stewart GE, Zeidler M, McKenzie JM, MacLeod MA, Ironside JW, Will RG, Knight RSG (2001). Use of 14-3-3 and other brain-specific proteins in CSF in the diagnosis of variant Creutzfeldt-Jakob disease. Journal of Neurology Neurosurgery and Psychiatry 70: 744-748.

Green AJE (2002). Use of 14-3-3 in the diagnosis of Creutzfeldt-Jakob disease. Biochemical Society Transactions 30: 382-386.

Green AJE, Ramljak S, Muller WEG, Knight RSG, Schroder HCU-hwscsaBTG-BR-ccacbccd (2002). 14-3-3 in the cerebrospinal fluid of patients with variant and sporadic Creutzfeldt-Jakob disease measured using capture assay able to detect low levels of 14-3-3 protein. Neuroscience Letters 324: 57-60.

Greenwood AD, Horsch M, Stengel A, Vorberg I, Lutzny G, Maas E, Schadler S, Erfle V, Beckers J, Schatzl H, Leib-Mosch C (2005). Cell line dependent RNA expression profiles of prion-infected mouse neuronal cells. Journal of Molecular Biology 349: 487-500.

Grizenkova J, Akhtar S, Collinge J, Lloyd SE (2010). The Retinoic Acid Receptor Beta (Rarb) Region of Mmu14 Is Associated with Prion Disease Incubation Time in Mouse. PLoS ONE 5.

Guillaume E, Zimmermann C, Burkhard PR, Hochstrasser DF, Sanchez JC (2003). A potential cerebrospinal fluid and plasmatic marker for the diagnosis of Creutzfeldt-Jakob disease. Proteomics 3: 1495-1499.

Guillerme-Bosselut F, Forestier L, Jayat-Vignoles C, Vilotte JL, Popa I, Portoukalian J, Le Dur A, Laude H, Julien R, Gallet PF (2009). Glycosylation-related gene expression profiling in the brain and spleen of scrapie-affected mouse. Glycobiology 19: 879-889.

Hedman C, Lyahyai J, Filali H, Marin B, Serrano C, Monleon E, Moreno B, Zaragoza P, Badiola JJ, Martin-Burriel I, Bolea R (2012). Differential gene expression and apoptosis markers in presymptomatic scrapie affected sheep. Veterinary Microbiology 159: 23-32.

Hunter N (2007). Scrapie: uncertainties, biology and molecular approaches. Biochimica et Biophysica Acta 1772: 619-628.

Huzarewich RL, Siemens CG, Booth SA (2010). Application of "omics" to prion biomarker discovery. Journal of Biomedicine and Biotechnology 2010: 613504.

Hye A, Lynham S, Thambisetty M, Causevic M, Campbell J, Byers HL, Hooper C, Rijsdijk F, Tabrizi SJ, Banner S, Shaw CE, Foy C, Poppe M, Archer N, Hamilton G, Powell J, Brown RG, Sham P, Ward M, Lovestone S (2006). Proteome-based plasma biomarkers for Alzheimer's disease. Brain 129: 3042-3050.

Jeong BH, Lee KH, Lee YJ, Yun J, Park YJ, Bae Y, Kim YH, Cho YS, Choi EK, Carp RI, Kim YS (2009). Genetic Association of a Cathepsin D Polymorphism and Sporadic Creutzfeldt-Jakob Disease. Dementia and Geriatric Cognitive Disorders 28: 302-306.

Khaniya B, Almeida L, Basu U, Taniguchi M, Williams JL, Barreda DR, Moore SS, Guan LL (2009). Microarray analysis of differentially expressed genes from Peyer's patches of cattle orally challenged with bovine spongiform encephalo-

pathy. Journal of Toxicology and Environmental Health Part A 72: 1008-1013.

Kopacek J, Sakaguchi S, Shigematsu K, Nishida N, Atarashi R, Nakaoke R, Moriuchi R, Niwa M, Katamine S (2000). Upregulation of the genes encoding lysosomal hydrolases, a perforin-like protein, and peroxidases in the brains of mice affected with an experimental prion disease. Journal of Virology 74: 411-417.

Kovacs GG, Sanchez-Juan P, Strobel T, Schuur M, Poleggi A, Nocentini S, Giannattasio C, Belay G, Bishop M, Capellari S, Parchi P, Gelpi E, Gal A, Bakos A, Molnar MJ, Heinemann U, Zerr I, Knight RSG, Mitrova E, van Duijn C, Budka H (2010). Cathepsin D (C224T) Polymorphism in Sporadic and Genetic Creutzfeldt-Jakob Disease. Alzheimer Disease and Associated Disorders 24: 104-107.

Lloyd S, Mead S, Collinge J (2011). Genetics of prion disease. Topics in Current Chemistry 305: 1-22.

Lloyd SE, Maytham EG, Grizenkova J, Hummerich H, Collinge J (2010). A Copine family member, Cpne8, is a candidate quantitative trait gene for prion disease incubation time in mouse. Neurogenetics 11: 185-191.

Maier T, Guell M, Serrano L (2009). Correlation of mRNA and protein in complex biological samples. FEBS Letters 583: 3966-3973.

Marcos-Carcavilla A, Calvo JH, Gonzalez C, Moazami-Goudarzi K, Laurent P, Bertaud M, Hayes H, Beattie AE, Serrano C, Lyahyai J, Martin-Burriel I, Serrano M (2008a). Structural and functional analysis of the HSP90AA1 gene: distribution of polymorphisms among sheep with different responses to scrapie. Cell Stress & Chaperones 13: 19-29.

Marcos-Carcavilla A, Calvo JH, Gonzalez C, Serrano C, Moazami-Goudarzi K, Laurent P, Bertaud M, Hayes H, Beattie AE, Lyahyai J, Martin-Burriel I, Torres JM, Serrano M (2008b). Structural and functional analysis of the ovine laminin receptor gene (RPSA): Possible involvement of the LRP/LR protein in scrapie response. Mammalian Genome 19: 92-105.

Marcos-Carcavilla A, Moreno C, Serrano M, Laurent P, Cribiu EP, Andreoletti O, Ruesche J, Weisbecker JL, Calvo JH, Moazami-Goudarzi K (2010). Polymorphisms in the HSP90AA1 5' flanking region are associated with scrapie incubation period in sheep. Cell Stress and Chaperones 15: 343-349.

Matsumoto T, Samuel MD, Bollinger T, Pybus M, Coltman DW (2013). Association mapping of genetic risk factors for chronic wasting disease in wild deer. Evol Appl 6: 340-352.

McGowan JP (1922). Scrapie in sheep. Scottish Journal of Agriculture 5: 365-375.

Mead S, Poulter M, Uphill J, Beck J, Whitfield J, Webb TE, Campbell T, Adamson G, Deriziotis P, Tabrizi SJ, Hummerich H, Verzilli C, Alpers MP, Whittaker JC, Collinge J (2009). Genetic risk factors for variant Creutzfeldt-Jakob disease: a genome-wide association study. Evolutionary Applications 8: 57-66.

Miele G, Manson J, Clinton M (2001). A novel erythroid-specific marker of transmissible spongiform encephalopathies. Nature Medicine 7: 361-364.

Miele G, Seeger H, Marino D, Eberhard R, Heikenwalder M, Stoeck K, Basagni M, Knight R, Green A, Chianini F, Wuthrich RP, Hock C, Zerr I, Aguzzi A (2008). Urinary alpha1-antichymotrypsin: a biomarker of prion infection. PLoS ONE 3: e3870.

Moreno CR, Lantier F, Lantier I, Sarradin P, Elsen JM (2003). Detection of new quantitative trait Loci for susceptibility to transmissible spongiform encephalopathies in mice. Genetics 165: 2085-2091.

Moreno CR, Moazami-Goudarzi K, Briand S, Robert-Granie C, Weisbecker JL, Laurent P, Cribiu EP, Haley CS, Andreoletti O, Bishop SC, Pong-Wong R (2010). Mapping of quantitative trait loci affecting classical scrapie incubation time in a population comprising several generations of scrapie-infected sheep. Journal of General Virology 91: 575-579.

Mortazavi A, Williams BA, McCue K, Schaeffer L, Wold B (2008). Mapping and quantifying mammalian transcriptomes by RNA-Seq. Nature Methods 5: 621-628.

Murdoch BM, Murdoch GK, Settles M, McKay S, Williams JL, Moore SS (2011). Genome-wide scan identifies loci associated with classical BSE occurrence. PLoS ONE 6: e26819.

Nakanishi H (2003). Neuronal and microglial cathepsins in aging and age-related diseases. Ageing Research Reviews 2: 367-381.

Ness SA (2007). Microarray analysis: basic strategies for successful experiments. Molecular Biotechnology 36: 205-219.

Nicolae DL, Gamazon E, Zhang W, Duan SW, Dolan ME, Cox NJ (2010). Trait-Associated SNPs Are More Likely to Be eQTLs: Annotation to Enhance Discovery from GWAS. PLoS Genetics 6.

Nicolas O, Gavin R, del Rio JA (2009). New insights into cellular prion protein (PrPc) functions: The "ying and yang" of a relevant protein. Brain Research Reviews 61: 170-184.

Otto M, Wiltfang J, Tumani H, Zerr I, Lantsch M, Kornhuber J, Weber T, Kretzschmar HA, Poser S (1997). Elevated levels of tau-protein in cerebrospinal fluid of patients with Creutzfeldt-Jakob disease. Neuroscience Letters 225: 210-212.

Otto M, Wiltfang J, Schutz E, Zerr I, Otto A, Pfahlberg A, Gefeller O, Uhr M, Giese A, Weber T, Kretzschmar HA, Poser S (1998). Diagnosis of Creutzfeldt-Jakob disease by measurement of S100 protein in serum: prospective case-control study. BMJ 316: 577-582.

Otto M, Wiltfang J, Cepek L, Neumann M, Mollenhauer B, Steinacker P, Ciesielezyk B, Schulz-Schaeffer W, Kretzschmar HA, Poser S (2002). Tau protein and 14-3-3 protein in the differential diagnosis of Creutzfeldt-Jakob disease. Neurology 58: 192-197.

Parveen I, Moorby J, Allison G, Jackman R (2005). The use of non-prion biomarkers for the diagnosis of Transmissible Spongiform Encephalopathies in the live animal. Veterinary Research 36: 665-683.

Petit-Turcotte C, Stohl SM, Beffert U, Cohn JS, Aumont N, Tremblay M, Dea D, Yang L, Poirier J, Shachter NS (2001). Apolipoprotein C-I expression in the brain in Alzheimer's disease. Neurobiology of Disease 8: 953-963.

Prusiner SB, Bolton DC, Groth DF, Bowman KA, Cochran SP, McKinley MP (1982). Further purification and characterization of scrapie prions. Biochemistry 21: 6942-6950.

Ray S, Britschgi M, Herbert C, Takeda-Uchimura Y, Boxer A, Blennow K, Friedman LF, Galasko DR, Jutel M, Karydas A, Kaye JA, Leszek J, Miller BL, Minthon L, Quinn JF, Rabinovici GD, Robinson WH, Sabbagh MN, So YT, Sparks DL, Tabaton M, Tinklenberg J, Yesavage JA, Tibshirani R, Wyss-Coray T (2007). Classification and prediction of clinical Alzheimer's diagnosis based on plasma signaling proteins. Nature Medicine 13: 1359-1362.

Riemer C, Neidhold S, Burwinkel M, Schwarz A, Schultz J, Kratzschmar J, Monning U, Baier M (2004). Gene expression profiling of scrapie-infected brain tissue. Biochemical and Biophysical Research Communications 323: 556-564.

Rite I, Arguelles S, Venero JL, Garcia-Rodriguez S, Ayala A, Cano J, Machado A (2007). Proteomic identification of biomarkers in the cerebrospinal fluid in a rat model of nigrostriatal dopaminergic degeneration. Journal of Neuroscience Research 85: 3607-3618.

Rosenkranz R, Borodina T, Lehrach H, Himmelbauer H (2008). Characterizing the mouse ES cell transcriptome with Illumina sequencing. Genomics 92: 187-194.

Sanchez JC, Guillaume E, Lescuyer P, Allard L, Carrette O, Scherl A, Burgess J, Corthals GL, Burkhard PR, Hochstrasser DF (2004). Cystatin C as a potential cerebrospinal fluid marker for the diagnosis of Creutzfeldt-Jakob disease. Proteomics 4: 2229-2233.

Sanders CR, Nagy JK (2000). Misfolding of membrane proteins in health and disease: the lady or the tiger? Current Opinion in Structural Biology 10: 438-442.

Sarnataro D, Campana V, Paladino S, Stornaiuolo M, Nitsch L, Zurzolo C (2004). PrP(C) association with lipid rafts in the early secretory pathway stabilizes its cellular conformation. Molecular Biology of the Cell 15: 4031-4042.

Sasaki K, Doh-ura K, Ironside JW, Iwaki T (2002). Increased clusterin (apolipoprotein J) expression in human and mouse brains infected with

transmissible spongiform encephalopathies. Acta Neuropathologica 103: 199-208.

Sasaki K, Doh-ura K, Ironside J, Mabbott N, Iwaki T (2006). Clusterin expression in follicular dendritic cells associated with prion protein accumulation. Journal of Pathology 209: 484-491.

Serrano C, Lyahyai J, Bolea R, Varona L, Monleon E, Badiola JJ, Zaragoza P, Martin-Burriel I (2009). Distinct spatial activation of intrinsic and extrinsic apoptosis pathways in natural scrapie: association with prion-related lesions. Vet Res 40: 42.

Serrano C, Bolea R, Lyahyai J, Filali H, Varona L, Marcos-Carcavilla A, Acin C, Calvo JH, Serrano M, Badiola JJ, Zaragoza P, Martin-Burriel I (2011). Changes in HSP gene and protein expression in natural scrapie with brain damage. Veterinary Research 42: 13.

Simon SL, Lamoureux L, Plews M, Stobart M, Le-Maistre J, Ziegler U, Graham C, Czub S, Groschup M, Knox JD (2008). The identification of disease-induced biomarkers in the urine of BSE infected cattle. Proteome Science 6: 23.

Skinner PJ, Abbassi H, Chesebro B, Race RE, Reilly C, Haase AT (2006). Gene expression alterations in brains of mice infected with three strains of scrapie. BMC Genomics 7: 114.

Sorensen G, Medina S, Parchaliuk D, Phillipson C, Robertson C, Booth SA (2008). Comprehensive transcriptional profiling of prion infection in mouse models reveals networks of responsive genes. BMC Genomics 9: 114.

Stephenson DA, Chiotti K, Ebeling C, Groth D, DeArmond SJ, Prusiner SB, Carlson GA (2000). Quantitative trait loci affecting prion incubation time in mice. Genomics 69: 47-53.

Tang Y, Xiang W, Hawkins SA, Kretzschmar HA, Windl O (2009). Transcriptional changes in the brains of cattle orally infected with the bovine spongiform encephalopathy agent precede detection of infectivity. Journal of Virology 83: 9464-9473.

Tortosa R, Castells X, Vidal E, Costa C, Ruiz de Villa Mdel C, Sanchez A, Barcelo A, Torres JM, Pumarola M, Arino J (2011). Central nervous system gene expression changes in a transgenic mouse model for bovine spongiform encephalopathy. Veterinary Research 42: 109.

van Keulen LJ, Vromans ME, van Zijderveld FG (2002). Early and late pathogenesis of natural scrapie infection in sheep. Acta Pathologica Microbiologica et Immunologica Scandinavica 110: 23-32.

Wang X, DeKosky ST, Ikonomovic MD, Kamboh MI (2002). Distribution of plasma alpha 1-antichymotrypsin levels in Alzheimer disease patients and controls and their genetic controls. Neurobiology of Aging 23: 377-382.

Wilhelm BT, Marguerat S, Watt S, Schubert F, Wood V, Goodhead I, Penkett CJ, Rogers J, Bahler J (2008). Dynamic repertoire of a eukaryotic transcriptome surveyed at single-nucleotide resolution. Nature 453: 1239-1243.

Wilson KE, Marouga R, Prime JE, Pashby DP, Orange PR, Crosier S, Keith AB, Lathe R, Mullins J, Estibeiro P, Bergling H, Hawkins E, Morris CM (2005). Comparative proteomic analysis using samples obtained with laser microdissection and saturation dye labelling. Proteomics 5: 3851-3858.

Xiang W, Windl O, Wunsch G, Dugas M, Kohlmann A, Dierkes N, Westner IM, Kretzschmar HA (2004). Identification of differentially expressed genes in scrapie-infected mouse brains by using global gene expression technology. Journal of Virology 78: 11051-11060.

Xiang W, Windl O, Westner IM, Neumann M, Zerr I, Lederer RM, Kretzschmar HA (2005). Cerebral gene expression profiles in sporadic Creutzfeldt-Jakob disease. Annals of Neurology 58: 242-257.

Zhang RL, Barker L, Pinchev D, Marshall J, Rasamoelisolo M, Smith C, Kupchak P, Kireeva I, Ingratta L, Jackowski G (2004). Mining biomarkers in human sera using proteomic tools. Proteomics 4: 244-256.

(Aceptado para publicación el 17 de mayo de 2013)

Diagnóstico de situación y perspectivas de futuro de la ganadería en el entorno de una estación de esquí del Pirineo

I. Casasús[1], J.A. Rodríguez-Sánchez y A. Sanz

Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria del Gobierno de Aragón. Avda. Montañana 930, 50059 Zaragoza

Resumen

En algunas zonas de montaña la ganadería coexiste con centros invernales que pueden modificar las circunstancias socioeconómicas de las explotaciones, dando lugar a sinergias pero también a relaciones de competencia en ciertos aspectos. Para analizar las implicaciones de la existencia de una estación de esquí sobre los sistemas ganaderos desarrollados en su entorno, se llevó a cabo una encuesta estructurada a los ganaderos usuarios de pastos en una estación de esquí del Pirineo aragonés (Aramón-Panticosa), cuyos rebaños sumaban 314 vacas y 75 yeguas adultas. Se recogieron aspectos relativos a la estructura del rebaño, base territorial, manejo del ganado y mano de obra, que, en general, respondían a pautas comunes a otras zonas del Pirineo, salvo por el alto índice de pluriactividad de los titulares (60%). Se analizó la dinámica de la explotación, que apuntaba a una continuidad a medio término pero que podría comprometerse a largo plazo por la falta de relevo generacional. Las explotaciones se consideraban estabilizadas en tamaño y gestión, con pocos cambios previsibles en el futuro en las circunstancias socioeconómicas actuales, aunque su estructura y manejo variarían considerablemente ante distintos escenarios potenciales (cambio de políticas agrarias o coyuntura económica). Se analizó la relevancia de distintos objetivos técnicos, económicos y sociales, observándose un menor peso de los primeros con respecto al resto. Los ganaderos consideraron mayoritariamente que la estación de esquí había influido positivamente en el valle, y en parte también en la ganadería, al posibilitar alternativas para la diversificación económica, mientras la estación se beneficiaba del mantenimiento de sus superficies por el ganado.

Palabras clave: Ganadería de montaña, esquí, manejo del ganado, actitudes de los ganaderos.

Abstract
Current situation and future prospects of livestock farming around a Pyrenean ski resort

In some mountain areas ski resorts coexist with farming activities, modifying the socio-economic environment and providing synergies but also antagonisms in certain aspects. In order to determine the effect of a ski resort on livestock farming systems in its surroundings, a structured interview was conducted with all farmers whose herds (314 adult cows and 75 mares) grazed during the summer on pastures within a Pyrenean ski station (Aramón-Panticosa, Huesca). Information on labour, herd size, land use, management and technical performance of cattle and horses was collected, as well as recent dynamics and prospective changes under the current socio-economic circumstances and different scenarios, and their objectives and opinions about several issues. When compared with that of similar areas, farm management and performance was similar except for the high farmers' pluriactivity (60%). Continuity of the farms was ensured on a medium term, but might be low in the long run due to lack of succession.

1. Autor para correspondencia: icasasus@aragon.es
http://dx.doi.org/10.12706/itea.2014.005

Farms were stable in terms of size and management, and few changes were envisaged in the future in the current socio-economic conditions. However, if they changed or different agricultural polices were implemented, farm structure and technical management may be considerably modified. Regarding their objectives, they considered that economic aspects and those related to their family's quality of life were crucial, while technical objectives were less important. Concerning their opinions about tourism, they considered that the valley and indirectly their farming activity had benefitted from the ski resort, mostly due to the alternatives for economic diversification that it provided, while in turn it profited from the ecosystem services provided by livestock grazing.

Key words: Mountain farming, ski resorts, livestock management, farmers' attitudes.

Introducción

Las estaciones de esquí se ubican en áreas de montaña cuyo paisaje actual es fruto de la ancestral interacción del hombre y el territorio. En ellas la ganadería ha sido la actividad económica tradicional, con unas condiciones de manejo particulares motivadas por las características geográficas, ecológicas, económicas y sociológicas del entorno (Revilla, 1987). Estos sistemas conllevan una gran especialización espacial y estacional de las superficies pastorales disponibles: prados de fondo de valle para su aprovechamiento a diente o producción de forrajes; áreas forestales intermedias, pastadas en primavera y otoño; y pastos de puerto o estivas, utilizados principalmente durante el verano. En éstos últimos, por su mayor altitud e innivación, se instalaron en los años 60 y 70 del siglo XX las estaciones de esquí del Pirineo aragonés, aunque su influencia no se ejerce exclusivamente sobre una parte de los pastos. Los centros invernales y el desarrollo turístico asociado modifican sensiblemente las circunstancias socioeconómicas y demográficas de su entorno, así como la relevancia del sector primario y su estructura y funcionamiento (Lasanta *et al.*, 2013).

Los sistemas ganaderos de montaña sufrieron durante el siglo XX profundas modificaciones ligadas a la reducción de los censos, el abandono de ciertas áreas de cultivo y/o aprovechamiento pastoral y cambios en el tipo de ganado y orientación productiva, con la práctica desaparición de algunas razas emblemáticas, como la Churra Tensina (Sanz *et al.*, 2011). Estos cambios han sido más drásticos quizá en las áreas de influencia de los centros invernales por sus particularidades socio-económicas (Lasanta *et al.*, 2007). En estas zonas, la interacción entre el esquí y la ganadería puede materializarse en una simbiosis, pero también en una relación de competencia. La simbiosis vendría dada, en primer lugar, porque los pastos de puerto en que se ubican los centros invernales constituyen la principal fuente de alimentación del ganado durante un periodo relativamente largo del año, y su manejo anual se articula en buena medida en torno a los rendimientos que alcanzan en esta fase (Casasús *et al.*, 2002). Este aprovechamiento es beneficioso y necesario para las estaciones de esquí, ya que el consumo del pasto por el ganado evita la proliferación arbustiva en las zonas bajas, próximas al bosque (Casasús *et al.*, 2007), así como la existencia de una elevada biomasa residual al final del periodo vegetativo, que limitaría la conservación y la estabilidad del manto nival durante el invierno, incrementando el riesgo de avalanchas (Buffière, 2009).

Sin embargo, una gestión inadecuada de los recursos y los rebaños puede conducir a conflictos de uso y prioridad (Uriarte y Urrutia, 2012), relativamente fáciles de solventar mediante el desarrollo de planes de manejo que consideren las necesidades y opiniones de las partes y tengan una sólida base técnica, tanto

zootécnica como agroecológica. En estas zonas debe reconocerse el carácter multi-funcional de la ganadería dado que, además de las funciones productivas y económicas, adquieren especial relevancia otras relacionadas con los servicios ambientales que puede generar para el ecosistema (Bernués *et al.*, 2011).

En este contexto, el objetivo del presente trabajo es realizar un diagnóstico de la situación de la ganadería en la zona de influencia de una estación de esquí y valorar los objetivos, opiniones y expectativas de los ganaderos sobre la influencia del centro invernal sobre su explotación y su entorno.

Material y métodos

El trabajo se ha realizado en el entorno de la estación de esquí de Aramón-Panticosa, en el Pirineo Aragonés, ubicada en territorio de los municipios de Panticosa y Hoz de Jaca (Huesca, España). Demográficamente, ambos presentan una población estable o ligeramente creciente en el último decenio, y dedicada principalmente al sector de la construcción y servicios (95,9%), mientras sólo un 2,5% de la población se encuentra en la actualidad afiliada al Régimen Especial Agrario (Casasús *et al.*, 2012). La principal ocupación relativa del suelo son zonas forestales y de vegetación natural y espacios abiertos (91%), con una superficie agrícola testimonial (5%), que condiciona un uso ganadero muy extensivo. En este sentido, representan el tipo de territorio que, en su clasificación de los sistemas pastorales de Aragón, Barrantes *et al.* (2009) describían como *"montaña con pasto alpino, cultivos forrajeros en un área de cultivo muy reducida, y altas cargas de ganado vacuno"*.

La estadística oficial recoge 10 explotaciones de ganado ovino/caprino, 8 de vacuno y 4 de ganado equino en ambos términos municipales (datos de 2010), procedentes de una evolución histórica de censos diferente entre especies. La cabaña ovina se redujo en los dos municipios progresivamente durante todo el siglo XX, pasando de un censo de casi 7000 cabezas en los años 50 a unas 3000 en los 70 (momento de instalación de la estación) y apenas 1000 cabezas en la actualidad (censos de la Diputación Provincial de Huesca y el Gobierno de Aragón). En el mismo periodo, el ganado vacuno aumentó de 235 cabezas en los años 50 a 489 en los 70, reduciéndose posteriormente a las 354 cabezas actuales, mientras el ganado equino es de incorporación reciente (Casasús *et al.*, 2012). Esta sustitución de la cabaña ovina por el vacuno y equino ha sido común a otras zonas del Pirineo (Revilla, 1987), y se ha ligado a la desaparición del sistema trashumante y a la menor necesidad de mano de obra para el cuidado de los animales en la invernada.

En este marco general de la producción ganadera en la zona, para analizar la influencia de la estación de esquí sobre los sistemas productivos de su entorno se realizó una encuesta a todos los ganaderos usuarios de pastos en el área de la estación (297 ha). Los encuestados fueron 10 ganaderos de vacuno y equino, dado que el ganado ovino local no utilizaba dichos pastos, lo que supuso el 59% de las explotaciones de ganado presentes en ambos municipios y el 100% de las explotaciones de vacuno y equino.

Para la recopilación de la información se utilizó una encuesta estructurada, realizada mediante entrevista directa a los titulares de las explotaciones entre junio y octubre de 2011. En ella se cuestionaba sobre los siguientes aspectos:

- *Factor trabajo:* características de la explotación y del titular (sexo, edad, dedicación a la actividad agraria y a otras actividades).
- *Tamaño y estructura del rebaño:* censo de ganado de cada especie y distribución por sexos y edades (expresado en Unidades de Ganado Mayor [UGM, Reglamento CE 1254/1999]).

- *Uso del territorio:* superficies aprovechadas, titularidad, localización y tipo de pastos.
- *Manejo del rebaño e índices productivos:* alimentación en establo y pastoreo, manejo reproductivo y rendimientos técnicos del rebaño en la campaña 2010-2011. Se cuestionó a los ganaderos sobre el número de partos, abortos, crías muertas en torno al parto, en lactación o tras el destete, animales dejados como reposición propia y animales vendidos para vida, cebo o sacrificio. A partir de estos datos se calcularon diversos índices:
  - fertilidad a término: nº de hembras paridas / nº de hembras en cubrición
  - tasa de abortos: nº abortos / (nº abortos + nº partos viables)
  - mortalidad de las crías: nº de crías muertas en torno al parto o en lactación / nº de crías nacidas
  - tasa de reposición propia: nº de hembras de recría / nº de hembras del rebaño
  - productividad venta: nº de crías vendidas (para cebo, sacrificio o reposición) / nº de hembras presentes en el rebaño
- *Dinámica de la explotación:* antigüedad de la explotación, perspectivas de continuidad en la próxima década, cambios acontecidos en la explotación desde la instalación de la estación de esquí en 1970, en la última década e intención de cambio en la próxima década. Se analizaron también los cambios estructurales que se realizarían si se diesen distintos escenarios socio-económicos potenciales en caso de cambiar las políticas agrarias o la coyuntura económica (*desacoplamiento total del pago único, aumento de las ayudas agroambientales, reducción de los ingresos externos a la explotación, aumento de costes de alimentación*).
- *Objetivos y opiniones de los ganaderos:* importancia relativa concedida a distintos objetivos económicos, técnicos y sociales, valorados de 1 a 5 mediante una escala de Likert (*1. Nada importante, 2. Poco importante, 3. Importante, 4. Bastante importante, 5. Muy importante*). En cuanto a sus opiniones, se valoraron una serie de afirmaciones sobre el futuro de la ganadería en el valle, su relación con el turismo, el grado de satisfacción con el trabajo agrario, y algunos aspectos técnicos y ambientales, también mediante una escala de Likert (*1. Totalmente en desacuerdo, 2. Bastante en desacuerdo, 3. Neutral, 4. Bastante de acuerdo, 5. Totalmente de acuerdo*). Finalmente, se cuestionó sobre si la estación de esquí le influía personalmente de manera positiva, negativa, ambas o no le afectaba, y los motivos de esta opinión.

Se ha realizado un análisis estadístico descriptivo de las diversas variables, presentándose la media y desviación típica (± d.t.) para las variables cuantitativas y las frecuencias para las variables categóricas.

Resultados y discusión

Se realizaron 10 encuestas a los ganaderos de los municipios de Panticosa y Hoz de Jaca usuarios de pastos en la estación de esquí, cuyos rebaños sumaban un censo total de 370 UGM de ganado vacuno y 132 UGM de ganado equino (de las cuales 314 eran vacas y 75 yeguas adultas). De las 10 ganaderías encuestadas, 6 eran sólo de ganado vacuno, 2 sólo de equino, 1 combinaba equino, ovino y caprino, y 1 tenía vacuno, equino, ovino y caprino.

Factor trabajo

Todos los ganaderos titulares de la explotación eran hombres, con una media de edad de 48 años (± 11,7), dato similar al descrito en otras áreas del Pirineo (García-Martínez *et al.*,

2009) y que refleja una relativa escasez de jóvenes al frente de las explotaciones (Solano, 2012). Sólo el 40% de los encuestados eran agricultores profesionales a título principal, mientras el resto tenía otra actividad relacionada principalmente con el sector terciario (con la excepción de un titular con dedicación a la industria, el resto se dedicaban a servicios directamente relacionados con la estación de esquí o con hostelería, inmobiliaria y comercio). La pluriactividad del titular es frecuente en las ganaderías de montaña, aunque en otras zonas del Pirineo se describen índices algo más bajos (25% en Bernués *et al.*, 2006). Este resulta un elemento diferenciador del espacio agrícola en áreas donde es posible tener una doble actividad que complemente los ingresos de las explotaciones. Aunque en algunas zonas la pluriactividad se ha descrito como un primer paso hacia el abandono definitivo de la actividad agrícola (Lopez-i-Gelats *et al.*, 2011), en otras puede considerarse positiva en tanto contribuye a su capitalización y continuidad (Rubio, 1989; Riedel *et al.*, 2007).

Tamaño y estructura del rebaño

El tamaño medio del rebaño de las 10 explotaciones encuestadas era de 53 ± 32,1 UGM totales, de las cuales el 70% correspondía a ganado vacuno, 25% a equino y un 5% a ganado ovino.

Las explotaciones de ganado equino eran de raza Hispano-Bretón y constaban de 33 ± 41,5 UGM, con un tamaño muy diverso (rango de 8 a 95 UGM). A excepción de una explotación con clara vocación ganadera hacia el equino, en la mayoría esta actividad era secundaria frente al ganado ovino/caprino o vacuno u otra actividad económica. Esto se correspondía con una media de 18,8 yeguas adultas por explotación, dato que se encuentra en el rango descrito por TRAGSEGA (2003) y Labairu *et al.* (2008) para ganaderías de equino de carne de las distintas asociaciones españolas (medias de 15 a 22 yeguas por explotación), pero es ligeramente superior a las 11 yeguas registradas en las explotaciones aragonesas de Hispano-Bretón (Redacción-Surcos, 2012).

Las explotaciones de vacuno utilizaban madres de raza principalmente Parda de Montaña y, en menor medida, Pirenaica, criando el ganado en pureza (57%) o cruzando con sementales de razas de mayor aptitud para la producción de carne o facilidad de parto (Charolais, Pirenaica y Limousin). Constaban de 52,9 ± 22,5 UGM por explotación (rango de 19 a 85), de las que 45 eran vacas adultas. Este censo es algo mayor al descrito por Solano (2012) para el conjunto de comarcas del Pirineo Aragonés, pero análogo al descrito por Blanco *et al.* (2009) en las ganaderías aragonesas de raza Parda de Montaña y a la media nacional (MARM, 2010a), siendo ligeramente inferior a las 70,8 UGM/explotación descritas por García-Martínez *et al.* (2009) en los valles aragoneses más orientales. El tamaño de las explotaciones se ha incrementado notablemente desde los años 90, cuando en la zona de estudio el 46% de ellas tenía entre 6 y 15 vacas (Manrique *et al.*, 1992).

Uso del territorio

Todas las explotaciones utilizaban prados de fondo de valle propios o arrendados, con una Superficie Agrícola Útil (SAU) de 19,8 ± 21,1 ha, caracterizada por una alta fragmentación (media de 28 parcelas, distantes entre sí entre 0,35 y 10 km). Estos pastos eran aprovechados a diente o segados para la producción de heno, obteniéndose una media de 44 t de heno por explotación, lo que suponía 1034 ± 426 kg de heno por UGM presente. Esta cantidad era insuficiente para mantener a los animales en la fase de estabulación o suplementación relativamente larga impuesta por las características climá-

ticas de la zona, de modo que la mayoría de las explotaciones adquirían forrajes o concentrados para suplementar a los animales. Todas aprovechaban en verano los pastos comunales (puertos o estivas, en los que se ubica la estación de esquí), y un 50% de las ganaderías (las de mayor tamaño) realizaban trashumancia en invierno fuera del valle (a distancias de hasta 100 km), principalmente a pastos forestales (*pardinas*) y también a cultivos forrajeros.

Manejo del Rebaño e Índices Productivos

Ganado equino

En el caso del ganado equino la reproducción se realizaba por monta natural, con cubriciones en primavera-verano o monta continua, y con un primer parto de las potras entre los 3,5 y los 4 años de edad, como indica el informe de TRAGSEGA (2003). En cuanto al manejo general del rebaño, los animales aprovechaban prados del valle en primavera y otoño (102 ± 49 días), puertos en verano (143 ± 30 días), y en invierno permanecían al aire libre con suplementación o trashumaban fuera del valle (120 ± 17 días), con la consiguiente liberación de mano de obra. Este manejo es análogo al descrito por TRAGSEGA (2003) para las explotaciones equinas españolas de carácter extensivo.

Los índices productivos de la campaña 2010-2011 se indican en la Tabla 1. Los datos absolutos dependen del tamaño del rebaño, por lo que se discuten únicamente los índices relativos, de menor variabilidad entre explotaciones; en su interpretación se es consciente de que su representatividad sería mayor si se dispusiera de los resultados de varias campañas.

El valor medio de la fertilidad a término puede considerarse alto, lo que indica un buen manejo de las cubriciones y del rebaño en general, y similar al descrito por Infante (2011) en el Pirineo catalán. Junto con la baja tasa de abortos serían indicadores de ausencia de patologías ligadas a la reproducción. La mortalidad de los potros se encontró en el rango de lo esperable, con frecuencia más debida a accidentes fortuitos que a problemas de parto o patologías en la lactación. La tasa media de reposición fue relativamente alta, a pesar de ser las yeguas animales con una alta longevidad funcional, y se debería a que uno de los rebaños estaba en fase de expansión.

Todas las ganaderías se dedicaban a la producción de carne, vendiendo los potros tras el destete a los 6 meses de edad como pasteros (50% de las explotaciones) o cebándolos para venderlos en torno a los 18 meses, como quincenos. Estos son los productos típicos de las explotaciones extensivas de equino de carne del norte de España (Villanueva *et al.*, 2009). Es de destacar que el destino final de la producción siempre estaba fuera del valle de origen, incluso el 50% de las explotaciones indicaban que sus potros se vendían finalmente en Italia. Esto se debe a que España es un país con una baja tasa de consumo de carne de equino, frente a países tradicionalmente consumidores como Italia, Francia o los Países Bajos, siendo el consumo en Aragón particularmente bajo respecto a la media nacional (TRAGSEGA, 2003).

Ganado vacuno

En las explotaciones de vacuno la cubrición se realizaba por monta natural, aunque el 86% de los ganaderos manifestaron haber utilizado inseminación artificial en alguna ocasión. La cubrición era continua durante todo el año (43%) o controlada, con retirada de los sementales durante 99 ± 29,7 días, para evitar partos en puerto en verano o durante la fase de trashumancia invernal, cuando la atención es menos factible. Los partos se concentraban a fin de invierno o inicio de primavera, como es tradicional en zonas de montaña para facilitar el manejo de los ter-

Tabla 1. Datos e índices productivos (media ± desviación típica) de los rebaños encuestados (campaña 2010-2011)
Table 1. Technical performance (mean ± standard deviation) in the surveyed herds (season 2010-2011)

Producción	Ganado Equino	Ganado Vacuno
Nº de madres	18,8 ± 16,6	44,9 ± 19,4
Nº de partos	15,3 ± 13,9	32,7 ± 15,1
Nº de crías nacidas	14,0 ± 12,7	32,1 ± 15,2
Nº de abortos	0,75 ± 1,5	1,7 ± 3,1
Nº crías muertas en la fase perinatal	0,75 ± 1,0	0,6 ± 1,0
Nº crías muertas en lactación	0,25 ± 0,5	1,0 ± 1,5
Nº crías muertas post-destete	0,0 ± 0,0	0,3 ± 0,8
Nº de animales para reposición propia	2,5 ± 2,5	4,0 ± 3,7
Nº de animales vendidos para reposición	3,3 ± 3,8	0,7 ± 1,9
Nº de animales vendidos para cebo o sacrificio	7,5 ± 7,7	26,1 ± 12,4
Indices:		
– Fertilidad a término[1]	83% ± 15%	75% ± 16%
– Tasa de abortos[2]	2% ± 4%	5% ± 9%
– Mortalidad de las crías[3]	8% ± 12%	5% ± 5%
– Tasa de reposición[4]	16% ± 12%	8% ± 7%
– Productividad a la venta[5]	60% ± 12%	63% ± 23%

[1] nº de hembras paridas / nº de hembras en cubrición; [2] nº abortos / (nº abortos + nº partos viables); [3] nº de crías muertas en torno al parto o en lactación / nº de crías nacidas; [4] nº de hembras de recría / nº de hembras del rebaño; [5] nº de crías vendidas (para cebo, sacrificio o reposición) / nº de hembras presentes en el rebaño.

neros en verano y minimizar las atenciones necesarias en invierno (Manrique *et al.*, 1992); el patrón es similar al descrito a escala nacional por el MARM (2010a).

Según indicaban los ganaderos, la edad al primer parto de las novillas se presentaba entre los 2 y 2,5 años en el 29% de las ganaderías, entre los 2,5 y 3 años en la mayoría (42%) y tras los 3 años en el resto, datos similares a los descritos por Blanco *et al.* (2009) en las explotaciones aragonesas de Parda de Montaña.

Las vacas aprovechaban prados del valle en primavera y otoño (71 ± 16 días) y puertos en verano (151 ± 21 días). Durante el invierno, el 71% de los vaqueros estabulaba a todo o parte del rebaño, aunque el 57% de ellos trashumaba a pastos forestales fuera del valle (142 ± 29 días), ya fuera con todo el rebaño o evitando llevar a los animales que requerían mayor atención (novillas, vacas en fase final de gestación o con cría). El periodo de suplementación alimenticia en establo supuso una media de 62 ± 75 días, valor similar

al descrito por Bernués *et al.* (2006) en otros valles del Pirineo. La amplia variabilidad observada en este dato se relacionaría con la creciente sustitución de estabulación por el aprovechamiento de pardinas en trashumancia durante la invernada.

Los índices productivos de la campaña 2010-2011 se indican en la Tabla 1. Cabe destacar que sólo el 57% de los ganaderos lo consideraron un año productivo normal, mientras el resto indicaba una fertilidad anormalmente baja (mínima observada de 56%), o una excesiva mortalidad de terneros (máxima de 23%), con la consiguiente merma en la eficiencia productiva. Sin estas excepciones, la fertilidad fue igual o mayor al 80%, valor superior a las medias nacionales recientes (65 a 69% entre 2007 y 2009) (MARM, 2010a) Esto indica que, sin incidencias sanitarias, el manejo de las cubriciones y del rebaño en general se realizaba con un buen dominio técnico. La productividad a la venta fue muy variable entre ganaderías, y aunque coincide con la media nacional (0,65 terneros vendidos por vaca y año (MARM, 2010a)), presenta un amplio margen de mejora técnica. La tasa de reposición fue menor al 21% descrito por Blanco *et al.* (2009) en las explotaciones aragonesas de Parda de Montaña, y reflejaría una trayectoria de estabilidad o incluso reducción de censos.

A pesar de que antiguamente en todas las ganaderías se ordeñaba, como media se abandonó el ordeño hace 22 ± 4,9 años, una reorientación productiva común a todo el Pirineo (Blanco *et al.*, 2009; Solano, 2012). Los ganaderos producían exclusivamente terneros para carne, generalmente como pasteros y raramente cebados para sacrificio (14%). Como en el caso del ganado equino, el destino final de la producción siempre estaba fuera del valle de origen, con la consiguiente pérdida en el valor añadido potencial que podría tener la comercialización de una carne ligada al territorio en el que se produce (Olaizola *et al.*, 2012).

Dinámica de la Explotación

Con respecto a la antigüedad de la explotación, la mayoría fueron iniciadas por generaciones anteriores (70%), al tratarse de una zona de larga tradición ganadera (Manrique *et al.*, 1992), si bien las explotaciones de vacuno eran más antiguas que las de equino. Esto se debe a que, a pesar de que antiguamente abundaba el equino en el Pirineo para la producción de mulas, éstas desaparecieron con la mecanización del sector agrario (Revilla y Manrique, 1979), siendo la cría de yeguas para la producción de carne más reciente en esta zona.

La mayoría de los ganaderos (80%) consideraban que su explotación tenía perspectivas de continuidad. Ésta quedaba garantizada a medio plazo en el titular actual, que esgrimía como razón fundamental el gusto por la actividad (80%) y raramente tener continuidad en la descendencia (10%). Dada la edad de los ganaderos encuestados, la supervivencia de la ganadería en esta zona podría estar limitada no a medio pero sí a largo plazo. En otras áreas del Pirineo y Prepirineo también se ha puesto de manifiesto una preocupante falta de relevo generacional en las explotaciones ganaderas (Riedel *et al.*, 2007; Álvarez-Rodríguez *et al.*, 2008; Solano, 2012).

En referencia a los cambios acontecidos desde la instalación de la estación de esquí en 1970, la mayoría de las explotaciones encuestadas (70%) ya existían en ese momento y aprovechaban los pastos de la estación. En los últimos cuarenta años, dichas ganaderías incrementaron su tamaño de rebaño (57%), manteniendo (57%) o aumentando (29%) la base territorial, pero sin cambios en la dedicación de la mano de obra (71% de los casos). El aumento del censo y superficies son consecuencia, en parte, de la desaparición de otras ganaderías, de modo que las que se mantenían activas se hacían cargo de los animales y prados de aquéllas que cerraban (Solano,

2012). Sin embargo, como se ha indicado previamente, los censos ganaderos totales disminuyeron desde el momento de instalación de la estación. Esta disminución coincide con la observada en los últimos cuarenta años por Lasanta *et al.* (2013) en los municipios más próximos a las estaciones de esquí aragonesas, mientras que en los municipios de montaña más alejados se producía un aumento del censo total, aunque concentrado en menos explotaciones.

El hecho de que la mano de obra dedicada a la ganadería no haya aumentado en la misma medida que el censo o la superficie de explotación se relacionaría con la "terciarización" de la economía tradicionalmente agrícola, según un patrón observado en otras muchas zonas del Pirineo (Rubio, 1989). Sin embargo, en las zonas con mayor desarrollo del sector turístico éste puede llegar a competir por la mano de obra o por la tierra, comprometiendo incluso la continuidad de algunas explotaciones (Lasanta *et al.*, 2007; García-Martínez *et al.*, 2011). A consecuencia de estos cambios se incrementó la cabaña y superficie gestionados por unidad de mano de obra, obligando a una extensificación en el manejo, como se ha descrito en otros trabajos (García-Martínez *et al.*, 2009).

Más específicamente en los últimos 10 años, la tendencia a incrementar las magnitudes de la explotación se mantuvo (Figura 1), con una creciente extensificación de los sistemas de producción: aumentó la superficie pastada y la duración de la fase de pastoreo (tanto por un mayor uso a diente de la SAU como por la incorporación de pastos forestales), y se mantuvieron o redujeron las superficies segadas, como observaron García-Martínez *et al*. (2009). Para ello se acometieron vallados de pastos (70%) y cambios en el manejo de la alimentación invernal (40%), que avalan la creciente importancia de la trashumancia para reducir la necesidad de producir o adquirir alimentos para el rebaño y liberar mano de obra en la invernada, de manera que se compatibilice la ganadería con las otras actividades del titular en esta época del año. El tipo de ganadería y su orientación se encontraban bien definidos y sin apenas cambios en el último decenio, a excepción de la comercialización de los productos ganaderos bajo marca (20%) para mejorar su competitividad. Finalmente, sólo un 20% de los encuestados inició una nueva actividad no agraria desde el año 2000. Habida cuenta de la incidencia actual de la pluriactividad, puede decirse que ésta no es reciente en el valle, como indicaban Álvarez-Rodríguez *et al.* (2008) y García-Martínez *et al.* (2009) en otras zonas del Pirineo, y que, por el reducido tamaño medio de algunas explotaciones, es una tendencia general para complementar los ingresos provenientes de la actividad agraria, como indicaran Cialdella *et al.* (2009) en los Alpes.

Con respecto a la intención de cambio en un futuro próximo, a excepción de un abandono por jubilación, el resto de las explotaciones preveían mantenerse sin grandes cambios (Figura 2), en línea con lo observado en ganaderías ovinas del Pirineo por Sanz *et al.* (2011). Éstos serían de menor envergadura que los ya realizados, lo que indicaría que en el pasado hubo un interés por modernizar las explotaciones, pero que en la actualidad se encontrarían ya estabilizadas en lo fundamental, al igual que se ha observado en áreas similares (García-Martínez *et al.*, 2007a). Los cambios que eventualmente se produjeran conllevarían aumentar el tamaño del rebaño (objetivo para el 50% de las explotaciones), incrementando la relevancia del pastoreo en extensión y duración, cercando nuevas superficies (50%) y manteniendo la carga de mano de obra. El aumento de los aprovechamientos en pastoreo no implicaría a los pastos ubicados en el área de la estación, que en la actualidad se aprovechan de acuerdo con su capacidad de carga potencial (Barrantes *et al.*, 2013). En menor medida, los ganaderos se planteaban buscar nuevas al-

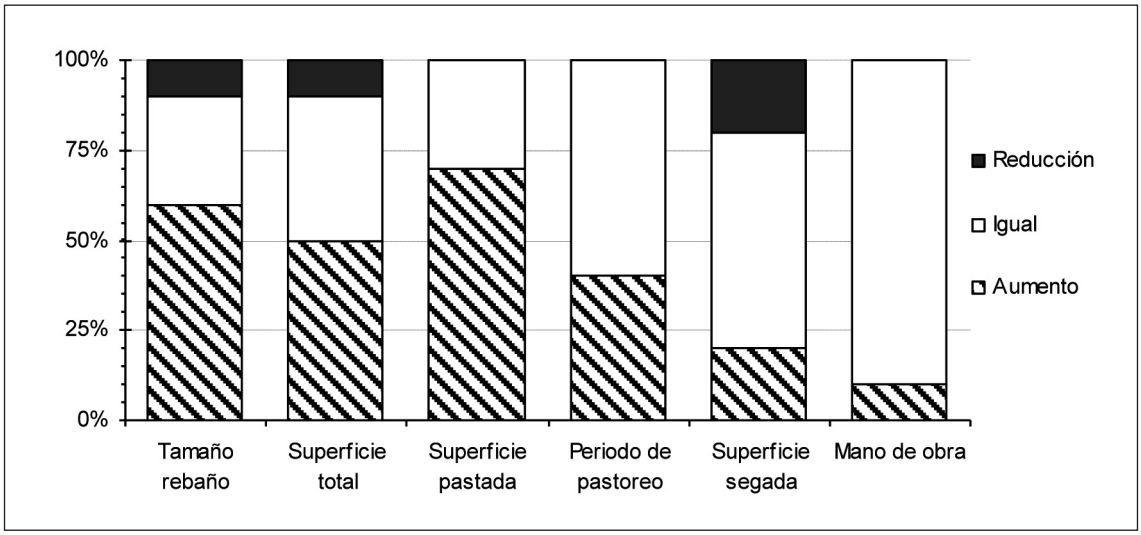


Figura 1. Cambios cuantitativos realizados en las explotaciones en los últimos 10 años. Porcentaje de encuestados que respondieron positivamente a cada opción.

Figure 1. Quantitative changes observed in the surveyed farms in the last 10 years.

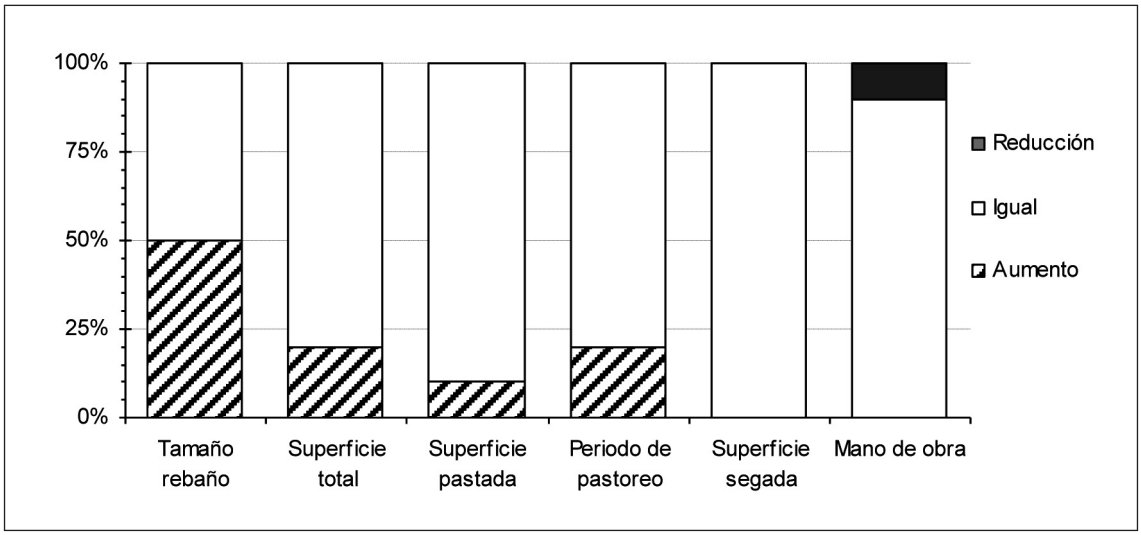


Figura 2. Intención de cambio en un futuro cercano (próximos 10 años) sobre aspectos cuantitativos de manejo en la explotación.

Porcentaje de encuestados que respondieron positivamente a cada opción.

Figure 2. Prospective changes in the near future (next 10 years) concerning quantitative aspects of farm management.

ternativas de comercialización (30%). En este sentido, una encuesta realizada a expertos en vacuno de carne, representantes de los distintos eslabones de la cadena productiva, destacó la diferenciación de los productos con marca de calidad como principal estrategia para hacer frente a los problemas de este sector (Olaizola *et al.*, 2012).

Por último, se analizaron los cambios que pudieran darse ante distintos escenarios socioeconómicos potenciales (Figura 3), de mayor o menor probabilidad y que afectarían en distinta medida a las explotaciones según su capacidad adaptativa, que depende de múltiples factores (disponibilidad de recursos, posibilidad de sucesión, alternativas de diversificación, etc. [Cialdella *et al.*, 2009; Morgan-Davies *et al.*, 2012]). Así, mientras un hipotético aumento de los costes de alimentación a pesebre afectaría a todas las explotaciones, la reducción de los ingresos externos afectaría sólo a los ganaderos con pluriactividad (70%). Por otro lado, la especie ganadera, la antigüedad de la explotación o el tipo de recursos aprovechados afectarían al impacto del desacoplamiento de las ayudas directas de la Política Agraria Común (PAC) (en este caso, únicamente la prima a la vaca nodriza) o del incremento de las ayudas agroambientales (medidas para el fomento de la biodiversidad y los agrosistemas extensivos, contempladas hasta ahora en el Programa de Desarrollo Rural de Aragón 2007-2013).

Un eventual *desacoplamiento total de las ayudas directas (prima a la vaca nodriza)*, que contribuyen en buena medida a la rentabilidad de las explotaciones (Oglethorpe, 2005), haría que el 40% de ellas redujeran su

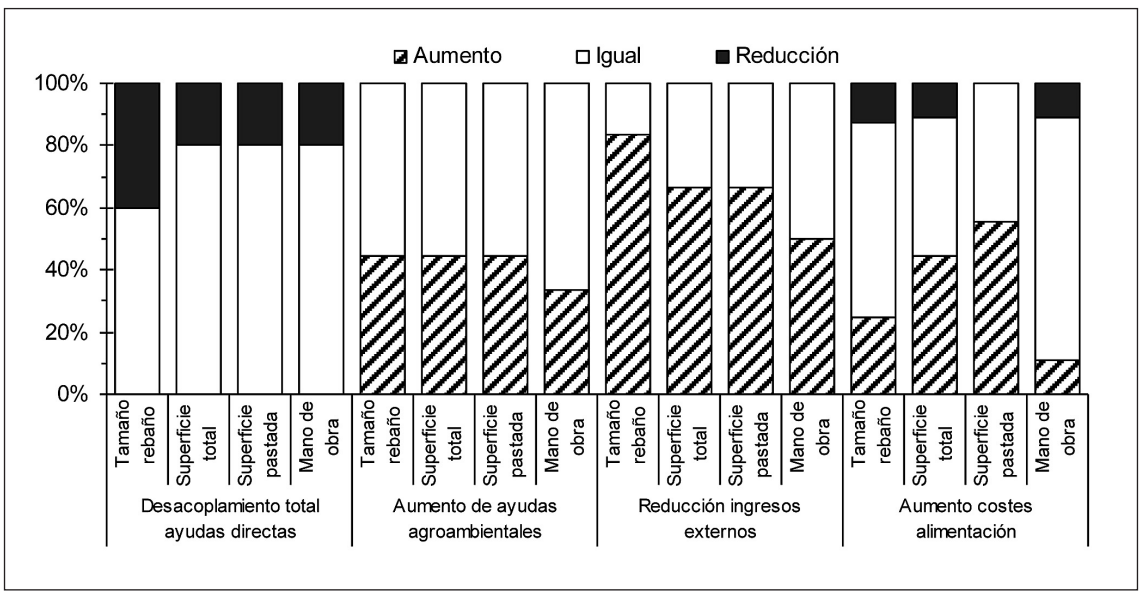


Figura 3. Posibles cambios en las características de las explotaciones ante distintos escenarios socio-económicos potenciales.

Porcentaje de encuestados que respondieron positivamente a cada opción.

Figure 3. Possible changes in farm characteristics under different potential socio-economic scenarios.

censo, superficies de aprovechamiento y dedicación de mano de obra a la ganadería. Aunque la mayoría mantendría los censos, como indican Gandini *et al.* (2010) en una amplia muestra de explotaciones europeas de vacuno, la reducción prevista en algunas ganaderías coincide con lo apuntado por García-Martínez *et al.* (2011) y el MARM (2010b). Éste último preveía que en dicha circunstancia desaparecerían las unidades de menor tamaño, comprometiendo el abastecimiento del mercado nacional de terneros. A escala local, el efecto sería dramático por el papel que los rebaños realizan en el mantenimiento del medio (Casasús *et al.*, 2013). Aunque éste no parece un escenario probable en el futuro, la proporción de las ayudas directas sobre las totales podría verse reducida en la nueva PAC (Nogués, 2012).

El *aumento de las ayudas agroambientales* repercutiría en un incremento de censos y superficies (44% de las ganaderías), con un aprovechamiento más extensivo y mayor dedicación de mano de obra a la actividad agraria (33%), al ser más rentable. Este escenario es más factible, ya que en la propuesta de la PAC hasta 2020 se otorga mayor importancia a la llamada "ayuda verde" (hasta el 30%) sobre el total de las ayudas percibidas (Nogués, 2012). La implementación de políticas específicas en este sentido redundaría en un mejor mantenimiento tanto de la actividad ganadera como del medio en zonas desfavorecidas (Strijker, 2005), como la que nos ocupa.

Ante una *reducción en los ingresos externos*, la mayoría de los ganaderos se volcarían plenamente en la ganadería, con aumento de censos, superficies y dedicación de la mano de obra. Hasta no hace mucho la mayor productividad de la mano de obra dedicada a otras actividades tenía como consecuencia una menor dedicación a la ganadería en algunas explotaciones (García-Martínez *et al.*, 2011). Sin embargo, en la actual coyuntura económica es creciente el interés por la ganadería como oportunidad laboral en la montaña, ante la falta de expectativas de empleo en otros sectores (Solano, 2012).

Un *aumento en los costes de alimentación a pesebre* tendría consecuencias dispares en las ganaderías encuestadas. La cabaña ganadera variaría poco, pero se extensificaría su manejo, con mayor superficie (44% de las ganaderías) y sobre todo más áreas aprovechadas a diente (56%), en detrimento de una suplementación más costosa en establo. Este escenario podría darse con cierta facilidad (Bernués *et al.*, 2011), dada la volatilidad en los precios de las materias primas para la alimentación animal acaecida desde 2008.

Objetivos y opiniones de los ganaderos encuestados

Con respecto a los objetivos de los ganaderos, destacó el peso similar de los objetivos económicos y sociales y la menor importancia relativa de los objetivos técnicos (Figura 4). En otros estudios realizados en el Pirineo (García-Martínez *et al.*, 2007b) y Prepirineo (Zamudio *et al.*, 2011) también se ha detectado una menor importancia de los objetivos técnicos frente al resto, primando los objetivos sociales (calidad de vida familiar) frente a los empresariales.

Se consideraron de gran relevancia los *objetivos económicos*, tanto maximizar los ingresos (4,8 ± 0,6) como reducir los gastos (4,5 ± 1,0), maximizando la captación de ayudas (4,3 ± 1,2). Sin embargo, se consideró menos importante reinvertir en la explotación (3,2 ± 1,5), lo que concuerda con la "estabilidad" estructural antes mencionada. En cuanto a los *objetivos técnicos*, destacó la obtención de productos de calidad (4,8 ± 1,3), como observaban Olaizola *et al.* (2012), y en menor medida la modernización de maquinaria e instalaciones (3,7 ± 1,5). Los ganaderos manifestaban haber alcanzado un tamaño y manejo estable, y pese a haber cierto margen de

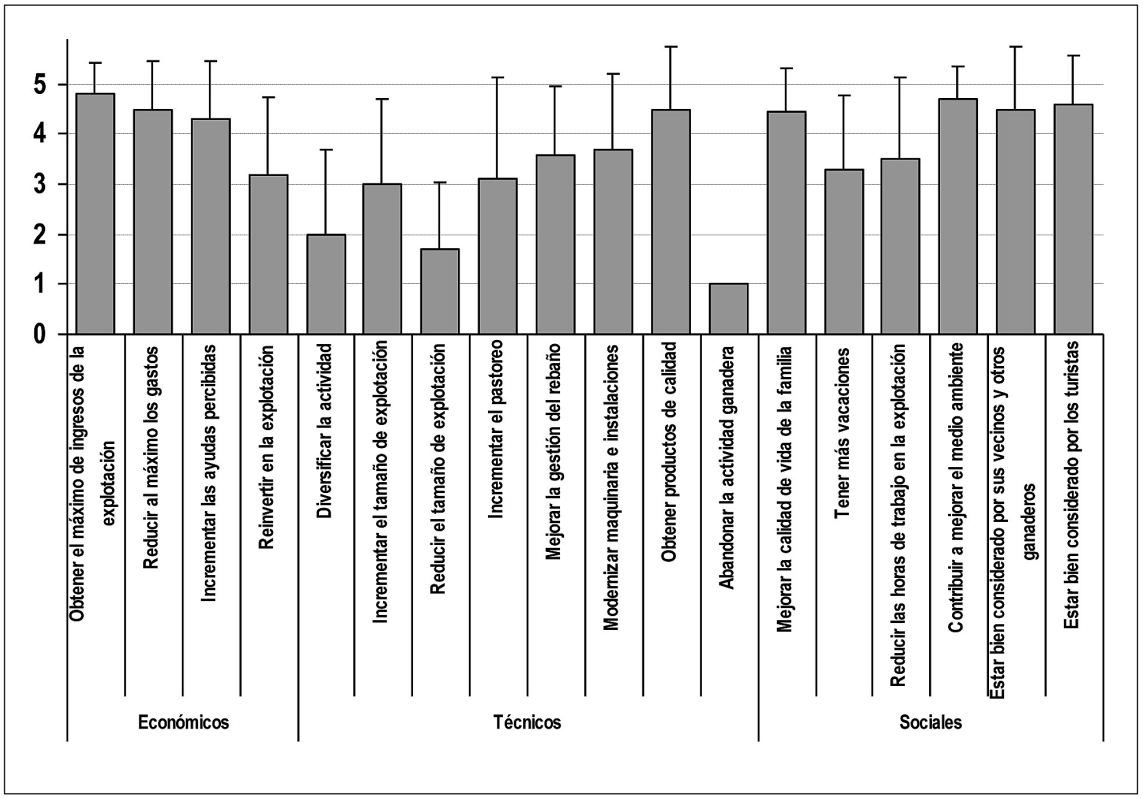


Figura 4. Prioridad de objetivos en la explotación (económicos, técnicos y sociales).
Escala de Likert: 1. Nada importante, 2. Poco importante, 3. Importante, 4. Bastante importante, 5. Muy importante. Media en columnas, desviación típica en líneas.

Figure 4. Priority for farmers of economic, technical and social objectives.

mejora en la gestión técnica (3,6 ± 1,3), los cambios pasarían por aumentar el pastoreo sin modificar el tamaño de explotación. Respecto a los *objetivos sociales*, se valoró especialmente contribuir a mejorar el medio así como estar bien considerado por la sociedad. Finalmente, los ganaderos priorizaron la calidad de vida del entorno familiar (4,4 ± 0,9), otorgando menor importancia a su propia dedicación al trabajo.

Cuestionados sobre sus opiniones (Figura 5), en relación a si la ganadería tenía futuro en el valle la valoración de los encuestados fue muy dispar. Esto se relacionó con sus expectativas de continuidad a largo plazo, siendo la valoración más negativa por parte de los titulares de explotaciones de continuidad comprometida. Coincidieron en que el futuro dependía del mantenimiento de las subvenciones y de tener un tamaño de rebaño suficiente, como indicaban García-Martínez *et al.* (2007b) y Gandini *et al*. (2010). Se declararon totalmente satisfechos y orgullosos de su oficio, aunque consideraban necesario diversificar la economía familiar (4,7 ± 0,7) para garantizar una fuente de ingresos adicional, como ocurre en otras zonas (Riedel *et al.*, 2007). Esta diversificación puede incluso ser necesaria para ga-

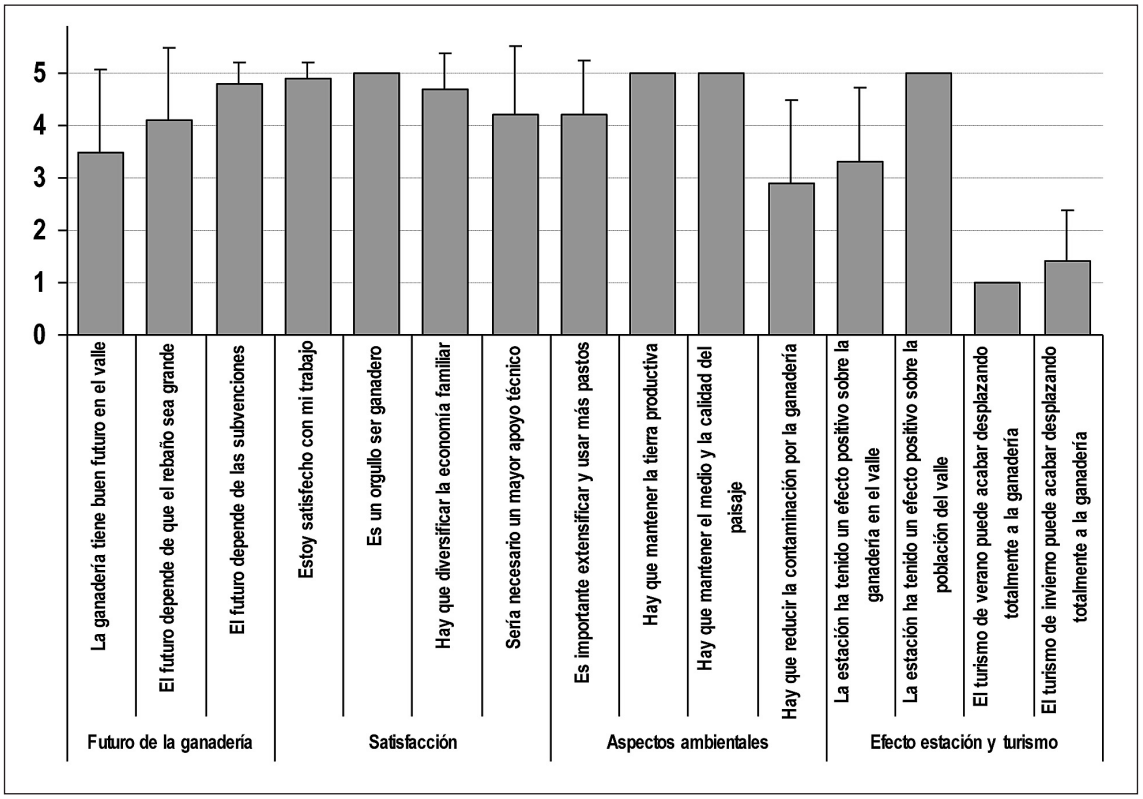


Figura 5. Opiniones de los ganaderos respecto al futuro de la ganadería en el valle, su relación con el turismo, el grado de satisfacción con el trabajo agrario, y cuestiones técnicas y ambientales.

Escala de Likert: 1. Totalmente en desacuerdo, 2. Bastante en desacuerdo, 3. Neutral, 4. Bastante de acuerdo, 5. Totalmente de acuerdo. Media en columnas, desviación típica en líneas.

Figure 5. Farmers' opinions about the future of farming in the valley, its relationship with tourism, their satisfaction with farming work and some technical and environmental aspects.

rantizar la propia supervivencia de la explotación (Cialdella *et al.*, 2009). En referencia a la *concienciación ambiental*, se manifestaron masivamente de acuerdo en que es necesario mantener el medio, la calidad del paisaje y la productividad de la tierra, por lo que es de destacar su papel proactivo en la potenciación de la sostenibilidad de los sistemas (Girard *et al.*, 2008). Sin embargo, hubo un menor grado de acuerdo con que hubiera que reducir la contaminación generada por la ganadería, considerándola mínima en su sistema productivo. Esto coincide con lo observado por Bruce (2012) en una encuesta a ganaderos del Reino Unido, indicando que el impacto de la ganadería sobre el medio se percibe de manera muy diferente por los ganaderos y la sociedad en general. Por último, sus opiniones sobre el *efecto del modelo de desarrollo turístico del valle* fueron unánimes en cuanto al efecto positivo de la estación de esquí, al permitir el desarrollo económico y demográfico en el valle. Hubo menor consenso en cuanto a *su efecto sobre la ganadería en el valle*, ya que un 40% le asignaba un efecto positivo (asociado a la posibilidad de diversificación

económica como complemento a la actividad ganadera) y un 30% negativo (por la competencia por la mano de obra y usos del suelo), mientras el 30% restante se mantenía neutral. Sin embargo, no se apreciaron interferencias negativas directas entre el turismo de verano o invierno y la ganadería que pudieran acabar desplazando por completo a ésta última.

Finalmente, todos los ganaderos manifestaron que la estación de esquí había afectado positivamente a *sus circunstancias particulares*. Este beneficio se asociaba sobre todo a la mejora general de infraestructuras y la oferta de alternativas para la diversificación económica, así como a la colaboración en la vigilancia del ganado y otros aspectos en los pastos ubicados en la estación. Por su parte, manifestaron una clara voluntad de colaboración con la estación a realizar modificaciones puntuales y justificadas en el manejo del ganado. El conjunto de opiniones y actitudes manifestado por los ganaderos pone de relieve el interés del enfoque participativo en el diseño de planes de manejo y políticas socio-económicas y ambientales a diversas escalas (Fraser *et al.*, 2006), de modo que las percepciones de todos los actores sean tenidas en cuenta en dicho diseño (Uriarte y Urrutia, 2012).

Conclusiones

Los sistemas ganaderos en el entorno de la estación de esquí estudiada responden a patrones comunes en otras áreas del Pirineo, salvo por el hecho de que la mayoría de los ganaderos tienen otra actividad económica ligada al sector terciario. Los rebaños de vacuno y equino presentan las pautas de manejo tradicionales en los sistemas de montaña, con la excepción de la creciente incorporación de la trashumancia invernal para alimentar en invierno con mínima mano de obra a cabañas que han aumentado en la última década. Este manejo compatibiliza la ganadería con el desarrollo de otras actividades económicas ligadas al sector terciario en esta fase. En la actualidad, las explotaciones se encuentran estabilizadas en tamaño y gestión, obteniendo índices técnicos acordes con las medias nacionales pero susceptibles de un cierto margen de mejora; sin embargo, para los ganaderos tienen hoy mayor peso los objetivos económicos y de calidad de vida que los objetivos técnicos, por lo que sería necesario un esfuerzo en apoyo y transferencia en este sentido por parte de las administraciones pero también de las propias organizaciones de productores.

Las ganaderías han implementado cambios tecnológicos en el pasado reciente pero prevén pocos cambios en el futuro cercano, aunque esto dependerá de los escenarios socioeconómicos que se planteen en un sector en continuo cambio en la actualidad. La mayoría de ellas presentan continuidad a medio plazo, que podría verse comprometida en un horizonte más lejano por la falta de relevo generacional, y por ello algunos ganaderos consideran incierto el futuro de la ganadería en la zona. Se considera mayoritariamente que la estación de esquí ha tenido un efecto beneficioso en el valle, siendo más dispares las opiniones sobre su efecto en la ganadería del valle. Se resaltan efectos negativos por la competencia que genera sobre uso del suelo y mano de obra, pero positivos en tanto posibilita actividades que complementan los ingresos provenientes de la actividad agraria (y la capitalizan) y da facilidades para el manejo de los rebaños durante el verano. Paralelamente, los ganaderos son conscientes del beneficio ambiental que supone para los pastos un adecuado aprovechamiento por los rebaños, por lo que la multifuncionalidad de la ganadería en estas condiciones y la sinergia entre ambas actividades queda manifiesta, al menos en el entorno de esta estación. Sería interesante ampliar el estudio al entorno de otras estaciones de esquí, o a áreas de producción ganadera en condiciones socioeco-

nómicas similares, dado que un diagnóstico participativo como el utilizado en este trabajo puede permitir identificar con antelación posibles conflictos de uso de los recursos y aportar soluciones generadas por los propios usuarios.

Agradecimientos

A las distintas personas e instituciones que han facilitado la información para este trabajo. Muy especialmente a los ganaderos, por su activa participación en las encuestas, y al personal de Aramón-Panticosa por las facilidades prestadas. Financiación procedente del Convenio PCTAD-089-10AC2, 2011 (Panticosa Turística, S.A., CITA, Universidad de Zaragoza, Parque Científico Tecnológico Agroalimentario Aula Dei) e INIA (RTA2010-00057, RZP2009-005). José Antonio Rodríguez Sánchez es titular de una beca predoctoral del programa FPI-INIA.

Bibliografía

Álvarez-Rodríguez J, Calvo JH, Revilla R, Casasús I, Sanz A (2008). Caracterización estructural y racial de la raza ovina Churra Tensina. FEAGAS: 135-143.

Barrantes O, Ferrer C, Reiné R, Broca A (2009). Categorization of grazing systems to aid the development of land use policy in Aragon, Spain. Grass and Forage Science 64: 26-41.

Barrantes O, Reiné R, Broca A, Ferrer C (2013). Análisis del potencial productivo de los pastos del área de esquí de la estación de Panticosa (Huesca) y su capacidad sustentadora de ganado. LII Reunión Científica de la S.E.E.P. "Los pastos: nuevos retos, nuevas oportunidades", Badajoz, 8-12 Abril. 425-432.

Bernués A, Olaizola A, García-Martínez A (2006). Evolución reciente de los sistemas de vacuno en los Pirineos Centrales Aragoneses. Informaciones Técnicas. Dirección General de Desarrollo Rural. Centro de Transferencia Agroalimentaria 172: 1-8.

Bernués A, Ruiz R, Olaizola A, Villalba D, Casasús I (2011). Sustainability of pasture-based livestock farming systems in the European Mediterranean context: Synergies and trade-offs. Livestock Science 139: 44-57.

Blanco M, Villalba D, Ferrer J, Calvo JH, Macarulla JM, Revilla R, Casasús I (2009). Caracterización preliminar de las explotaciones de ganado vacuno de raza Parda de Montaña en Aragón. En *XIII Jornadas sobre Producción Animal A.I.D.A.* M. Joy, J. H. Calvo, C. Calvete, M. A. Latorre, I. Casasús, A. Bernués, A. Sanz, J. Balcells (Ed.). A.I.D.A, Zaragoza. 1: 388-390.

Bruce A (2012). Fewer burps in your burgers or more birds in the bush? En *Climate change and sustainable development: ethical perspectives on land use and food production*. T. Potthast, S. Meist (Ed.). Wageningen Academic publishers, Wageningen, The Netherlands. 207-212.

Buffière D (2009). Ganadería y gestión de riesgos de incendio y avalancha: el ejemplo de la estación de esquí de Peyragudes. Euromontana: El valor añadido de la montaña europea: las poblaciones de montaña como gestoras de territorio y productoras de externalidades positivas para la sociedad europea. Políticas y oportunidades asociadas, Arantzazu, 14-16 Octubre 2009.

Casasús I, Sanz A, Villalba D, Ferrer R, Revilla R (2002). Factors affecting animal performance during the grazing season in a mountain cattle production system. Journal of Animal Science 80: 1638-1651.

Casasús I, Bernués A, Sanz A, Villalba D, Riedel JL, Revilla R (2007). Vegetation dynamics in Mediterranean forest pastures as affected by beef cattle grazing. Agriculture, Ecosystems & Environment 121: 365-370.

Casasús I, Rodríguez-Sánchez JA, Sanz A, Barrantes O, Reiné R, Ferrer C (2012). Bases técnicas para el manejo de los pastos en la estación de esquí de Panticosa. En *Informe Técnico. Convenio Panticosa Turística (grupo ARAMÓN) – CITA – Universidad de Zaragoza – Parque Científico Tecnológico Agroalimentario Aula Dei (PCTAD-089-10AC2_2011)*. 176 págs.

Casasús I, Rodríguez-Sánchez JA, Sanz A, Ferrer C, Reiné R, Barrantes O (2013). Use of pastures by cattle in a Pyrenean ski station: Diagnosis and recommendations for improved preservation of natural resources and snow condition. 17th Meeting of the FAO-CIHEAM Mountain Pastures Network "Pastoralism and ecosystem conservation", Trivero (Italia), 5-7 Junio.

Cialdella N, Dobremez L, Madelrieux S (2009). Livestock farming systems in urban mountain regions Differentiated paths to remain in time. Outlook on Agriculture 38: 127-135.

Fraser EDG, Dougill AJ, Mabee WE, Reed M, McAlpine P (2006). Bottom up and top down: Analysis of participatory processes for sustainability indicator identification as a pathway to community empowerment and sustainable environmental management. Journal of Environmental Management 78: 114-127.

Gandini GA, Bohte-Wilhelmus DI, Bay E, Colinet FG, Choroszy Z, Diaz C, Duclos D, Fernandez J, Gengler N, Hoving-Bolink AH, Kearney F, Lilja T, Mäki-Tanila A, Martin-Collado D, Maurice-van Eijndhoven MHT, Musella M, Pizzi F, Soini K; Toro M, Turri F, Viinalas H, Hiemstra SJ (2010). Motives and values in farming local cattle breeds in Europea survey on 15 breeds. Animal Genetic Resources Information 47: 45-58.

García-Martínez A, Olaizola AM, Bernués A (2007a). Cambios tecnológicos en los sistemas de vacuno de carne del Pirineo Central. XII Jornadas sobre Producción Animal AIDA, Zaragoza, 16-17 de Mayo. Información Técnica Económica Agraria Vol Extra 28 Tomo I: 327-329.

García-Martínez A, Olaizola AM, Bernués A (2007b). Objetivos y opiniones de los ganaderos de vacuno de carne en el Pirineo Central. XII Jornadas sobre Producción Animal AIDA, Zaragoza, 16-17 de Mayo. Información Técnica Económica Agraria Vol Extra 28 Tomo I: 324-326.

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

García-Martínez A, Bernués A, Olaizola AM (2011). Simulation of mountain cattle farming system changes under diverse agricultural policies and off-farm labour scenarios. Livestock Science 137: 73-86.

Girard N, Duru M, Hazard L, Magda D (2008). Categorising farming practices to design sustainable land-use management in mountain areas. Agronomy for Sustainable Development 28: 333-343.

Infante JN (2011). Caracterización y gestión de los recursos genéticos de la población equina de carne del Pirineo Catalán (Cavall Pirenenc Català): interrelación con otras razas cárnicas españolas. Tesis Doctoral. UAB. 232 págs.

Labairu J, Pérez de Munain A, Villanueva M, Javierre J (2008). I Encuentro de Asociaciones de Equino de carne en Navarra. Navarra Agraria 166: 56-60.

Lasanta T, Laguna M, Vicente-Serrano SM (2007). Do tourism-based ski resorts contribute to the homogeneous development of the Mediterranean mountains? A case study in the Central Spanish Pyrenees. Tourism Management 28: 1326-1339.

Lasanta T, Beltrán O, Vaccaro I (2013). Socioeconomic and territorial impact of the ski industry in the Spanish Pyrenees: mountain development and leisure induce urbanization. Pirineos 168: 103-128.

Lopez-i-Gelats F, Milan MJ, Bartolome J (2011). Is farming enough in mountain areas? Farm diversification in the Pyrenees. Land Use Policy 28: 783-791.

Manrique E, Revilla R, Olaizola A, Bernués A (1992). Los sistemas de producción de vacuno en montaña y su dependencia del entorno. Bovis 42: 9-42.

MARM (2010a). Estudio del sector español de vacas nodriza (Datos: SITRAN). Subdirección General de Productos Ganaderos, Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino. Informe técnico: 17 págs (www.marm.es).

MARM (2010b). Análisis del sector vacuno de carne español: evaluación de posibles escenarios de desacoplamiento. Subdirección General de Productos Ganaderos, Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino. Informe técnico: 39 págs (www.marm.es).

Morgan-Davies C, Waterhouse T, Wilson R (2012). Characterisation of farmers' responses to policy reforms in Scottish hill farming areas. Small Ruminant Research 102: 96-107.

Nogués J (2012). Análisis y valoraciones sobre algunos elementos de la propuesta de la Política Agrícola Común para el periodo 2014-2020. Surcos de Aragón 123: 13-17.

Oglethorpe DR (2005). Livestock production post CAP reform: implications for the environment. Animal Science 81: 189-192.

Olaizola A, Bernués A, Blasco I, Sanz A (2012). Perspectivas de una carne de calidad diferenciada: análisis exploratorio para la carne de vacuno "Serrana de Teruel". Información Técnica Económica Agraria 108: 1-17.

Redacción-Surcos (2012). Hispano-Bretón, una raza "de garra" en las montañas del Pirineo. Surcos de Aragón 122: 29-31.

Revilla R, Manrique E (1979). La explotación de los puertos en el valle de Gistaín (Pirineo Oscense). Pastos 9: 120-133.

Revilla R (1987). Las zonas de montaña y su entorno económico. Análisis estructural y bases técnicas para la planificación de la ganadería en los altos valles del Sobrarbe (Pirineo Oscense). Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza.

Riedel JL, Casasús I, Bernués A (2007). Sheep farming intensification and utilization of natural resources in a Mediterranean pastoral agroecosystem. Livestock Science 111: 153-163.

Rubio A (1989). Emigración y cambio de actividad en el Pirineo. Espacio, Tiempo y Forma, Serie VI, Geografía: 155-168.

Sanz A, Calvo JH, Martí. J.I., Alabart JL, Joy M, Ripoll G, Álvarez-Rodríguez J (2011). Actividades emprendidas para recuperar y preservar la raza ovina Churra Tensina. Archivos de Zootecnia 60: 381-384.

Solano S (2012). La ganadería de montaña. Situación actual de la ganadería en el Pirineo aragonés, cuantificación de las ayudas recibidas, situación de la ganadería en otras zonas de montaña de Europa y propuesta de medidas alternativas. Revista de Estudios Territoriales del Pirineo Aragonés 11: 7-43.

Strijker D (2005). Marginal lands in Europe - causes of decline. Basic and Applied Ecology 6: 99-106.

TRAGSEGA (2003). Estudio y caracterización del sector equino en España. Ed. MARM. 357 págs.

Uriarte M, Urrutia I (2012). Turismo y poblaciones de montaña, en especial las estaciones de esquí. En *Los Pirineos: Geografía, Turismo, Agricultura, Cooperación Transfronteriza y Derecho*. I. Lasagabaster (Ed.). Servicio Editorial, Universidad del País Vasco, Bilbao. 153-174.

Villanueva M, Pérez de Muniain A, Eguinoa P (2009). Cebo de potros: lechales y quincenos. Navarra agraria 174: 41-44.

Zamudio BA, Manrique E, Olaizola A (2011). Objetivos empresariales y familiares de los ganaderos de sistemas ovinos en un espacio de alto valor ambiental. XL Reunión Científica de la S.E.E.P. "Pastos, paisajes culturales entre tradición y nuevos paradigmas del siglo XXI", Toledo, 15-18 Junio. 525-530.

(Aceptado para publicación el 21 de mayo de 2013)

Percepciones de los consumidores españoles hacia las frutas de Ecuador: un estudio preliminar cualitativo con técnicas proyectivas

S.I. Vaca y F.J. Mesías[1]

Escuela de Ingenierías Agrarias, Universidad de Extremadura, Avda. Adolfo Suárez, s/n – 06007 Badajoz

Resumen

Las técnicas de investigación cualitativa constituyen una interesante aproximación para tratar de entender las percepciones del consumidor y su comportamiento en la compra de alimentos. Dentro de este concepto, las técnicas proyectivas son una de las metodologías cuyo uso se ha incrementado para los estudios de marketing y comportamiento del consumidor, dado su potencial para superar las barreras de comunicación con el encuestado y profundizar en aspectos de su experiencia que pueden ser difíciles de estudiar de otra forma.

En este estudio se han utilizado dos técnicas proyectivas, la asociación de palabras y la terminación de enunciados, para analizar las percepciones de los consumidores españoles sobre las frutas procedentes de Ecuador, consiguiendo así una información que permita mejorar las posibilidades de comercialización de estos productos. Para ello se realizaron entrevistas personales a 147 consumidores en tres ciudades de Extremadura durante Abril-Mayo de 2012.

Los resultados de las dos metodologías utilizadas indican que las frutas de Ecuador, en general, son valoradas por los consumidores como un alimento de origen exótico, de buena calidad y buena apariencia. No obstante, hay conceptos negativos que también han surgido en el estudio, como su consideración de productos caros, la preferencia por el producto nacional en el caso de la banana y especialmente el desconocimiento de los consumidores hacia los productos de Ecuador, su forma de identificación y sus lugares de compra.

Palabras clave: Percepción del consumidor, fruta, Ecuador, técnicas proyectivas, investigación cualitativa.

Abstract

Spanish consumer perceptions towards fruits from Ecuador: a preliminary qualitative approach with projective techniques

Qualitative research techniques are an interesting approach to try to understand consumer perceptions and behavior in food purchase. Within this concept, projective techniques are one of the methods which show an increasing use for marketing research and consumer behavior, given their potential both to overcome communication barriers with the surveyees and to deepen into aspects of their experience that can be studied with difficulties otherwise.

This study used two projective techniques, word association and completion of sentences, to analyze the perceptions of Spanish consumers towards fruits from Ecuador, obtaining information that will im-

1. Autor para correspondencia: fjmesias@unex.es

http://dx.doi.org/10.12706/itea.2014.006

prove the marketability of these products. Data were obtained through 147 personal interviews conducted in three Spanish cities during April-May 2012.

Results from both methodologies showed that fruits from Ecuador are generally valued by consumers as an exotic source food, with good quality and good appearance. However, there are also negative concepts that have emerged in the study, as their consideration as expensive products, the preference for Spanish product in the case of the banana and especially the ignorance of consumers towards the Ecuadorian products, the way to identify them and their purchasing locations.

Key words: Consumer's perception, fruit, Ecuador, projective techniques; qualitative research.

Introducción

La Unión Europea (U.E.), constituye un mercado de consumo de 500 millones de personas que poseen alto poder de compra, convirtiéndolo en un cliente potencial de gran interés para numerosos países, entre los que se encuentra Ecuador. Ecuador es uno de los países iberoamericanos que aprovecha las ventajas arancelarias otorgadas por la U.E., habiendo exportado a este mercado € 1.896 millones en 2009 y € 1.993 millones en 2010, lo que supone alrededor del 15% de las exportaciones totales del país (Delegación de la Unión Europea, 2012). Entre los principales productos exportados a la U.E. se encuentran los del sector agrícola que representaron en 2010 el 94% del total exportado a la U.E., siendo la banana el principal artículo (38% del total de exportaciones), seguido por la piña y el mango. (Delegación de la Unión Europea, 2012).

Aunque estos productos no tienen especiales restricciones a la comercialización con respecto a los producidos en la U.E., debido a su origen las percepciones de los consumidores hacia su calidad pueden no corresponderse con la realidad e incidir en una menor demanda. Por ejemplo, reacciones etnofóbicas o bien el simple desconocimiento, aunque no sean reconocidos conscientemente por los consumidores, pueden suponer un freno a la compra de productos importados.

En este contexto, la posibilidad de comprender cómo perciben los consumidores los alimentos representa una interesante tarea para los investigadores, ya que el consumidor con frecuencia no es capaz, o encuentra dificultad, en expresar los motivos subyacentes por los que adquiere un producto en lugar de otro (Donoghue, 2000).

En una típica entrevista, los encuestados a veces pueden mostrarse remisos a compartir con el encuestador sus opiniones, sus valores o las actitudes que influyen en la compra de un producto en lugar de otro. Esto se puede deber tanto a la falta de confianza como por el propio desconocimiento de los motivos subyacentes. Además, las convenciones sociales pueden hacer que el individuo se muestre reticente a mostrar sentimientos o comportamientos "extraños" y por ello ofrece respuestas socialmente aceptables y esconde sus verdaderas respuestas al entrevistador (Donoghue, 2000).

Frente a estas limitaciones, una aproximación para tratar de entender las percepciones del consumidor y su comportamiento en la compra de alimentos es la aplicación de las técnicas de investigación cualitativa (Roininen *et al*., 2006; Vidal *et al*., 2013). Estas técnicas implican tareas menos estructuradas que en las metodologías cuantitativas y por ello permiten una investigación más profunda del comportamiento del consumidor (Lawless y Heymann, 2010). La investigación cualitativa se ha utilizado ampliamente en el sector agroalimentario (Chambers *et al*., 2007; Barrios *et al*., 2008; van Rijswijk y Frewer, 2008; Guerrero *et al*., 2009-2010; Ares y Deliza, 2010;

Chung *et al*., 2011) y sirve para la aproximación a un problema y sus causas, siendo el tipo de investigación más flexible y versátil. Es apropiada para descubrir la naturaleza de un problema, para las etapas iniciales del proceso, facilita el reconocimiento de una situación de decisión y ayuda a identificar alternativas de acción, a las variables relevantes y a formular hipótesis.

Dentro del concepto global de investigación cualitativa, uno de los grupos de técnicas cuyo uso se ha ido incrementando para los estudios de marketing y comportamiento del consumidor son las técnicas proyectivas (Boddy, 2005; Steinmann, 2009). Las técnicas proyectivas son descritas como técnicas encubiertas y no estructuradas. Son encubiertas porque los sujetos son conscientes de que están participando en un estudio aún sin saber lo que el investigador está interesado en medir. Y se consideran tareas no estructuradas, porque sus alternativas de respuesta no están limitadas o determinadas por el investigador (Steinmann, 2009). Las técnicas proyectivas fueron originalmente desarrolladas en el ámbito clínico de la evaluación de la personalidad y de los desordenes de la misma y se emplean en investigación de marketing desde los años 1940 (Donoghue, 2000; Boddy, 2005).

Estas técnicas tratan de alentar a los entrevistados a que proyecten sus motivaciones, creencias, actitudes o sentimientos subyacentes respecto a los temas de interés (Vidal *et al*., 2013). Las técnicas proyectivas están basadas en el principio de que los deseos y sentimientos inconscientes de los encuestados pueden aflorar si se presenta al individuo una situación ambigua. Puesto que no hay respuestas correctas o erróneas, y como el sujeto es libre de responder al estímulo ambiguo desde su referencia particular, se puede esperar que los encuestados proyecten sus sentimientos inconscientes en sus respuestas (Donoghue, 2000).

En el ámbito de la investigación sobre los consumidores, las técnicas proyectivas permiten trascender las barreras de comunicación y profundizar en aspectos de la experiencia de los consumidores que pueden ser difíciles de estudiar de otra forma (Steinmann, 2009). Así, cuando los encuestados se ven enfrentados a medidas de actitudes explícitas pueden temer ser juzgados de manera negativa por el encuestador y, por ello, mostrarse reacios a apoyar ciertos artículos que reflejen su actitudes. Como resultado, muchos de los encuestados pueden enmascarar sus respuestas. Aunque es una tendencia humana básica el presentarse a sí mismo bajo la mejor luz posible (Fisher, 1993), el efecto de distorsión de los datos así recogidos es claramente perjudicial para el propósito de la investigación. Cuando se utilizan correctamente, las técnicas proyectivas permiten al investigador eludir algunas de estas barreras sociales comunes que inhiben la expresión de los encuestados de las actitudes y comportamientos.

En este trabajo se ha decidido utilizar las técnicas proyectivas para analizar las percepciones de los consumidores españoles sobre las frutas procedentes de Ecuador, consiguiendo así una información que permita mejorar las posibilidades de comercialización de estos productos en nuestro país.

Las técnicas proyectivas pueden clasificarse en técnicas de asociación, de terminación, de construcción y de expresión. Aunque todas estas técnicas comparten los principios comentados anteriormente (técnicas indirectas, no estructuradas, en las que se presenta un estímulo al entrevistado….), presentan notables diferencias entre sí que se detallan a continuación

Técnicas de asociación: Se presenta un estímulo al individuo y se le pide que responda con lo primero que venga a su mente. La asociación de palabras es la más conocida de estas técnicas: se presenta a los entrevistados una palabra, frase o lista de palabras y se les pide que respondan a cada una con la primera palabra que venga a su mente. El patrón de respuestas de un individuo y los detalles de la

respuesta se utilizan para determinar las actitudes o sentimientos subyacentes de la persona acerca del tema de interés.

Técnicas de terminación: se pide a los entrevistados que terminen una situación de estímulo incompleta. Las técnicas de terminación más comunes en la investigación de mercados son la terminación de enunciados y la terminación de historias. En la terminación de enunciados se proporciona a los entrevistados enunciados incompletos y se les pide que los terminen. Por lo general, se les pide que empleen la primera palabra o frase que venga a su mente. En la terminación de historias se proporciona a los entrevistados parte de una historia y se les pide que den una conclusión con sus palabras,

Técnicas de construcción: muy relacionadas con las de terminación, en ellas se pide a los entrevistados que construyan una respuesta en forma de historia, diálogo o descripción.

Técnicas de expresión: se presenta a los entrevistados una situación verbal o visual y se les pide que relacionen los sentimientos y actitudes de otras personas con la situación, lo que se puede hacer, por ejemplo, por medio de la representación de papeles.

De entre las distintas técnicas proyectivas, se decidió utilizar la terminación de enunciados y la asociación de palabras, ya que son las más habituales en estudios agroalimentarios (Roininen *et al*., 2006; Ares *et al*., 2008; Guerrero *et al*., 2010; Vidal *et al*., 2013), siendo además más fáciles de administrar que otras técnicas proyectivas como las constructivas o las expresivas.

Dado que se trata de una primera aproximación cualitativa, las conclusiones no pueden ser directamente generalizables, aunque se considera que los resultados obtenidos pueden tener una amplia aplicabilidad en el contexto español de cara al desarrollo de posteriores investigaciones cuantitativas y a la planificación de acciones de marketing.

Material y métodos

Determinación del tamaño de la muestra

Dada la naturaleza del estudio, la población objetivo se fijó en consumidores habituales de fruta. Inicialmente y con objeto de contrastar el cuestionario que se iba a utilizar, se realizo un pre-test a 10 consumidores, procediendo a corregir aquellas preguntas que recibieron respuestas ambiguas o que eran difíciles de comprender por los participantes. Estos cuestionarios no fueron incluidos en la muestra definitiva.

La muestra final estaba formada por 147 personas, todas ellas consumidoras habituales de fruta, y cuyas características sociodemográficas se muestran en la Tabla 1. La encuestas se realizaron durante Abril-Mayo de 2012 en tres ciudades de Extremadura (Badajoz, Mérida y Plasencia), contactándose con los encuestados en lugares públicos (campus universitarios, centros comerciales y zonas urbanas comerciales) y eligiéndolos en función de su interés y disponibilidad para participar en el estudio. Puede considerarse, por tanto, que se ha realizado un muestreo de conveniencia, método no probabilístico pero que es utilizado habitualmente en investigación cualitativa cuando el objetivo es conseguir una aproximación a un tema específico (Kinnear y Taylor, 1993).

Aunque el número de encuestas pueda considerarse insuficiente para un estudio de investigación de mercado, está en línea con las muestras utilizadas en otros trabajos que realizan investigación cualitativa (Roininen *et al*., 2006; van Rijswijk y Frewer, 2008; Ares *et al*., 2008; Ares y Deliza, 2010). Además, y debido a la naturaleza introductoria de este de trabajo se consideró que este número de encuestas era suficiente para los objetivos del estudio.

Tabla 1. Características sociodemográficas de la muestra
Table 1. Socio-demographic characteristics of the sample

Sexo	Hombre	43,54%
	Mujer	56,46%
Lugar residencia	Badajoz	70,07%
	Mérida	19,05%
	Plasencia	10,88%
Rango edades	De 18 a 30 años	57,14%
	de 31 a 45 años	23,81%
	de 46 a 60 años	16,33%
	Más de 60 años	2,72%
Renta mensual	< 900 €/mes	12,93%
	901 - 1.500 €/mes	12,24%
	1.501 – 2.500 €/mes	31,97%
	2.501- 3.500 €/mes	26,53%
	> 3.500 €/mes	16,33%
Estudios	Bachiller/Formación profesional	10,88%
	Estudios Primarios	3,40%
	Titulación Universitaria	85,71%

Recogida de datos

Se utilizó un cuestionario impreso que se entregaba a aquellos consumidores dispuestos a participar en el estudio. En dicho formulario, además de preguntas filtro sobre su consumo de frutas destinadas a seleccionar a los encuestados, se incluían también una pregunta para la asociación de palabras y otra para la terminación de enunciados.

Para la asociación de palabras, se presentó a los encuestados una frase en la que se les pedía que indicaran la primera idea, palabra o imagen que se les ocurría cuando pensaban en frutas de Ecuador.

En el caso de la terminación de enunciados, se prepararon tres estímulos diferentes: uno relativo al mango, otro a la banana y otro a la piña para intentar captar las diferencias de percepción entre los distintos productos. Como ya se ha mencionado anteriormente, estas tres frutas son las principales exportaciones de Ecuador a la U.E., por lo que se consideró adecuado centrar en ellas el estudio. En todos los casos se trataba de imágenes con diálogos incompletos, pidiéndose a los encuestados que los completasen como considerasen apropiado. Las imágenes mostraban o estaban relacionadas con situaciones de compra. Las figuras 1 a 3 muestran los estímulos utilizados para esta técnica.

Con el diseño de estos tres estímulos se pretendían cubrir las distintas vertientes del proceso de compra: la compra efectiva (estímulo 1), la duda (estímulo 2) y el rechazo (estímulo 3).



Figura 1. Estímulo utilizado en la tarea de terminación de enunciados para el mango.
Figure 1. Stimulus used in the completion of sentences task for mango.



Figura 2. Estímulo utilizado en la tarea de terminación de enunciados para la banana.
Figure 2. Stimulus used in the completion of sentences task for banana.



Figura 3. Estímulo utilizado en la tarea de terminación de enunciados para la piña.
Figure 3. Stimulus used in the completion of sentences task for pinapple.

Análisis de datos

El análisis de datos se realizó de forma análoga para la pregunta de asociación de palabras y para cada uno de los estímulos de terminación. Inicialmente se listaron todas las respuestas proporcionadas por los encuestados, analizándolas posteriormente de forma cualitativa por separado para cada metodología. Para ello, y en primer lugar, se procedió a buscar aquellas expresiones o términos repetidos o con significados similares, que se agruparon en diferentes categorías. Para objetivar esta tarea, se realizó de forma independiente por cada uno de los dos miembros del equipo de investigación, considerando tanto el significado estricto de las expresiones utilizadas, como las posibles sinonimias. Una vez finalizada esta tarea se consensuaron las categorías definitivas en una reunión posterior, donde también se definieron sus nombres.

Se estableció como umbral de corte 10, considerando que si una categoría no era mencionada al menos por 10 encuestados se agrupaba con otra de significado similar, de forma que juntas se superara ese umbral mínimo. Este límite está en línea con otros trabajos similares (Roininen *et al*., 2006; Ares y Deliza, 2010; Vidal *et al*., 2013). Finalmente, y con las categorías que se habían mantenido se procedió a determinar las frecuencias, lo que se llevó a cabo contando el número de consumidores que habían utilizado dichas palabras o frases para completar las tareas solicitadas.

Resultados

Asociación de palabras

Las categorías identificadas en la tarea de asociación de palabras con "Frutas de Ecuador" se muestran en la Tabla 2. Las categorías mencionadas en un porcentaje mayor por los consumidores se referían a su procedencia "exótica" (43,9%), lo que se asocia con productos tropicales, exóticos y procedentes de clima ecuatorial y a su buena calidad (38,1%). Esto indica que cuando los consumidores pensaban en las frutas de origen de Ecuador en general, las asociaciones generadas fueron en buena medida positivas.

Tabla 2. Categorías identificadas para la tarea de asociación de palabras "Frutas de Ecuador"
Table 2. Categories identified in the word association task for "Fruit from Ecuador"

Categoría	Ejemplos	Frecuencia
Procedencia "exótica"	Productos tropicales; productos exóticos; productos de clima ecuatorial	43,9%
De calidad	Buena calidad; de calidad	38,1%
Precio	Productos caros; no de oferta	30,0%
Apariencia y sabor	Buen color; buen sabor; óptima maduración; buen tamaño	26,5%
Desconocimiento	No conozco qué productos son de Ecuador; los desconozco	17,4%
Lejanía	Productos muy lejanos; producto exportado; productos que vienen de fuera de España	12,1%

No obstante, hay que indicar que las asociaciones negativas también aparecen. En concreto, la categoría "precio" fue mencionada por el 30% de los encuestados, siempre con el significado de productos caros, lo cual probablemente está asociado con la imagen de un producto lejano y que necesita de altos costes de transporte para ser puesto en el mercado. Aunque mencionada por sólo el 17% de los consumidores, la categoría "desconocimiento" muestra una debilidad de las frutas de Ecuador que debería ser tenida en cuenta por los operadores del sector.

Finalmente, es interesante mencionar el 12% de consumidores hicieron referencia a la lejanía, lo que se podría considerar como una dimensión negativa de la categoría "procedencia".

Terminación de enunciados

Las categorías identificadas en la tarea de terminación para la frase "Hoy voy a comprar estos mangos de Ecuador porque…" se muestran en la tabla 3.

Es de destacar que el diseño de este estímulo guiaba a los consumidores a mencionar características positivas de las frutas de Ecuador, ya que se trata de un consumidor que, efectivamente, va a realizar la compra de este producto. No obstante, se puede apreciar de la tabla 3 que, aunque las categorías "buen sabor" y "buena apariencia" son las más mencionadas, también aparecen algunas características negativas. En concreto, el desconocimiento del mango procedente de Ecuador, que nunca han probado y que también había aparecido en la asociación de palabras.

Tabla 3. Categorías identificadas para la tarea de terminación de enunciados para mango
Table 3. Categories identified in the mango completion of sentences task

Categoría	Ejemplos	Frecuencia
Buen sabor	Es rico y nutritivo; son sabrosos; están buenos	31,7%
Buena apariencia	Me gusta el color; tiene un color diferente; tiene buena pinta; está en su punto óptimo; tiene buen tamaño	27,3%
Buena calidad	Tiene buena calidad; son de calidad; me han dicho que está bueno	19,4%
Desconocimiento	Quiero probarlo por primera vez; nunca los he probado; quiero probar cosas nuevas; quiero comparar	12,9%
Precio	Es barato; está de oferta	8,6%

La tabla 4 muestra las categorías identificadas en la tarea de terminación de enunciados para la frase "Yo compraría estas bananas procedentes de Ecuador si…". En este caso, el estímulo propiciaba que los consumidores mencionaran las características que, en mayor o menor medida, frenan su compra de bananas de Ecuador.

Tabla 4. Categorías identificadas para la tarea de terminación de enunciados para bananas
Table 4. Categories identified in the banana completion of sentences task

Categoría	Ejemplos	Frecuencia
Preferencia nacional	Si no hay de Canarias; si se parecieran a los de Canarias; si tuvieran el sabor de los plátanos españoles	73,0%
Precio	Fuesen más baratos y de mejor calidad; tuvieran buenos precios; si estuvieran de oferta	17,7%
Apariencia	Tuviesen mejor color; fueran más pequeños; estuvieran más maduros	9,2%

Como se observa en la tabla 4, la fuerte competencia de un producto tan tradicional para el consumidor español como es el plátano de Canarias llevó a una gran parte de los participantes a hablar de sus preferencias (73%) por este producto frente a las bananas, aspecto éste que limita en gran medida la compra de dicha fruta ecuatoriana.

Otras categorías también mencionadas, aunque por un porcentaje significativamente inferior de consumidores, fueron el precio y la apariencia. Con respecto al precio, es de destacar que normalmente hay una fuerte diferencia de precio entre el plátano y la banana (el primero del orden de un 100-130% más caro que la segunda). No obstante, el consumidor requeriría precios aún más bajos para comprarlos con preferencia al producto nacional. Este efecto no se apreciaba en el caso del mango, fruta que también se produce en España, pero que es mucho menos conocida por el consumidor normal.

Por último, las categorías identificadas en la tarea de terminación para la frase "Normalmente yo no compro piñas de Ecuador porque…" se presentan en la Tabla 5. En esta tarea lo que se buscaban eran los principales aspectos que desalientan la compra de piñas de Ecuador, por lo que normalmente se pueden esperar respuestas con connotaciones negativas.

Tabla 5. Categorías identificadas para la tarea de terminación de enunciados para piña
Table 5. Categories identified in the pineapple completion of sentences task

Categoría	Ejemplos	Frecuencia
Desconocimiento	No las conocía; no las he visto en la tienda; no sé dónde encontrarlas; me da miedo su procedencia; nunca las he probado	49,3%
Preferencia	Compro producto nacional; compro enlatadas; compro las que vienen de Costa Rica	27,1%
Apariencia	Vienen blandas; son muy grandes y se dañan rápido	16,4%
Precio	Son caras; tienen un precio elevado	7,1%

En concreto, las categorías mostradas en la tabla 5 y más mencionadas por los encuestados fueron el desconocimiento con un 49,3%, la preferencia por otro tipo de procedencia o por otra presentación del producto como los enlatados (27,1%).

Discusión

Los resultados de las distintas metodologías utilizadas en este estudio indican que las frutas de Ecuador, en general, son consideradas por los consumidores como un alimento de origen exótico, de buena calidad y con buena apariencia. El sabor, que según diversos autores (Péneau *et al*., 2006; Ragaert *et al*., 2004) es el atributo más valorado por los consumidores en la elección de fruta, ha aparecido claramente en el mango (en este caso era la categoría más mencionada) y con poca relevancia y asociada a la apariencia para el conjunto de frutas de Ecuador. La apariencia es también un atributo importante en los trabajos anteriores, pero en este estudio aparece con connotaciones opuestas: positivas, para la asociación de palabras con el concepto general de "frutas de Ecuador" y para el caso del mango, y negativas para la banana y la piña.

Los encuestados manifiestan una preferencia por el producto nacional, si es que hay un producto nacional competitivo y reconocido, como en el caso del plátano de Canarias frente a la banana de Ecuador. Estos resultados se corresponden con lo encontrado por Jaeger y Rose (2008) para distintas frutas frescas. En el caso del mango, no obstante, donde la producción española no llega a cubrir las necesidades del mercado y donde es más habitual encontrar frutas de distintos orígenes, no se ha mencionado esta característica.

La frescura, que aparece en diversos trabajos (Webber *et al*., 2010; Péneau *et al*., 2006) como unos de los principales atributos considerados por los consumidores a la hora de comprar fruta, no ha aparecido en este estudio en ninguna de las metodologías aplicadas. Este resultado es consecuente con el origen de Ecuador en el que se centra el tra-

bajo, y que hace que el consumidor asuma que cualquiera de las frutas analizadas necesita un cierto periodo de transporte desde su país de origen hasta el mercado español, lo que redunda en su menor frescura.

Normalmente se asocian con productos caros, no de oferta, lo que está de acuerdo con su carácter exótico, que también ha sido mencionado. Owen *et al*., (2002) indicaron que la compra de fruta fresca a menudo no está determinada por el precio de un producto individual, sino que lo que importa más es la cantidad total de dinero gastada en la categoría de producto (en este caso fruta fresca). Podría esperarse por ello que la compra de fruta de Ecuador no se viera afectada exclusivamente por su consideración de producto caro, sino también por otros factores relacionados con el consumo general de fruta fresca, lo que facilitaría el posicionamiento de estos productos en el mercado español o europeo.

Finalmente, es destacable el desconocimiento de las frutas de Ecuador que aparece tanto en la asociación de palabras como en la terminación de enunciados, mencionándose aspectos como la escasa información del consumidor acerca de los productos que proceden de Ecuador, o el no saber dónde encontrarlos. En el estudio de Vaca (2012) se apreció que la mayor parte de los consumidores entrevistados (80%) no identificaba ninguno de los logos o marcas de las frutas de Ecuador, por lo que es de esperar que los consumidores manifiesten no saber dónde encontrarlas ni cómo distinguirlas, aspecto este que tendrá que ser considerado en las futuras planificaciones de marketing.

Como conclusión se puede indicar que la utilización de técnicas proyectivas ha permitido el estudio de las percepciones de los consumidores españoles hacia las frutas de Ecuador, indicando además características destacadas que se asocian con este producto. Tanto la técnica de asociación de palabras como la de terminación de enunciados han proporcionado resultados similares, y en consonancia con los obtenidos por otros autores utilizando otras metodologías de investigación cuantitativas más estructuradas.

Comparativamente, se puede afirmar que los métodos cualitativos utilizados en este estudio han permitido una aproximación inicial a un problema del que, a veces, el consumidor no es consciente, y por ello lo puede poner de manifiesto difícilmente con otras metodologías de investigación más rígidas. Además, y aunque en este caso la recogida de datos se realizó por medio de entrevista directa, las técnicas proyectivas que se han utilizado son fáciles de responder por los encuestados, lo que permite el uso de otras técnicas de encuestación con menor coste y/o mayor facilidad para la toma de datos. Sin embargo, hay que tener en cuenta que los resultados así obtenidos se deben considerar como preliminares y que sería necesario efectuar un análisis cuantitativo con una muestra de consumidores mayor y representativa de la población para corroborar nuestros resultados.

Los resultados de las dos metodologías utilizadas en este estudio muestran a las frutas de Ecuador como un alimento de origen exótico, de buena calidad y buena apariencia. No obstante, surgen algunos aspectos que se deben tener en cuenta a la hora de posicionarse en el mercado español, como son la preferencia por el producto nacional y el desconocimiento de las frutas de Ecuador; ambos suponen una limitación importante para la comercialización de las frutas de Ecuador y deberían ser considerados en las futuras planificaciones de marketing.

Bibliografía

Ares G, Deliza R (2010). Identifying important package features of milk desserts using free listing and word association. Food Quality and Preference 21: 621-628.

Ares G, Giménez A, Gámbaro A (2008). Understanding consumers' perception of conventional and functional yogurts using word association and hard laddering. Food Quality and Preference 19: 636-643.

Barrios EX, Bayarri S, Carbonell I, Izquierdo L, Costell E (2008). Consumer attitudes and opinions toward functional foods: a focus group study. Journal of Sensory Studies 23: 514-525.

Boddy C (2005). Projective techniques in market research: valueless subjectivity or insightful reality? A look at the evidence for the usefulness, reliability and validity of projective techniques in market research. International Journal of Market Research 47(3): 239-254.

Chambers S, Lobb A, Butler L, Harvey K, Traill WB (2007). Local, national and imported foods: A qualitative study. Appetite 49(1): 208-213.

Chung HS, Hong H-D, Kim K, Cho C-W, Moskowitz H R, Lee S-Y (2011). Consumer attitudes and expectations of ginseng food products assessed by focus groups and conjoint analysis. Journal of Sensory Studies 26: 346-357.

Delegación de la Unión Europea para Ecuador (2012). Ecuador y la UE: Comercio. Disponible en: http://eeas.europa.eu/delegations/ecuador/eu_ecuador/trade_relation/index_es.htm (acceso 28/12/2012).

Donoghue S (2000). Projective techniques in consumer research. Journal of Family Ecology and Consumer Sciences 28: 47-53.

Fisher RJ (1993). Social desirability and the validity of indirect questioning. Journal of Consumer Research 20: 303-315.

Guerrero L, Guàrdia MD, Xicola J, Verbeke W, Vanhonacker F, Zakowska-Biemans S, Sajdakowska M, Sulmont-Rossé C, Issanchou S, Contel M, Scalvedi ML, Granli BS, Hersleth M (2009). Consumer-driven definition of traditional food products and innovation in traditional foods. A qualitative cross-cultural study. Appetite 52(2): 345-354.

Guerrero L, Claret A, Verbeke W, Enderli G, Issanchou S, Zakowska-Biemans S, Vanhonacker F, Sajdakowska M, Granli BS, Scalvedi L, Contel M, Hersleth M (2010). Perception of traditional food products in six European countries using free word association. Food Quality and Preference 21(2): 225-233.

Jaeger SR, Rose JM (2008). Stated choice experimentation, contextual influences and food choice: A case study. Food Quality and Preference 19: 539-564.

Kinnear TC, Taylor JR (1993). Investigación de Mercados. Un enfoque aplicado. McGraw-Hill Interamericana S.A., Colombia. 812 pp.

Lawless HT, Heymann H (2010). Sensory Evaluation of Food. Principles and Practices. Springer, USA. 596 pp.

Owen KM, Griffith GR, Wright VE (2002). One little Lebanese cucumber is not going to break the bank: price in the choice of fresh fruit and vegetables. Australian Journal of Agricultural and Resource Economics 46: 209-231.

Péneau S, Hoehn E, Roth H-R, Escher F, Nuessli J (2006). Importance and consumer perception of freshness of apples. Food Quality and Preference 17: 9-19.

Ragaert P, Verbeke W, Devlieghere F, Debevere J (2004). Consumer perception and choice of minimally processed vegetables and packaged fruits. Food Quality and Preference 15: 259-270.

Roininen K, Arvola A, Lähteenmäki L (2006). Exploring consumers' perception of local food with two different qualitative techniques: Laddering and word association. Food Quality and Preference 17: 20-30.

Steinmann RB (2009). Projective techniques in consumer research. International Bulletin of Business Administration 5: 37-45.

Vaca SI (2012). Análisis de la problemática respecto a la calidad de los productos agrícolas de exportación que Ecuador realiza hacia la Unión Europea. Trabajo fin de Máster, Universidad de Extremadura. 53 pp.

van Rijswijk W, Frewer LJ (2008). Consumer perceptions of food quality and safety and their re-

lation to traceability. British Food Journal 110(10): 1034-1046.

Vidal L, Ares G, Giménez A (2013). Projective techniques to uncover consumer perception: application of three methodologies to ready-to-eat salads. Food Quality and Preference 28: 1-7.

Webber CB, Sobal J, Dollahite JS (2010). Shopping for fruits and vegetables. Food and retail qualities of importance to low-income households at the grocery store. Appetite 54: 297-303.

(Aceptado para publicación el 15 de mayo de 2013)

Valoración contingente de hortalizas frescas obtenidas bajo manejo integrado de plagas: El caso de la papa (patata) en Argentina[1]

María Victoria Lacaze*

Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina. Dirección postal: Funes 3250 (B7602AYJ), Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina

Resumen

El objetivo del trabajo es identificar los factores que explican la intención de adquirir una papa (patata) fresca de calidad superior, obtenida bajo manejo integrado de plagas, para cuantificar la hipotética valoración que los consumidores argentinos otorgarían a este alimento. Los datos provienen de una encuesta realizada en junio de 2009 a una muestra estratificada aleatoria de 500 hogares de la ciudad de Mar del Plata. Se aplica el Método de Valoración Contingente para la indagación de las preferencias y se propone un modelo econométrico que permite corregir por el sesgo de selección. Finalmente, se calcula la media muestral de la disposición a pagar a través de un procedimiento no paramétrico. La disponibilidad de este alimento generaría un incremento en el bienestar de los consumidores de la ciudad equivalente a 12,9 millones de pesos al año. Los resultados obtenidos indican una relación entre el nivel de información de los consumidores que trabajan o estudian y su capacidad de valorar positivamente el sistema de producción integrada. Aunque el contenido de residuos de agroquímicos en los alimentos parecería no constituir una preocupación entre quienes pagarían más por la papa integrada, estos posibles compradores se encuentran interesados en la vinculación entre el cuidado de su salud y el contenido nutricional de los alimentos. Además, creen que el precio de la papa señaliza correctamente su calidad.

Palabras clave: Disposición a pagar, inocuidad, papa fresca, Heckit, Turnbull.

Abstract

Contingent valuation of fresh produce obtained through integrated pest management: The case of the potato in Argentina

The objective of the article is to identify those factors underlying the intention to buy a top quality fresh potato obtained through an integrated pest-production management, in order to quantify the hypothetical valuation that Argentinean consumers would give to it. Data come from a 500-household stratified random sample in Mar del Plata city, which were surveyed in June, 2009. The Contingent Valuation Method has been applied to elicit consumers' preferences and a two-stage econometric model which corrects for selection bias is estimated. A sample mean of WTP is calculated by employing a nonparametric method. The availability of the integrated fresh potato would increase consumers' welfare in 12.9

* Autor para correspondencia: mvlacaze@mdp.edu.ar

http://dx.doi.org/10.12706/itea.2014.007

1. Una versión preliminar del trabajo fue presentada en la XLVI Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Política, Mar del Plata, Argentina, noviembre de 2011. Se agradecen los aportes realizados por la comentarista del trabajo, así como las observaciones y sugerencias de dos árbitros anónimos que evaluaron la versión final del artículo.

million of pesos per year. The results of the study indicate a relationship between information available to consumers who work or study and their ability to appreciate the integrated production system benefits. While the content of agrochemicals residues in food would not seem to be a concern for those consumers who are willing to pay more for acquiring the integrated potato, they are interested in the connection between food nourishment and health care. They also believe that fresh potato price appropriately signals its quality.

Key words: Willingness-to-pay, food safety, fresh potatoes, Heckit, Turnbull.

Introducción

La papa (patata) es la hortaliza más consumida en Argentina. La producción anual de 2.500.000 toneladas se destina casi exclusivamente al mercado interno, consumiéndose en fresco el 80% de la misma. El 20% restante se industrializa y consume como papas prefritas congeladas, puré de papas, papas enlatadas y papas para copetín (*snacks*).

En el año 2006, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) dio inicio al proyecto "Producción Integrada de Papa" (PNFHA 1127), de alcance nacional. Su objetivo es el desarrollo de tecnologías y protocolos que permitan producir y certificar variedades obtenidas con un uso mínimo y racional de agroquímicos que, además, presentan aptitudes culinarias diferenciadas. Dicho proyecto ha sido desarrollado en la Estación Experimental Agropecuaria Balcarce del INTA, emplazada en la zona núcleo de producción papera del sudeste de la provincia de Buenos Aires, a 400 km de la capital argentina.

La producción bajo manejo integrado de plagas permite obtener alimentos diferenciados por atributos de procesos. La implementación de estos protocolos genera externalidades a largo plazo, como reducciones en costos medioambientales y ahorros en gastos sanitarios futuros, derivados tanto de los menores niveles de exposición a los agroquímicos por parte de los productores, como de la mejor calidad de los alimentos ingeridos por los consumidores, fundamentalmente en términos de su inocuidad.

La evidencia científica que respalda la conexión entre la aparición de algunas enfermedades y la ingesta de ciertos alimentos ha cobrado una notable incidencia en la percepción, comprensión y valuación de los riesgos alimentarios por parte de la opinión pública. Como resultado, asistimos a una creciente demanda de alimentos "no convencionales" provenientes de sistemas sustentables, como la producción orgánica o bajo manejo integrado de plagas. Dicha demanda es particularmente significativa en el caso de los alimentos frescos, entre los que se encuentran las hortalizas, debido a su elevado contenido de nutrientes considerados beneficiosos para el cuidado de la salud.

El objetivo de este trabajo es identificar potenciales factores asociados a la intención de adquirir una papa fresca de calidad superior, obtenida a través de un sistema de producción integrada, para cuantificar la valoración que los consumidores argentinos otorgarían a dicho alimento. Investigaciones recientes señalan que, en nuestro país, se desea consumir papas frescas y procesadas que brinden seguridad y contribuyan positivamente a la salud y la nutrición de los consumidores (Lupín *et al.,* 2010; González y Lacaze, 2012). Dado que en Argentina la "papa integrada" aún no se encuentra disponible para su comercialización, la estrategia de investigación plantea una situación simulada de compra que permite obtener una medida de la valoración hipotética del producto.

Los datos provienen de una encuesta realizada en junio de 2009 a una muestra estrati-

ficada aleatoria de hogares de la ciudad de Mar del Plata, principal centro de consumo de la zona núcleo papera del sudeste bonaerense. Las preferencias se indagan aplicando el Método de Valoración Contingente (MVC), para luego estimar un modelo econométrico y, finalmente, calcular una media muestral de la disposición a pagar de los consumidores.

Materiales y métodos

Los mercados hipotéticos y el MVC

La obtención de medidas de valoración económica para productos novedosos requiere simular la existencia de un mercado. Asumiendo que las respuestas brindadas proporcionan el mismo nivel de satisfacción que las decisiones reales, en dichos escenarios hipotéticos una muestra de individuos representativa de la población consumidora manifiesta sus preferencias e intención de comprar el producto en cuestión (Mitchell y Carson, 1989). Las metodologías más utilizadas son Valoración Contingente (MVC) y los Experimentos de Elección (EE).

El MVC resulta apropiado para evaluar un producto en su totalidad, mientras que los EE focalizan en el conjunto de atributos que conforman un bien, involucrando la construcción de múltiples escenarios y solicitando la elección de una o varias alternativas (Naidoo y Adamowicz, 2005). Ambas metodologías pueden ser combinadas con estrategias de laboratorio, como las subastas experimentales (Lusk y Shogren, 2007).

Según Grunert *et al.* (2009), dos ventajas favorecen la implementación del MVC frente a las otras posibilidades de indagación. En primer término, el sesgo hipotético del MVC –la tendencia a sobreestimar la DAP por el producto en un contexto simulado– desaparece en las investigaciones con productos que poseen una baja participación en el presupuesto del consumidor. Por otra parte, el método presenta una mayor validez externa cuando se evalúa una propuesta de consumo que propone una calidad diferenciada frente a otro producto ya disponible en el mercado. En relación al presente estudio, la última Encuesta Nacional de Gasto de los Hogares (2004-2005) revela que la papa fresca tiene una baja participación en el presupuesto de los hogares argentinos (1,07% del gasto total en alimentos), aun cuando es la hortaliza más consumida. Por otra parte, los argentinos presentan un generalizado desconocimiento del concepto de "variedad" de papa, directamente asociado al hecho de que en el mercado interno se comercializa una única variedad en fresco, la Spunta[2], con una mala calidad organoléptica y culinaria (Rodríguez *et al.* 2012). Por lo tanto, desde la percepción de los consumidores, existe una única versión disponible de papa, que es de mala calidad.

Diversos estudios han empleado el MVC para analizar la aceptación o rechazo por parte de distintos segmentos de consumidores hacia hortalizas frescas que se incorporan en el mercado con ciertos atributos específicos. En relación a la aceptación y consumo de frutas y hortalizas en general, Boccaletti y Nardella (2000) analizan la DAP para adquirir estos productos libres de pesticidas en Italia, Peneau *et al.* (2009) hacen lo propio con consumidores suizos y Ngigi *et al.* (2010) analizan intención de compra de consumidores de Kenia.

El análisis de las percepciones vinculadas al riesgo de ingerir hortalizas con residuos de pesticidas y la DAP por alimentos libres de dichas sustancias han sido estudiados por Eom

2. Dicha variedad se comercializa a granel o fraccionada en bolsas de red; sea sucia, cepillada o lavada. Otras variedades cultivadas, como la Kennebec, se destinan casi exclusivamente a la industria.

(1994) y Buzby *et al.* (1998) en EE.UU., así como Crandfield y Magnusson (2003) en Canadá y Probst *et al.* (2010) en Ghana.

Larue *et al.* (2004) analizan la valoración las propiedades funcionales de hortalizas bajo producción orgánica, convencional y genéticamente modificadas en Canadá. Rodríguez *et al.* (2009) estiman la DAP por hortalizas frescas orgánicas en Argentina y Kuhar y Juvancic (2010) investigan a los eslovenos en relación a su intención de adquirir frutas y hortalizas orgánicas e integradas. Para el mercado estadounidense de alimentos orgánicos e integrados existen numerosas contribuciones, como los estudios pioneros de Weaver *et al.* (1992), Underhill y Figueroa (1996), Govindasamy e Italia (1997) y Thompson y Kidwell (1998).

En cuanto a estudios de papa en particular, Gil *et al.* (2000) estiman la DAP por papas frescas orgánicas en España; Hine *et al.* (2001) comparan la DAP por papas frescas orgánicas y libres de organismos genéticamente modificados en Estados Unidos y Bektas *et al.* (2011) analizan la DAP por papas frescas y congeladas en Turquía.

Algunos estudios focalizan en el impacto que generan ciertos atributos extrínsecos e intrínsecos del producto. Ernst *et al.* (2006) evalúan la incidencia de los aspectos organolépticos, como el aroma, el sabor y la apariencia externa. Onozaka *et al.* (2006) y Moser *et al.* (2011) analizan la conexión entre el consumo de estos alimentos y la salud. La importancia de la procedencia del producto es abordada en Thilmany *et al.* (2008). Haghiri *et al.* (2009) analizan la valoración de los atributos asociados a la protección del medio ambiente.

Indagación de preferencias y disposición a pagar

La implementación paramétrica del MVC sigue –en este trabajo– el enfoque de Hanemann (1984), quien modela el proceso decisorio asumiendo que algunos componentes de la función de utilidad son tratados como estocásticos:

$$U = V(p_i, Y, \pi, Z) + \varepsilon_i \qquad (1)$$

Donde U es la función de utilidad indirecta, V es la parte directamente observable; p_i es el precio del bien i, Y es el ingreso del consumidor y ε_i es el término de error estocástico. Al postular que la elección de los bienes se explica por los atributos y características que éstos poseen, la teoría de demanda de Lancaster (1966) permite incluir otras variables explicativas de tipo socio-demográfico (Z) y actitudinal (π). Entre estas últimas se encuentra la preferencia por un determinado proceso productivo, variable que añade al esquema decisorio una medida del grado de aversión a los riesgos alimentarios (Eom, 1994).

Siguiendo la línea de estudios precedentes, el modelo econométrico propuesto postula que, mientras un conjunto de variables opera sobre la función de utilidad, otro grupo hace lo propio sobre la restricción de ingresos (Berges y Hedo, 2011). A tal fin, en la encuesta a hogares se formula una pregunta que indaga si el participante pagaría un mayor precio para obtener una papa fresca procedente de la agricultura integrada. Luego se solicita expresar la suma máxima de dinero que abonaría a tal fin.

Si bien este formato de indagación resulta consistente con el proceso decisorio del consumidor –de tipo secuencial–, conduce a observar parcialmente el vector de características que definen el valor de la DAP: la parte conformada por los casos que responden afirmativamente a la primera pregunta. Sin embargo, una respuesta negativa sólo sería indicativa de la falta de intención de pagar una suma *adicional* de dinero para adquirir el producto, aún cuando el mismo pudiera ser valorado positivamente por el participante.

Esta censura en los datos introduce un sesgo de selección en los valores que intervienen en

la estimación de la función de comportamiento (Wooldridge, 2002). Se aplica entonces la corrección propuesta por Heckman (1979) que incluye un análisis de regresión en dos etapas. El modelo econométrico fue estimado mediante el procedimiento Heckit en dos etapas del software Gretl 1.8.7[3]. La ecuación de selección del modelo queda expresada como:

$$z_i^* = \varpi_i\gamma + u_i \ (i = 1, \ldots N) \qquad (2)$$

Donde z_i^* es la variable latente inobservable; γ es un vector de parámetros $K \times 1$; ϖ_i es un vector fila $1 \times K$ de observaciones en K variables exógenas y u_i es el término de error. La variable dependiente observada z_i es discreta y toma el valor 1 si se pagaría una suma adicional para adquirir papa fresca integrada y 0 en el caso contrario, de modo que:

$$z_i^* = 1 \text{ si } z_i^* > 0;\ z_i = 0 \text{ si } z_i^* \leq 0$$

La ecuación primaria o estructural que propone la corrección de Heckman está constituida por las variables que explican el máximo diferencial de precio que los participantes abonarían:

$$y_i = x_i\beta + \varepsilon_i \ (i = 1, \ldots n \text{ siendo } N > n) \qquad (3)$$

Donde y_i es la variable aleatoria observable; β es un vector de parámetros $M \times 1$; x_i es un vector de variables exógenas $1 \times M$ y ε_i es el término de error. Los errores de las ecuaciones (2) y (3) siguen una distribución normal bivariada con media igual a cero, varianza igual a uno y coeficiente de correlación $\rho_{\mu\varepsilon}$. El procedimiento de estimación se basa en la siguiente función de regresión condicional:

$$E(y_i \mid z_i > 0) = E(y_i \mid z_i > \varpi_i\gamma) = x_i\beta + \varepsilon_i + E(\varepsilon_i \mid \mu_i > -\varpi_i) \qquad (4)$$

El estimador del ratio de Mills, λ_i, depende de los parámetros de la ecuación (2) estimados mediante un procedimiento Probit y refleja todas las propiedades que quedan agregadas en el término de error de dicha ecuación. En la ecuación (3), la estimación de los parámetros β se efectúa mediante una regresión mínimo cuadrática en x_i y $\widehat{\lambda}_i$ que emplea únicamente las observaciones no censuradas.

Posteriormente se calcula una media muestral de la DAP a través del modelo de Turnbull (1976), quien desarrolla la estimación no paramétrica de una variable aleatoria con valores reales para datos muestrales incompletos debido a restricciones de censura. El estimador obtenido es irrestricto, de libre distribución y robusto entre diferentes distribuciones. En base a Habb y McConnell (1998), se obtiene la estimación del límite inferior del intervalo que contiene a la media de la DAP a través de:

$$\sum_{j=\mathbf{0}}^{M^*} t_j \times f_{j+\mathbf{1}}^* \qquad (5)$$

Donde t_j son los diferenciales de precio y f_j es el estimador Turnbull, obtenido como la diferencia entre la distribución acumulada F_j y la inmediatamente anterior, F_{j-1}. En tanto que la varianza se calcula a través de la siguiente expresión:

$$\sum_{j=\mathbf{1}}^{M} \frac{F_j\left(1 - F_j\right)}{T_j}\left(t_j - t_{j-\mathbf{1}}\right)^{\mathbf{2}} \qquad (6)$$

Siendo M el total de submuestras independientes del total T de participantes que genera cada diferencial de precio t_j.

Datos

Los datos empleados provienen de una encuesta destinada específicamente a indagar sobre el consumo de papa fresca y proce-

3. http://gretl.sourceforge.net/

sada en hogares, realizada a una muestra estratificada aleatoria de hogares de la ciudad de Mar del Plata en el mes de junio de 2009. A partir de la proyección poblacional estimada para dicho año por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, se seleccionó una muestra estratificada proporcional de 500 hogares.

La estratificación se realizó en base a las áreas operativas (fracciones) en que habían sido divididas las jurisdicciones políticas autárquicas subprovinciales (partidos) para llevar a cabo el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001[4]. En cada estrato, el tamaño de una muestra aleatoria simple de manzanas (cuadras) fue definida en base a la participación relativa de la población del estrato en el total de la ciudad. Con el mismo criterio se calculó la cantidad de casos (hogares) por estrato.

Los encuestadores entrevistaron únicamente a personas que declararan ser responsables de las compras de alimentos y la preparación de las comidas del hogar. Cada punto de muestra debía ser recorrido en sentido horario, llamando a la primera vivienda disponible. Si en la misma se encontraba la persona responsable de adquirir y preparar los alimentos, se realizaba la encuesta, luego de lo cual se salteaban tres viviendas para llamar a la cuarta. En caso de no realizarse la encuesta se proseguía con el recorrido, llamando a la siguiente vivienda disponible.

El instrumento de recolección es un cuestionario estructurado, con preguntas abiertas y cerradas distribuidas en bloques. En el primero, se indaga las motivaciones que guían las compras de alimentos. Se exploran las opiniones en cuestiones que vinculan a la alimentación con el cuidado de la salud. Se pregunta por la frecuencia de compra y de consumo de papas frescas y procesadas y los canales de comercialización empleados. Se indaga la valoración de atributos intrínsecos de la papa, como variedades y nutrientes; así como otros extrínsecos: color, textura, forma, tamaño, aroma, sabor, precio.

El segundo bloque explora el nivel de conocimiento del concepto de variedad de papa. Se pregunta por el precio que el hogar paga, en promedio, por un kilogramo de papa fresca. Se indagan las percepciones de riesgo para la salud asociadas al contenido de residuos de agroquímicos. Se explora el grado de conocimiento del sistema de producción integrada, presentando luego una posible definición. La sección culmina con la presentación del siguiente escenario hipotético:

> *Imagine que en la verdulería, supermercado o negocio donde compra habitualmente papas, hay papas obtenidas con el sistema de producción integrada (manejo integrado de plagas). Piense en el precio que paga habitualmente por un kilogramo de papa fresca. ¿Pagaría un poco más por un kilogramo de "papa integrada"? ¿Cuánto más estaría dispuesto a pagar?*

Finalmente, el formulario recolecta los datos demográficos y socio-económicos del hogar.

Caracterización de la muestra

La Tabla 1 presenta la caracterización socioeconómica y demográfica de la muestra de hogares que participaron del relevamiento. La edad promedio del encuestado es de 51 años. El hogar promedio está conformado por tres personas.

---

4. La República Argentina está formada por 24 provincias y una ciudad autónoma (Buenos Aires). Cada provincia está compuesta por jurisdicciones autárquicas, denominadas partidos, municipios o departamentos que, a los fines del operativo censal de población, se subdividen en fracciones, radios y segmentos censales. El último Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas fue llevado a cabo en octubre de 2010.
Mar del Plata es la ciudad cabecera del Partido de General Pueyrredon, situado en la provincia de Buenos Aires, sobre la costa del Océano Atlántico. Con el 1,5% de la población total, es la séptima ciudad del país.

Tabla 1. Características socio-económicas y demográficas de los hogares de la muestra
Table 1. Socio-economic and demographic sample characterization

Variable	Categorías	%
Del integrante del hogar que fue encuestado		
Género	Masculino	21
	Femenino	79
Nivel educativo	Hasta primario incompleto	6
	Primario completo	25
	Secundario incompleto	15
	Secundario completo	23
	Terciario/Universitario incompleto	14
	Terciario/Universitario completo	16
	Posgrado (completo o no)	0,6
	Sin respuesta	0,4
Edad	18-34 años	22
	35-59 años	42
	> 59 años	35
	Sin respuesta	0,6
Ocupación	Trabaja	45
	Desocupado	2
	Jubilado/Pensionado	27
	Ama de casa	22
	Estudiante	3
	Sin respuesta	0,6
Del hogar		
Tamaño del hogar	1-2 integrantes	38
	3-4 integrantes	42
	> 4 integrantes	20
Ingreso mensual del hogar	≤ $1.500	25
	$1.501-$3.000	33
	$3.001-$6.000	16
	$6.001-$8.000	3
	> $8.000	1
	Sin respuesta	23
Cantidad de perceptores de ingreso	1-2 perceptores	81
	> 2 perceptores	15
	Sin respuesta	3

Notas: n = 500. Tipo de cambio promedio Euro-Peso argentino del mes de junio de 2009: € 1 = $5,26.
Fuente: elaboración propia.
Notes: n = 500. Euro-Peso exchange rate (monthly average in June, 2009): € 1 = $5.26.
Source: Own elaboration.

Los resultados obtenidos en Lupín *et al.* (2010) –cuya fuente de datos es la encuesta a hogares que se utiliza en este trabajo– permitió identificar dos conjuntos de variables que a priori se esperaba estuvieran relacionadas con la valoración general del producto y con la máxima suma de dinero que se pagaría por el mismo, respectivamente. De dichos conjuntos, las variables que resultaron estadísticamente significativas al estimar el procedimiento Heckit (Tabla 2) fueron incluidas en el modelo final, que emplea la totalidad de los casos sin datos faltantes. Estos ascienden a 327 observaciones que representan el 65% de la muestra total. Los casos incompletos son los que omitieron brindar información socio-económica y/o demográfica, fundamentalmente el ingreso del hogar, pero también la edad, el nivel educativo o la condición ocupacional del participante encuestado, tal como se puede observar en la Tabla 1.

Resultados

La Tabla 3 proporciona los estadísticos descriptivos correspondientes a los precios pagados habitualmente por los hogares para adquirir la papa fresca disponible en el mercado; así como respecto de la frecuencia de consumo de dicho alimento y el volumen adquirido semanalmente. Se advierte el sesgo negativo en la distribución de las tres variables analizadas, por lo que resulta útil evaluar los valores de sus respectivas medianas. En particular, dado el amplio rango de precios y debido a que las compras son realizadas fundamentalmente en verdulerías (75% de los casos), el precio pagado guarda relación con el barrio donde se adquiere papa fresca, así como con el volumen adquirido por los hogares (Lupín *et al.,* 2010).

Los parámetros estimados se presentan en la Tabla 4.

De acuerdo al valor de probabilidad asociado al estadístico z, las variables incluidas en la ecuación de selección resultan estadísticamente significativas. Los resultados indican que los hogares que tienen más chances de estar dispuestos a pagar un diferencial de precio para adquirir papa fresca integrada, son aquéllos donde el entrevistado trabaja o estudia. Ello daría cuenta de una posible relación positiva entre el contexto informacional de este perfil particular de encuestados y su capacidad de valorar positivamente la existencia de este producto diferenciado, que se ve traducida en una intención de pagar más por el producto.

Los hogares que abonarían una suma adicional por esta papa no mencionan a la ausencia de residuos de agroquímicos en los alimentos (en general) como motivo que guíe sus compras. De manera que tales sustancias parecerían no constituir una preocupación manifiesta para estos hogares que pagarían más por adquirir un producto de la agricultura integrada. Pero, por otra parte, quienes mencionan al cuidado de la salud y al contenido nutricional de los alimentos como motivaciones que guían las compras de dichos productos declaran estar dispuestos a pagar más para adquirir papa fresca integrada. Por lo tanto, aunque pareciera no existir una preocupación por el contenido de residuos de agroquímicos, se otorga importancia al cuidado de la salud y al aporte de nutrientes que los alimentos proveen. Este resultado queda reforzado por el hecho de que los hogares interesados en la conexión entre la alimentación y la salud conocen los nutrientes que aporta el consumo de papa fresca.

Adicionalmente, quienes pagarían más para adquirir papa integrada consideran que el precio de esta hortaliza señaliza correctamente su calidad. Cabe aclarar que, al indagar en la relación entre precio y calidad del producto, no se ofreció a los participantes una definición del concepto "calidad", dejando el mismo a libre interpretación del en-

Tabla 2. Descripción de las variables incluidas en el modelo
Table 2. Model's variables description

Variable	Descripción	Media o %
	Ecuación de selección	
DAP	Variable dependiente binaria: 1 = Pagaría más por un kilogramo de papa fresca integrada 0 = Caso contrario	0,76
Ocupación	Ocupación del encuestado: 1 = Ama de casa, 0 = Caso contrario[1]	0,24
Agroquím	Ausencia de residuos agroquímicos en los alimentos (en general) como motivo que guía las compras de alimentos: 1 = Si, 0 = Caso contrario	0,14
Conoce-Var	Conoce variedades de papa: 1 = Si[2], 0 = Caso contrario	0,19
Conoce-Nut	Conoce los nutrientes que aporta el consumo de papa: 1 = Si[3], 0 = Caso contrario	0,40
Salud-Nut	Cuidado de la salud y contenido nutricional de los alimentos (en general) como motivos que guían las compras de alimentos: 1 = Si, 0 = Caso contrario	0,44
Precio-Cal	El precio de la papa es un buen indicador de calidad del producto: 1 = Si, 0 = Caso contrario	0,33
Edad	Edad del encuestado (años)	50,7
	Ecuación estructural	
Cuanto-DAP	Variable dependiente continua: Suma adicional de dinero que pagaría por un kilogramo de papa fresca integrada ($/kg)	0,665
Frec-Cons	N° de veces por semana que se consume papa fresca en el hogar	3,26
Ingreso	Ingreso mensual del hogar: 1 = $3000-$4000 0 = Caso contrario	0,13
Cepillada	El hogar prioriza la compra de papa cepillada 1 = Si, 0 = Caso contrario	0,16
λ	Regresor de selectividad estimado en la Etapa 1	–

Notas: n = 327 casos. (1) Trabaja, está desocupado o estudia. (2) Mencionando correctamente una o más variedades comercializadas en fresco. (3) Mencionando correctamente uno o más nutrientes contenidos en la papa. Fuente: elaboración propia.

Notes: n = 327 cases. (1) Respondent who works, studies or unemployed. (2) One or more varieties that are sold in fresh are mentioned by the respondent. (3) One or more nutrients provided by potato consumption are mentioned by the respondent.

Tabla 3. Precios pagados, frecuencia de consumo y volúmenes adquiridos de papa fresca convencional
Table 3. Conventional potato paid prices, frequencies of consumption, and purchased volumes

Estadísticos descriptivos	Precio pagado ($/kg)	Consumo (comidas/semana)	Compras (kg/semana)
Media	1,69	3,30	3,80
Desvío estándar	0,55	1,58	3,13
Mínimo	0,60	0,00	0,00
Máximo	4,00	14,00	30,00
Moda	2,00	3,00	2,00
Mediana	2,00	4,00	5,00

Nota: n = 327. Fuente: elaboración propia.
Note: n = 327. Source: Own elaboration.

cuestado. Pese a esta salvedad, el resultado obtenido indica que estos participantes pagarían más por una papa que consideran de mejor calidad, como la presentada en el escenario hipotético de compra, lo cual constituye una oportunidad para posicionar el producto en un segmento de la población que asocia precio con calidad.

Finalmente, quienes gastarían más dinero en su consumo habitual de papa, si pudieran adquirir una variante producida bajo manejo integrado, son relativamente más jóvenes que quienes no pagarían más por este producto.

La ecuación estructural del modelo resulta significativa e indica que la suma máxima de dinero que los consumidores pagarían por un kilogramo de papa fresca integrada está explicada por el nivel de ingresos del hogar, el regresor de selectividad λ y dos variables referidas a las preferencias de consumo.

Los coeficientes β estimados (Tabla 4) pueden ser interpretados como efectos marginales pues las variables explicativas de la ecuación estructural no se incluyen en la ecuación de selección (Greene, 1997; Siegelman y Zeng, 1999). De esta manera, el diferencial de precio presenta un valor inicial de $1,13 por kilogramo que se ve incrementado en 21 centavos para los hogares que declaran entre $3.000 y $4.000 de ingresos mensuales –el segmento de ingresos que potencialmente consumiría esta papa– frente a otros hogares de menores pero también mayores niveles de ingreso.

Por su parte, dicho valor inicial de $1,13 por kilogramo aumenta en 5 centavos entre quienes priorizan habitualmente la compra de papa convencional cepillada. Por lo tanto, estos hogares que ya están abonando un diferencial de precio en relación a la papa convencional sucia, gastarían aún un poco más para adquirir papa integrada. Finalmente se verifica una relación inversa entre la frecuencia de consumo y el precio máximo que se abonaría, puesto que el diferencial de precio se ve reducido en 2 centavos por cada consumo adicional en la semana.

La Tabla 4 reporta el coeficiente del regresor de selectividad, $\rho_{\mu\varepsilon}$ = -0,576. Según el contraste del sesgo de selección, dicho regresor es estadísticamente distinto de cero (Wooldridge, 2002). El signo negativo señala que,

Tabla 4. Resultados de la estimación en dos etapas de la DAP
Table 4. Results from the two-stage WTP's estimation

Ecuación de selección		Ecuación estructural	
Variables (ϖ_i)	γ	Variables (x_i)	β
Constante	0,708 ***	Constante	1,128 ***
	(0,265)		(0,164)
Ocupación	-0,305 *	Frec-Cons	-0,021 *
	(0,169)		(0,0059)
Agroquím	-0,644 **	Ingreso	0,213 *
	(0,252)		(0,109)
Conoce-Var	0,349 *	Cepillada	0,049 *
	(0,104)		(0,0137)
Conoce-Nut	0,327 *	λ	-0,576 **
	(0,177)		(0,265)
Salud-Nut	0,385 **		
	(0,173)		
Precio-Cal	0,317 **		
	(0,161)		
Edad	-0,0088 **		
	(0,0043)		
Casos incluidos			327
Casos censurados			86
Log-verosimilitud del modelo			-284,80 **
Valor medio para Cuanto-DAP			0,832
Desvío estándar para Cuanto-DAP			0,601
σ			0,707
$\rho_{\mu\varepsilon}$			-0,813

Notas: Se reportan entre paréntesis los errores estándar de los parámetros estimados. Cuanto-DAP es la variable dependiente de la ecuación estructural (ver Tabla 2).

Notes: The standard errors are given in parentheses. "Cuanto-DAP" is the dependent variable of the structural equation (see Table 2).

de haberse excluido del análisis a los participantes que revelaron su "no intención" de pagar más, se hubiera sobreestimado el valor medio de la DAP. En consecuencia, la corrección aplicada reduce el diferencial de precio en 57,6 centavos por kilogramo de papa.

Dado que $\rho_{\mu\varepsilon}$ = -0,813, los residuos en ambas etapas del procedimiento Heckit están correlacionados negativamente. Ello implica que factores no observados que afectan positivamente a la probabilidad de estar dispuesto a pagar más por la papa de agricultura integrada, a su vez inciden negativamente en la suma de dinero que se pagaría.

La Tabla 5 presenta la distribución de frecuencias de los diferenciales de precio que los hogares abonarían para adquirir este alimento, verificándose la condición de monotonicidad del estimador de Turnbull.

Dicha estimación no paramétrica indica que, con un error aleatorio del 5%, la media muestral de la DAP se ubica entre $0,724 y $0,732 por kilogramo (Tabla 6).

Tabla 5. Diferenciales de precio que se pagarían para adquirir papa fresca integrada
Table 5. Price premium that would be paid if buying fresh integrated potato

DAP ($/kg declarados)	Casos	%
No pagaría más	86	26,3
Hasta $0,50 más por kg	110	33,6
Hasta $1,00 más por kg	90	27,5
Hasta $1,50 más por kg	13	4,0
Hasta $2,00 más por kg	18	5,5
Hasta $3,00 más por kg	10	3,1
Total	327	100,0

Nota: n = 327.
Note: n = 327.

Tabla 6. Estimación no paramétrica de la DAP por papa fresca integrada
Table 6. Non parametric estimation of WTP for fresh integrated potato

t_j	N_j	F_j	Turnbull (f_j)	DAP ($/kg)
Hasta $0,50 más por kg	15	0,120	0,120	0,040
Hasta $1,00 más por kg	35	0,280	0,160	0,236
Hasta $2,00 más por kg	94	0,752	0,472	0,252
Hasta $3,00 más por kg	115	0,920	0,168	0,200
Diferencia	–	1,000	0,080	
DAP estimada				0,728
Varianza estimada				0,002
Desvío estándar estimado				0,047
Intervalo de confianza al 95%				0,724 - 0,733

Discusión

El PNFHA 1127 comenzó a desarrollarse en el año 2006, con el objetivo de desarrollar variedades de papa cuya adopción contribuiría directamente a reducir los requerimientos de agroquímicos que demanda el cultivo convencional de esta hortaliza. Un elemento clave para el éxito del proyecto es el conocimiento y la aceptación, por parte de los consumidores, del sistema de agricultura integrada. A tal fin, resulta imprescindible desarrollar una

efectiva comunicación de las externalidades positivas del sistema, así como una apropiada señalización de los atributos presentes en esos alimentos que no son observables para los consumidores, como los vinculados con la inocuidad.

Extrapolando los resultados de la Tabla 6 para la población total de la ciudad de Mar del Plata –que, según la proyección poblacional del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, ascendía a 600.000 habitantes en 2009– se puede calcular la variación compensada de la renta como medida del beneficio global generado por la introducción del producto en el mercado. Según FAOSTAT, el consumo anual promedio de papa fresca por habitante en Argentina, en los últimos diez años, es de 40 kilogramos. Bajo el supuesto de que todo el consumo de papa fresca proviniera del sistema de agricultura integrada, se generaría un incremento máximo en el bienestar de los consumidores marplatenses equivalente a 17,5 millones de pesos al año. Descontando la proporción de hogares que manifestaron su rechazo a pagar una suma adicional de dinero para adquirir el producto (26,3%), el bienestar de los consumidores se vería anualmente incrementado en 12,9 millones de pesos. Sin embargo, una medida de bienestar que permita evaluar la viabilidad de implementar este sistema productivo sustentable requiere, por un lado, estimar la DAP por papa integrada en otros importantes centros de consumo, como la ciudad de Buenos Aires y su conurbano, a donde se remite la mayor parte de la producción del sudeste bonaerense. Por otro lado, resulta imprescindible elaborar una estimación de los costos y beneficios, sociales y privados, derivados de la producción y el consumo de papa integrada.

El modelo estimado señala que, en los hogares donde la persona encargada de comprar y elaborar alimentos trabaja o estudia, la probabilidad de estar dispuesto a pagar más para adquirir papa fresca integrada es mayor que en los hogares donde el decisor de compras sólo se dedica a las tareas domésticas. Si bien este resultado daría cuenta de la capacidad de valoración del sistema de producción integrada en ese perfil específico de respondentes trabajadores y estudiantes, señalando una posible relación positiva entre la intención de pagar más por el producto y el contexto informacional de esas personas, no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas, comparando ambos perfiles de participantes, en la correlación entre su nivel educativo y su intención de adquirir el producto, como tampoco entre aquél y la suma de dinero que abonarían por este alimento.

El contenido de residuos de agroquímicos en los alimentos (en general) no constituiría una preocupación manifiesta por los hogares que afirman estar dispuestos a pagar más para adquirir papa fresca proveniente de la agricultura integrada; resultado que también fue verificado por Govindasamy e Italia (1997) y Probst *et al.* (2010). Sin embargo, un análisis más riguroso debe aislar los efectos parciales de las relaciones que se pueden establecer entre las percepciones de riesgos alimentarios, el nivel de educación y la DAP.

Eom (1994), Govindasamy e Italia (1997), Boccaletti y Nardella (2000), Haghiri *et al.* (2009) y Probst *et al.* (2010), entre otros, corroboran una asociación negativa entre el nivel de educación y/o de información disponible y el grado de aversión al riesgo alimentario asociado a la ingesta de alimentos con contenidos tóxicos, argumentando que los consumidores ponen en juego ciertas habilidades personales para procesar y comprender la información concerniente a riesgos alimentarios y, en función de su nivel de escepticismo en torno al nivel de seguridad o inseguridad alimentaria que pueden brindar ciertos alimentos, eligen consumirlos o no hacerlo. En tal sentido se encuadran los resultados obtenidos en Lupín *et al.* (2010) con la misma fuente de información empleada en

este trabajo, que indican que al aumentar el nivel educativo se reducen las chances de considerar a la ausencia de agroquímicos como motivo de compra de alimentos.

Por otra parte, algunos estudios hallan que la DAP está positivamente relacionada con las percepciones de riesgo vinculadas al contenido de pesticidas (Boccaletti y Nardella, 2000; Crandfield y Magnusson, 2003; Larue *et al.,* 2004; Ghorbani y Hamraz, 2009; Haghiri *et al.,* 2009; Rodríguez *et al.,* 2009). Finalmente, otras investigaciones encuentran que la relación entre el nivel educativo de los consumidores y su DAP por alimentos libres de pesticidas es positiva (Magnusson y Crandfield, 2005; Haghiri *et al.,* 2009).

Aunque los resultados hasta aquí comentados señalan que, en términos generales, no existiría una preocupación por el contenido de residuos de agroquímicos, se advierte la importancia adjudicada al cuidado de la salud y, a través del mismo, al aporte de nutrientes que los alimentos proveen. En particular, esos hogares a quienes les importa el cuidado de la salud conocen los nutrientes que aporta el consumo de papa fresca: potasio, fibra alimentaria, proteínas, carbohibratos. Gil *et al.* (2000), Onozaka *et al.* (2006), Rodríguez *et al.* (2009), Kuhar y Juvancic (2010) y Moser *et al.* (2011) también obtienen evidencia a favor del cuidado de la salud como motivación principal para adquirir hortalizas procedentes de sistemas productivos sustentables. Asimismo, dichos estudios señalan que el estilo de vida, vinculado con una actitud de mayor atención hacia la alimentación y las preocupaciones por la preservación ambiental, son los factores que mejor aproximan a la DAP. Al respecto, cabe señalar que la preservación ambiental no constituye una preocupación importante entre los argentinos (Rodríguez *et al.,* 2009; 2012), al igual que lo que ocurre en otros países (Boccaletti y Nardella, 2000; Kuhar y Juvancic, 2010).

En el relevamiento realizado, las percepciones de riesgo para la salud vinculadas al contenido de agroquímicos en hortalizas también fue indagada al solicitar que los participantes puntuaran, en una escala de 0 a 10, el nivel de riesgo para su salud que, en su opinión, está asociado al contenido de estas sustancias en dichos alimentos (Lupín y Lacaze, 2011). El valor promedio fue de 9 puntos, por lo que estos consumidores consideran muy elevado el nivel de riesgo alimentario derivado de la ingesta de hortalizas con residuos de agroquímicos. No obstante, con casi nula variabilidad en las puntuaciones brindadas, la variable no resultó significativa en el modelo econométrico estimado.

El hecho de que, para quienes pagarían más por este producto, el precio de la papa señaliza correctamente su calidad, constituiría una oportunidad para posicionar este producto en el mercado, aunque ello debería incluir un apropiado esquema de señalización, tal como concluyen al respecto Hine *et al.* (2001), Larue *et al.* (2004) y González y Lacaze (2012) en cuanto a la necesidad de los hogares de poder verificar la calidad superior de los alimentos que desean adquirir y por los cuales pagarían un diferencial extra de precio. Estos hallazgos resultan alentadores en base a lo discutido en Govindasamy e Italia (1997), Gil *et al.* (2000), Onozaka *et al.* (2006) y Kuhar y Juvancic (2010), quienes señalan a los elevados precios como importantes limitaciones a la expansión de la demanda de productos frescos provenientes de sistemas agrícolas sustentables.

Se verifica asimismo una relación inversa entre la intención de pagar más por este alimento y la edad del respondente, resultado que concuerda con lo hallado por Govindasamy e Italia (1997), Ernst *et al.* (2006), Onozaka *et al.* (2006) y Bektas *et al.* (2011). Contrariamente, en otros estudios se verifica una relación directa entre la edad y la disposición a pagar (Boccaletti y Nardella, 2000; Crandfield y Magnusson, 2003; Haghiri *et al.,* 2009; Ghorbani y Hamraz, 2009; Ngigi *et al.* 2010).

La suma máxima de dinero que se abonaría para adquirir papas procedentes de la agricultura integrada se ve incrementada entre los consumidores que priorizan la compra de papa convencional cepillada, pero se ve disminuida entre aquellos hogares que presentan una mayor frecuencia de consumo. Además, el diferencial de precio aumenta para los hogares que declaran entre $3.000 y $4.000 de ingresos mensuales frente a otros hogares de menores pero también de mayores niveles de ingreso. Estos resultados se explican por la elasticidad-ingreso de este producto, que se comporta como bien normal para algunos segmentos de ingresos pero como bien inferior para otros (Hine *et al.,* 2001; Ngigi *et al.* 2010; Caracciolo y Cembalo, 2010; Bektas *et al.,* 2011; González y Lacaze, 2012).

Otras consideraciones en relación a la elasticidad-ingreso se vinculan con la frecuencia de consumo, variable que resultó significativa en el modelo estimado, así como el tamaño del hogar, variable que no resultó significativa por presentar colinealidad con la primera. Para los hogares argentinos con menores ingresos, la papa fresca es un alimento básico y rendidor, cuyo consumo aumenta cuanto más grande es la familia. Por lo tanto, el diferencial de precio entre la papa convencional y la integrada presentaría a esta última como un producto relativamente caro (Crandfield y Magnusson, 2003). Por su parte, los hogares cuyos mayores ingresos permitirían adquirir papas frescas de calidad diferenciada suelen presentar un consumo relativamente menor que el observado en sectores de ingresos más bajos, pues orientan sus preferencias hacia productos industrializados, como las papas prefritas o el puré de papas, que demandan un menor tiempo de elaboración dado que prácticamente se encuentran listos para su consumo (Hine *et al.,* 2001; Bektas *et al.,* 2011).

Resulta de gran importancia estimular la realización de este tipo de estudios de consumo en otras importantes ciudades del país, así como en relación a un espectro más amplio de alimentos, teniendo en cuenta la mayor participación relativa que algunos de ellos presentan en la canasta alimentaria, para evaluar la viabilidad de adoptar un esquema global de producción integrada de hortalizas en Argentina.

Bibliografía

Bektas Z, Miran B, Uysal O, Günden C, Cankurt M (2011). Demand analysis for frozen food in Turkey: Case of Izmir. African Journal of Agricultural Research 6(6): 1508-1518.

Berges M, Hedo J (2011). Estimaciones de la disposición a pagar por atributos de calidad en los alimentos. FACES 17(36-37): 7-31.

Boccaletti S, Nardella M (2000). Consumer willingness to pay for pesticide-free fresh fruit and vegetables in Italy. International Food and Agribusiness Management Review 3(3): 297-310.

Buzby J, Fox J, Ready R, Crutchfield S (1998). Measuring consumer benefits of food safety risk reductions. Journal of Agricultural and Applied Economics 30(1): 69-82.

Caracciolo F, Cembalo L (2010). Traceability and demand sensitiveness: Evidences from Italian fresh potatoes consumption. International Journal of Food System Dinamics 1(4): 352-365.

Crandfield J, Magnusson E (2003). Canadian consumer's willingness-to-pay for pesticide free food products: An ordered probit analysis. International Food and Agribusiness Management Review 6(4): 13-30.

Eom Y (1994). Pesticide residue risk and food safety valuation: A random utility approach. American Journal of Agricultural Economics 76(4): 760-771.

Ernst S, Batte M, Darby K, Worley T (2006). What matters in consumer berry preferences: Price? Source? Quality? Journal of Food Distribution Research 37(1): 68-71.

Gil J, Gracia A, Sánchez M (2000). Market segmentation and willingness to pay for organic pro-

ducts in Spain. International Food and Agribusiness Management Review, 2 (3-4): 207-26.

González J, Lacaze V (2012). Preferences, market structure, and welfare evaluations in the Argentinean FFP industry: a case in Buenos Aires Province. Agribusiness 28(3): 341-360.

Ghorbani M, Hamraz S (2009). A survey on factors affecting on consumer's potential willigness to pay for organic products in Iran (A case study). Trends in Agricultural Economics 2(1): 10-16.

Govindasamy R, Italia J (1997). Consumer response to integrated pest management and organic agriculture: An econometric analysis. New Jersey Agricultural Experiment Station, P-02139-1-01. The State University of New Jersey, Rutgers.

Greene, W (1997). Econometric Analysis, New York: Macmillan.

Grunert K, Juhl H, Esbjerg L, Jensen B, Bech-Larsen T, Brunso K, Madsen C (2009). Comparing methods for measuring consumer willingness to pay for a basic and an improved ready made soup product. Food Quality and Preference 20(8): 607-619.

Habb T, McConnell K (1998). Referendum models and economic values: Theoretical, intuitive, and practical bounds on willingness to pay. Land Economics 74(2): 216-229.

Haghiri M, Hobbs J, McNamara L (2009). Assessing consumer preferences for organically grown fresh fruit and vegetables in Eastern New Brunswick. International Food and Agribusiness Management Review 12(4):81-100.

Hanemann W (1984). Welfare evaluations in contingent valuation experiments with discrete responses. American Journal of Agricultural Economics 66(3): 332-341.

Heckman J (1979). Sample selection bias as a specification error. Econometrica 1(1): 153-161.

Hine S, Loureiro M, Meyer S (2001). Marketing Colorado potatoes as a value-added product: A case study. Journal of Food Distribution Research 32(3): 45-53.

Kuhar A, Juvancic L (2010). Determinants of purchasing behaviour for organic and integrated fruit and vegetables in Slovenia. Agricultural Economics Review 11(2): 70-83.

Lancaster K (1966). A new approach to consumer theory. Journal of Political Economy 74(2): 132-157.

Larue B, West G, Gendron C, Lambert R (2004). Consumer response to functional foods produced by conventional, organic, or genetic manipulation. Agribusiness 20(2): 155-166.

Lupín B, Lacaze MV (2011). Detección de variables que influyen en la disposición a pagar por papas frescas integradas. XVI Reunión científica del Grupo Argentino de Biometría, Argentina, Octubre.

Lupín B, Rodríguez E, Lacaze MV (2010). Aspectos valorados en el consumo de un alimento funcional: El potencial de la papa fresca obtenida bajo el sistema de producción integrada. XLI Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria, Argentina, Octubre.

Lusk J, Shogren J (2007). Experimental Auctions: Methods and applications in economic and marketing research. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Magnusson E, Crandfield J (2005). Consumer demand for pesticide free food products in Canada: A probit analysis. Canadian Journal of Agricultural Economics 53(1): 67-81.

Mitchell R, Carson R (1989). Using surveys to value public goods: The contingent valuation method. Washington DC, US: Resources for the Future.

Moser R, Raffaelli R, Thilmany-McFadden D (2011). Consumer preferences for fruit and vegetables with credence-based attributes: A review. International Food and Agribusiness Management Review 14(2): 121-142.

Naidoo R, Adamowicz W (2005). Economic benefits of biodiversity exceed costs of conservation at an African rainforest reserve. Proceedings of the National Academy of Sciences 102(46): 16712-16716.

Ngigi M, Okello J, Largerkvist C, Karanja N, Mburu J (2010). Assessment of developing-country urban consumers' willingness to pay for quality of leafy vegetables: The case of middle and high

income consumers in Nairobi, Kenya. Paper presented at the 3rd African Association of Agricultural Economics, AAEA/ AEASA Conference, South Africa, September.

Onozaka Y, Bunch D, Larson D (2006). What exactly are they paying for? Explaining the price premium for organic fresh produce. Agricultural and Resources Economics 9(6): 1-4.

Peneau S, Linke A, Escher F, Nuessli J (2009). Freshness of fruits and vegetables: consumer language and perception. British Food Journal 111(3): 243-256.

Probst L, Aigelsperger L, Hauser M (2010). Consumer attitudes towards vegetable attributes: Potential buyers of pesticide-free vegetables in Accra and Kumasi, Ghana. Ecology of Food and Nutrition 49(3): 228-245.

Rodríguez E, Lacaze MV, Lupín B (2009). Willingness to pay for organic food in Argentina: Evidence from a consumer survey. En: Canavari M, Cantore N, Castellini A, Pignatti E, Spadoni R (Eds.) International marketing and trade of quality food products, pp. 297-314. Wageningen: The Netherlands, Wageningen Academic Publishers.

Rodríguez E, Lupín B, Lacaze V (2012). Factors affecting the frequency of fresh potatoes´ purchasing: An urban study case in Argentina. Economia Agro-Alimentare (2): 139-153.

Siegelman L, Zeng L (1999). Analyzing censored and sample-selected data with Tobit and Heckit models. Political Analysis 8(2): 167-182.

Thilmany D, Bond C, Keeling Bond J (2008). Going Local: Exploring consumer behavior and motivations for direct food purchase. American Journal of Agricultural Economics 90(5): 1303-1309.

Thompson G, Kidwell J (1998). Explaining the choice of organic produce: cosmetic defects, prices, and consumer preferences. American Journal of Agricultural Economics 80(2): 277-287.

Turnbull B (1976). The empirical distributions function with arbitrarily grouped, censored, and truncated data. Journal of the Royal Statistical Society Series B 38: 290-295.

Underhill S, Figueroa E (1996). Consumer preferences for non-conventionally grown produce. Journal of Food Distribution Research, 27: 56-66.

Weaver R, Evans D, Luloff A (1992). Pesticide use in tomato production: Consumer concerns and willingness-to-pay. Agribusiness, 8(2): 131-142.

Wooldridge J (2002). Econometric analysis of cross-section and panel data, Cambridge, MA: The MIT Press.

(Aceptado para publicación el 22 de mayo de 2013)

PREMIOS DE PRENSA AGRARIA 2014
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 2014. Consecuentemente, los originales deberán ser enviados de acuerdo con las normas de ITEA y aprobados por su Comité de Redacción.
3. El jurado estará constituido por las siguientes personas:
   a) Presidente de AIDA, que presidirá el jurado.
   b) Director de la revista ITEA, que actuará de Secretario.
   c) Director Gerente del CITA (Gobierno de Aragón).
   d) Director del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza.
   e) Director de la Estación Experimental de Aula Dei.
   f) Director del Instituto Pirenaico de Ecología.
4. El premio será anual y tendrá una dotación económica.
5. Las deliberaciones del jurado serán secretas, y su fallo inapelable.
6. El fallo del jurado se dará a conocer en la revista ITEA, y la entrega del premio se realizará con motivo de la celebración de las Jornadas de Estudio de AIDA.

ASOCIACION INTERPROFESIONAL
PARA EL DESARROLLO AGRARIO

itea
Información Técnica Económica Agraria

CONCESIÓN DEL PREMIO PRENSA AGRARIA 2013 DE AIDA

Presidente
Pere Albertí Lasalle

Secretaria
Clara Mª Marín Alcalá

Dª. Clara Mª Marín Alcalá, Directora de la revista ITEA, en calidad de Secretaria del Jurado para la concesión del Premio Prensa Agraria 2013 de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA).

Notifica que reunido el Jurado para la concesión del Premio Prensa Agraria 2013 el día 12 de febrero de 2014, en las instalaciones del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), del que forman parte el Presidente de AIDA que preside el Jurado, la Directora de la revista ITEA, el Director 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 el Director del Instituto Pirenaico de Ecología han decidido por unanimidad que el Premio Prensa Agraria 2013 ha recaído en **Belén Lahoz, José Folch, Pilar Sánchez** y **José Luis Alabart** por su artículo publicado en la revista ITEA titulado **"Caracterización del pico preovulatorio de LH en ovejas de Rasa Aragonesa portadoras o no del alelo *FecX*^{R} (ROA®)".**

Zaragoza 12 de febrero de 2014

EL PRESIDENTE DE AIDA
Pere Albertí Lasalle

INSCRIPCIÓN EN AIDA

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

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

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

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

En _____ , a ___ de _____ de 20__

Firma:

FORMA DE PAGO (CUOTA ANUAL: 42 EUROS)

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

DOMICILIACION BANCARIA

Sr. Director del Banco/Caja

Muy Sr. mío,

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

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

Atentamente,

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

NORMAS PARA LOS AUTORES (2014)

La revista ITEA es una publicación internacional revisada por pares que aparece en marzo, junio, septiembre y diciembre. De acuerdo con los fines de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA), ITEA publica artículos en español que hagan referencia a la Producción vegetal, Producción animal, Economía agroalimentaria, ya sea en formato de artículo de investigación, de revisión o de nota técnica. El envío de un artículo para que se considere su publicación en ITEA implicará que el mismo no haya sido publicado o enviado para publicar en cualquier otro medio de difusión o lenguaje, y que todos los coautores aprueben dicha publicación. Los derechos sobre todos los artículos o ilustraciones publicados serán propiedad de ITEA, que deberá recibir por escrito la cesión o copyright, una vez aceptado el artículo. La publicación de un artículo en ITEA no implica responsabilidad o acuerdo de ésta con lo expuesto, significando solamente que el Comité de Redacción lo considera de suficiente interés para ser publicado.

1. Envío de manuscritos y evaluación

Los manuscritos originales, en español, se enviarán a través de la página web de AIDA (http://www.aida-itea.org/). Para ello, los autores deberán registrarse en la aplicación correspondiente, 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 una carta de presentación en la que figure el título, los autores y una lista con 4 posibles evaluadores (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 evaluadores.

Los manuscritos que no cumplan las normas para autores de la revista ITEA serán devueltos para su rectificación. El editor correspondiente remitirá el manuscrito a dos revisores que conocerán la identidad de los autores, no así al contrario. En caso de que las evaluaciones de los dos revisores difieran de forma significativa, el manuscrito podrá ser enviado a un tercer evaluador.

Una vez aceptados, 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 sobre la publicación del manuscrito se comunicará a los autores, que, en caso de solicitarse, estarán obligados a modificar el artículo en el plazo de 3 meses desde su comunicación, antes de que sea aceptado definitivamente para su publicación. Los manuscritos revisados se enviarán a través de la página web de AIDA. 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 justificarlo debidamente al editor. Si los editores no reciben una respuesta por parte de los autores, tras 6 meses se dará por finalizado el proceso de evaluación y el artículo será considerado rechazado para su publicación en ITEA. Una vez recibidas las pruebas de imprenta del manuscrito, los autores deberán devolver dicho manuscrito corregido en el plazo de una semana.

2. Preparación del manuscrito

Los artículos de investigación y las revisiones tendrán una extensión máxima de 30 páginas a doble espacio en hojas de tamaño DIN A4, tablas y figuras incluidas. Se utilizará la fuente Times New Roman (tamaño 12), se numerarán las líneas de manera consecutiva y las páginas, y se fijarán cuatro márgenes de 2,5 cm. Dentro del mismo documento, se utilizarán hojas separadas para las referencias bibliográficas, las tablas y figuras.

Los manuscritos incluirán:

- Título, que deberá ser lo más conciso posible, y no incluirá abreviaturas ni fórmulas químicas (excepción de los símbolos químicos para indicar isótopos). El formato del título será en negrita.
- Apellido de los autores, precedido de las iniciales del nombre, e indicando con un asterisco el autor para correspondencia. En caso de que pertenezcan a distintas instituciones, indicar a cada autor con números superíndices diferentes. Si un autor desea aparecer con dos apellidos, éstos deberán unirse con un guión.
- Nombre y dirección postal profesional de los autores. Si un autor quiere poner la dirección actual, deberá indicarlo con una segunda letra como superíndice.
- Correo electrónico del autor a quien se va a dirigir la correspondencia.

Ejemplo:

J. Smith[1,a],* P.E. Jones[2], J.M. Garcia[1,3] and P.K. Martin Jr[2]

[1]Department of Animal Nutrition, Scottish Agricultural College, West Main Road, Edinburgh EH9 3JG, UK

[2]Animal Science Department, North Carolina State University, Raleigh, NC 27695-7621, USA

[3]Laboratorio de Producción Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza, C. Miguel Servet, 177, 50013, Zaragoza, Spain

[a]Dirección actual: Dairy Science Laboratory, AgResearch, Private Bag 11008, Palmerston North, New Zealand

*autor para correspondencia: jsmith@edi.uk

- Resumen, que deberá tener un máximo de 250 palabras, e incluirá muy brevemente los objetivos del trabajo, el material y métodos, los resultados más relevantes así como la conclusión del manuscrito. 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, título de tablas y pie de figuras.
- Apartados de los artículos de investigación: Introducción, Materiales y métodos, Resultados, Discusión y Referencias bibliográficas (ver especificaciones en el siguiente apartado). Los resultados y discusión se pueden presentar de manera conjunta.

Las notas técnicas, referidas a trabajos experimentales de extensión reducida, no excederán de 2.000 palabras, incluidas Tablas y/o Figuras, y deberán incluir la traducción al inglés del Título del artículo, Resumen, Palabras clave, título de tablas y pie de figuras.

3. Apartados del manuscrito

El formato de títulos de los apartados será en negrita, pero el de los subapartados no.

- **Introducción**: deberá explicar la finalidad del artículo. El tema se expondrá de la manera más concisa posible, indicando finalmente 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, valores medios y medidas de variabilidad.
- **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 tener la mayor información.
- **Discusión**: deberá interpretar los resultados obtenidos, teniendo en cuenta además otros trabajos publicados. Finalizará indicando las conclusiones a las que han llegado los autores del manuscrito, así como las posibles implicaciones prácticas que de ellas puedan derivarse.

- **Agradecimientos**: podrá 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 60 citas en los artículos de investigación. En las revisiones podrán figurar las citas que sean necesarias. En el manuscrito, se mantendrá el orden cronológico en caso de citar varios autores. Las referencias 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)

Los nombres de entidades u organismos que figuren como autores, por ejemplo Dirección General de la Producción Agraria (DGPA), deberán citarse completos en la Bibliografía la primera vez. Las referencias múltiples se harán según se indica en el siguiente ejemplo: (Martínez et al., 1971 y 1979). Se añadirá una letra al año de publicación para identificar artículos del mismo autor y del mismo año (2012a, b). La cita podrá formar parte de la frase en el texto, como sigue "como indicaban Gómez *et al*. (1969)".

Al final del trabajo se citarán en orden alfabético por autor todas las referencias utilizadas en el texto. Se podrán citar trabajos "en prensa", siempre que el documento haya sido aceptado 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 cita bibliográfica (artículo, libro, capítulo de libro, acta de Congreso, fuente electrónica, documento de trabajo, documento legal).

Artículo

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

Capítulo de libro

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

Libro

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

Acta de congreso

– Bispo E, Franco D, Monserrat L, González L, Pérez N, Moreno T (2007). Economic considerations of cull dairy cows fattened for a special market. Proceedings of 53rd International Congress of Meat Science and Technology, 5-10 agosto 2007, Beijing, China, pp. 581-582.

Fuente electrónica

– FAO (2011). Food and Agriculture Organization statistical database. Disponible en http://faostat.fao.org/default.aspx (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.

- **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. Se podrán presentar en blanco y negro o en color. Se incluirán en el mismo documento, pero en hojas separadas al texto, y señalando su emplazamiento aproximado. 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 deberán aparecer en español e inglés (en cursiva).

Para el diseño de las tablas no se usarán tabulaciones. 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	Tipo de carne	Origen	Sistema
1	22 €/kg	Lechal	Nacional	Convencional
2	22 €/kg	Cebo	Extranjero	Ecológico
3	18 €/kg	Lechal	CLM	Ecológico
4	18 €/kg	Ternasco	Extranjero	Convencional
5	18 €/kg	Cebo	Nacional	Convencional
6	14 €/kg	Lechal	Extranjero	Convencional
7	14 €/kg	Cebo	CLM	Convencional
8	22 €/kg	Ternasco	CLM	Convencional
9	14 €/kg	Ternasco	Nacional	Ecológico

Fuente: Diaz *et al.* (2013)

Las figuras se presentarán con la mayor calidad posible. Los dibujos, gráficos, mapas y fotografías se incluirán como figuras. Para mayor claridad en las gráficas 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). 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.

4. 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 latinos de géneros, especies y variedades se indicarán en cursiva y los nombres de cultivares entre comillas simples (p. ej. 'Sugar Baby').
- 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. H2SO4 en vez de SO4H2) y los nombres comerciales comenzarán con mayúscula (p.ej. Foligón).
- 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 110
Número 1
Marzo 2014

itea

información técnica económica agraria

www.aida-itea.org

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO