itea

información técnica económica agraria

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO



Volumen 112

Número 4

Diciembre 2016

www.aida-itea.org

itea

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

2016 - AÑO XLVII Vol. 112 N.º 4 http://dx.doi.org/10.12706/itea	**DIRECCIÓN Y REDACCIÓN** Avda. Montañana, 930 50059 ZARAGOZA (ESPAÑA) Tel.: 34-976 716305 Fax.: 34-976 716335 E-mail: cmmarin@aragon.es	Depósito legal: Z-577-82 ISSN: 2386-3765 INO Reproducciones, S.A. Pol. Malpica, calle E, 32-39 (INBISA II, nave 35) 50016 Zaragoza

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

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

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

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

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



Foto y texto de Alicia Cirujeda.

La borraja (*Borago officinalis* L.) es un cultivo hortícola muy popular en Aragón que también se consume en La Rioja y menos habitualmente en Cataluña y Navarra. Se consumen las hojas y los tallos de la borraja y las flores, comestibles, pueden ser utilizadas en confitería y para adornar comidas. El cultivo en invernaderos proporciona verdura fresca durante prácticamente todo el año, aunque la venta de los tallos con fragmentos de hoja en conserva es también muy frecuente. Los cultivos menores pueden presentar muchos retos y dificultades para su producción, como por ejemplo un limitado número de variedades y de tratamientos fitosanitarios disponibles o poca información sobre la adaptación a diferentes métodos de cultivo. No obstante, este tipo de cultivos enriquecen tanto a los productores con una oportunidad de diversificación como aportando variación de la dieta de la población.

Sumario

Producción Vegetal

Reutilización del sustrato degradado de *Pleurotus ostreatus*. Parámetros cuantitativos.
Use of spent mushroom substrate of Pleurotus ostreatus*. Quantitative parameters.*
M.R. Picornell-Buendía, A. Pardo-Giménez y J.A. de Juan-Valero 357

Influencia de diferentes sistemas de calefacción sobre el desarrollo, producción y calidad de un cultivo de tomate en invernadero.
Influence of different heating systems on the development, production and quality of a tomato crop.
P. Marín, D.L. Valera, F.D. Molina-Aiz, A. López, L.J. Belmonte y M.A. Moreno 375

Producción Animal

Relación de la hormona Anti-Mülleriana (AMH) y la respuesta ovulatoria en corderas de tres meses con su eficiencia reproductiva en la edad adulta.
Relationship between Anti-Müllerian hormone (AMH) and the ovulatory response measured in three-month old ewe lambs with their reproductive efficiency in adulthood.
B. Lahoz, J.L. Alabart y J. Folch 392

El diseño de las instalaciones de pollos de carne y su influencia en las condiciones de confort de los animales.
Evaluation of alternatives in broilers house for improving the comfort of animals.
E. Guerra-Galdo, S. Calvet, A. López y F. Estellés 405

Economía Agraria

Señalización de la calidad y análisis de los beneficios asociados a la trazabilidad. Análisis del mercado del atún en España.
Signaling quality and analysis of benefits associated with traceability. An empirical application for Spanish tuna market.
H. Metref y D. Calvo-Dopico 421

Inmigración y emprendimiento rural: ejes de innovación de las políticas de desarrollo rural.
Rural immigration and entrepreneurship: drivers of innovation in rural development policies.
J.R. Murua-Múgica y B. Eguía-Peña 438

Estados claves en el comercio intracomunitario del tomate en la Unión Europea.
State keys on intra-community trade of tomato in the European Union.
J. de Pablo, M.A. Giacinti y T. García 458

Reutilización del sustrato degradado de *Pleurotus ostreatus*. Parámetros cuantitativos

M.R. Picornell-Buendía[1,*], A. Pardo-Giménez[2] y J.A. de Juan-Valero[1,†]

[1] Escuela Técnica Superior de Ingeniero Agrónomos de Albacete. Castilla – La Mancha University. Campus Universitario s/n, E02071, Albacete – Spain. Teléfono: +34 967 599200

[2] Centro de Investigación, Experimentación y Servicios del Champiñón (CIES). C/ Peñicas, s/n. Apartado 63. 16220 Quintanar del Rey. Cuenca. España

Resumen

En el presente trabajo se estudia la viabilidad agronómica del cultivo *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. utilizando sustratos selectivos basados en la reutilización de sustratos postcultivo del mismo hongo, mediante la aplicación de los suplementos nutritivos comerciales (Calprozime®, Champfood® y Promycel®), por su posible interés para ser utilizados como aditivos junto con la paja de trigo, el sulfato cálcico y el carbonato cálcico a dosis diferentes. Tras la caracterización física y química de los sustratos, se han evaluado los parámetros de producción cuantitativos en un ciclo de cultivo. La combinación de paja de trigo (3.000 g) y sustrato postcultivo de *Pleurotus ostreatus* (SAP) (3.000 g) suplementada con 120 g de cada uno de los suplementos comerciales ensayados (Promycel®, Champfood® y Calprozime®) generaron sustratos elaborados con adecuados pesos medios unitarios de los carpóforos así como aceptables eficiencias biológicas (muy cerca del 50%). Con la paja de trigo suplementada, las eficiencias biológicas superaron el 65,60% sin sobrepasar el 73,28%. En consecuencia, estas formulaciones basadas en composts degradados por el cultivo de *Pleurotus ostreatus* podrían constituir un sustrato de bajo coste, selectivo y equilibrado en nutrientes, para el crecimiento y desarrollo de las setas ostra.

Palabras clave: Sustrato postcultivo de setas, setas comestibles, residuos agrícolas, producción, eficiciencia biológica.

Abstract

Use of spent mushroom substrate of *Pleurotus ostreatus*. Quantitative parameters

In this study, the agronomic viability of oyster mushrooms [*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.] is studied by reusing spent mushroom substrates (SMS). For this purpose, SMS from *Pleurotus ostreatus* with commercial nutritional supplements (Calprozime®, Champfood® and Promycel®) as additives and with wheat straw, calcium sulphate and calcium carbonate at different doses has been evaluated. Physical and chemical characterization of the substrates, and quantitative production parameters have been evaluated in one growing season. The mixture of wheat straw (3,000 g) and SMS (3,000 g) supplemented with 120 g of each of the commercial supplements (Promycel®, Champfood® and Calprozime®) generated adequate substrates with an excellent unit weight of the fruiting bodies and acceptable biological effi-

* Autor para correspondencia: MRaquel.Picornell@hotmail.com

https://doi.org/10.12706/itea.2016.022

ciencies (near 50%). In the substrates with supplemented wheat straw, the biological efficiencies ranged from 65.60% to 73.28%. Consequently, the SMS from *Pleurotus ostreatus* could be a low-cost substrate with selective and balanced nutrients for growth and development of oyster mushrooms.

Key words: Edible mushrooms, spent mushroom substrates, agricultural wastes, production, biological efficiency.

Introducción

Las especies del género *Pleurotus* tienen una calidad organoléptica excelente, crecen sobre una gran diversidad de sustratos en un amplio rango de temperaturas, son fáciles de cultivar y disponen de un gran potencial en procesos de biorremediación (Sánchez, 2010). Además, se precisa poco capital inicial para la instauración de naves para su cultivo y para la preparación del sustrato no se requiere de un proceso de compostaje complejo prolongado, ni de la aplicación de tierra de cobertura al final del crecimiento micelial (como el champiñón), ni tampoco necesita una fase de oscurecimiento ni de inmersión en agua (como el shiitake).

Aproximadamente, en el año 2015, 9.200 t de este hongo se produjeron en Castilla-La Mancha (59% del total nacional) (MAGRAMA, 2016). El sector productor de hongos comestibles genera, en España, unas 500.000 t de residuos de sustratos degradados por los hongos tras el cultivo comercial, mientras que el conjunto de la Unión Europea produce más de 3,5 millones de t (Picornell *et al*., 2010). Este material lignocelulósico, llamado en inglés spent mushoom substrate, o sustrato degradado postcultivo puede ser usado en diversos campos de la agricultura (Rinker, 2002), pero estos aprovechamientos no parecen ser suficientes para dar salida al elevado volumen generado año tras año, que se acumula en los centros de recogida situados en las zonas productoras de España, y que constituye un contaminante potencial, además de un despilfarro energético. Bisaria *et al*. (1997) destacaron la importancia de la suplementación proteica de los sustratos pobres en nitrógeno, en forma orgánica o mineral, pero en pequeñas cantidades, puesto que el exceso de nitrógeno también puede disminuir la degradabilidad del sustrato, interfiriendo negativamente en la producción y en la eficiencia biológica.

La viabilidad agronómica de la reintroducción del sustrato postcultivo de *P. ostreatus* en nuevos ciclos de producción, supondría una alternativa a considerar a nivel comercial para reemplazar parcialmente a la paja de trigo utilizada actualmente como material de base de manera prácticamente exclusiva, y más aún si se tiene en cuenta la problemática económica asociada al empleo de este subproducto cerealista, de elevado precio en el mercado, sobre todo, en años de sequía. El material podría ser integrado por medio de nuevas formulaciones y metodologías con las ventajas añadidas de rebajar los costes de producción y disminuir el impacto ambiental que producen estos desechos, en gran parte no reutilizados con otros fines agrícolas.

El objetivo del presente trabajo es la evaluación agronómica cuantitativa del sustrato degradado en el cultivo de *Pleurotus ostreatus* (SAP), y su mezcla con paja de trigo en distinta proporción, como sustentos lignocelulósicos en nuevos ciclos de cultivo de *P. ostreatus*, sin suplementar y suplementados con 120 g de cada uno de los suplementos comerciales ensayados (Promycel®, Champfood® y Calprozime®).

Materiales y métodos

Metodología analítica utilizada para la caracterización de materiales

Para la caracterización de las materias primas y los sustratos elaborados se han determinado los siguientes parámetros: humedad (MAPA, 1994), pH (Ansorena, 1994), nitrógeno total (Tecator, 1987; MAPA, 1994), cenizas (MAPA, 1994), materia orgánica (Ansorena, 1994), relación C/N, fibra bruta (ANKOM, 2008), grasa bruta (ANKOM, 2009), extractivos libres de nitrógeno (ELN) (González *et al*., 1987), celulosa y solubles neutro-detergentes (SND) (ANKOM, 2005; 2006a,b), y se realizó la prospección de ácaros (Krantz, 1986) y nematodos (Nombela y Bello, 1983).

Elaboración de los sustratos y diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue un Plan Factorial Equilibrado 3 x 4, con 6 repeticiones (bloques al azar con factorial de dos factores). El Factor 1 correspondió al tipo de sustrato de base usado (paja de trigo, paja de trigo + SAP, SAP), y el Factor 2, al tipo de suplemento comercial empleado [ningún suplemento comercial; Promycel®, (PRO®); Champfood®, (CHAM®); Calprozime®, (CPZ®)]. Con ambos factores, y sus correspondientes niveles, se establecieron 12 tratamientos diferenciados, a los que se añadieron 2 con sustrato comercial (bolsa de 6 kg y saco en formato comercial de 14 kg) procedentes de José Saiz, S. L. (Quintanar del Rey, Cuenca) y de Champinter (Villamalea, Albacete), respectivamente, sumando en total, para este experimento, 14 combinaciones (84 unidades de muestreo). A todos los sustratos de base, excepto al sustrato comercial, se les añadió yeso a razón de 50 g/kg de material de base. Al sustrato de base constituido por la paja de trigo no se le añadió carbonato cálcico ($CaCO_3$), mientras que al sustrato de base paja de trigo + SAP se le añadió $CaCO_3$ a razón de 10 g/kg de material de base (pH paja = 7,85) y al sustrato de base constituido únicamente por SAP se le añadió $CaCO_3$ a razón de 20 g/kg de material de base (pH SAP = 7,13); a los sustratos comerciales tampoco se les añadió $CaCO_3$ (Tabla 1). El pH óptimo de los sustratos varía entre 6 y 8, dependiendo de las especies de hongos (Song, 2005). El motivo por el que se añadió $CaCO_3$ fue porque, generalmente, los sustratos necesitan un pre-tratamiento con carbonato de calcio puro $CaCO_3$ del 1-2% para alcanzar este pH, como un regulador químico de pH.

El primer paso realizado en la elaboración de los sustratos a ensayar consistió en el picado y premojado de la paja de trigo; posteriormente, se procedió a la mezcla de los materiales y un ajuste del contenido de humedad. Una vez efectuadas estas fases en el proceso, se procedió a un tratamiento térmico de pasteurización (60 ºC – 65 ºC, 8 h) y progresivo descenso en 15 h a temperatura de "siembra" (25 ºC). Por último, se realizó la suplementación, "siembra" (dosis, 30 g/kg de micelio 'Mispaj S-44') y ensacado manual en la planta piloto del Centro de Investigación, Experimentación y Servicios del Champiñón (CIES).

Para los sustratos elaborados de base, se utilizaron sacos de polietileno transparente, de 29 cm de diámetro y una altura variable entre 25 y 35 cm, dependiente del tipo de sustrato, albergando pesos aproximados de 6,5 kg. A estos sacos, se les practicaron 4 orificios de 22 mm de diámetro distribuidos uniformemente en la superficie de cada uno de sus lados.

Conducción y seguimiento del ciclo de cultivo

La duración total del ciclo del experimento fue de 63 días. El desarrollo del ciclo de cultivo tuvo lugar en un túnel-invernadero experimental ubicado en el CIES, ubicado en la localidad de Quintanar del Rey (Cuenca,

Tabla 1. Tratamientos ensayados (g/bolsa) en el experimento
Table 1. Treatments performed (g/bag) in the experiment

Tratamiento	Paja de trigo	SAP	PRO	CHAMP	CPZ	YESO	$CaCO_3$
T1	6.000	0	0	0	0	300	0
T2	6.000	0	120	0	0	300	0
T3	6.000	0	0	120	0	300	0
T4	6.000	0	0	0	120	300	0
T5	3.000	3.000	0	0	0	300	60
T6	3.000	3.000	120	0	0	300	54
T7	3.000	3.000	0	120	0	300	48
T8	3.000	3.000	0	0	120	300	42
T9	0	6.000	0	0	0	300	120
T10	0	6.000	120	0	0	300	108
T11	0	6.000	0	120	0	300	96
T12	0	6.000	0	0	120	300	84
T13	Sustrato comercial (A) (bolsa de 6 kg)						
T14	Sustrato comercial (B) (saco en formato comercial, 14 kg)						

T: Tratamiento; SAP: Sustrato postcultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.; PRO: Promycel®; CHAM: Champfood®; CPZ: Calprozime®; T13: Sustrato comercial (Quintanar del Rey); T14: Sustrato comercial (Villamalea).

Las cantidades (g) están referidas para bolsas de, aproximadamente, 6,00 kg -6,50 kg.

Spain) en condiciones controladas constantes y estandarizadas: temperatura ambiente, temperatura del sustrato, humedad relativa y concentración de dióxido de carbono dentro de los rangos recomendados para la variedad de micelio seleccionada y en cada etapa del mismo (CIES, 2007). La incubación de los sustratos tuvo una duración aproximada de 17 días, sin ventilación exterior ni iluminación. Durante el período de incubación, la humedad relativa en el interior del túnel-invernadero osciló entre 92,50% y 95,50%, mientras que la temperatura del sustrato lo hizo entre 24,85 ºC y 28,33 ºC y la temperatura ambiente, entre 20,40 ºC y 23,15 ºC. Transcurrido este período, se procedió a la inducción de la fructificación mediante ventilación (regulación del nivel de CO_2 entre 0,23% a 0,09%), reducción de la temperatura (ambiente de 23,15 ºC a 12,85 ºC y sustrato de 28,33 ºC a 14,56 ºC) y humedad relativa (de 95,50%, a 94,50%) e iluminación. Estos valores se aproximan a las condiciones microclimáticas recomendadas por otros investigadores (Pardo *et al*., 2005b; Pardo *et al*., 2007; Gregori *et al*., 2008; López-Rodríguez *et al*., 2008; Gea *et al*., 2009; Kurt y Buyukalaca; 2010).

Evaluación de los parámetros cuantitativos

En función del nivel de invasión del sustrato por parte del micelio y las contaminaciones observadas, se estableció un parámetro denominado índice de germinación (IG), en una escala entre 0 (invasión nula) y 5 (invasión completa). La recolección de las setas se realizó diariamente en el estado óptimo comercial de desarrollo. El número de "piñas" y de setas cosechadas se determinó mediante recuento durante todo el ciclo de cultivo, entendiéndose como "piña" al grupo de carpóforos que fructifican simultáneamente desde el mismo orificio practicado en el saco de sustrato. Para calcular el rendimiento se pesó, con precisión de 1 g, la cantidad de setas producidas diariamente por cada saco. La estimación del rendimiento neto se llevó a cabo pesando los carpóforos después de cortar la parte no comercializable del pedicelo, calculándose el porcentaje de merma resultante de esta operación. La eficiencia biológica (EB), que expresa la relación entre el rendimiento de setas producidas y la cantidad de sustrato utilizada (materia seca), se estableció a partir del rendimiento proporcionado por cada paquete, teniendo en cuenta la densidad de carga del sustrato en los sacos y su contenido en humedad. El peso unitario de las setas (bruto y neto), expresado en g, se determinó a partir de los rendimientos obtenidos y del número de esporóforos cosechados.

La precocidad se estableció como el tiempo, en días, transcurridos desde la operación de "siembra" del sustrato hasta la cosecha de la primera florada, ponderando la producción relativa diaria de la misma; una florada se corresponde con cada ciclo de producción que se repite de manera rítmica durante la cosecha. Del mismo modo se realizó una segunda estimación de la precocidad considerando el total de la cosecha.

El grado de fructificación fue definido como el cociente entre el número de piñas producidas y el número de orificios practicados a los sacos.

Análisis estadístico

Para la realización del análisis estadístico, se utilizaron dos paquetes informáticos: Statgraphics Plus versión® 5.1, y SPSS®. Se emplearon las técnicas de estadística descriptiva, análisis de componentes principales, análisis de varianza, correlación y regresión para evaluar los datos. Los datos siguieron una distribución normal y varianza homogénea.

Resultados

Caracterización analítica de los materiales de base empleados y de los sustratos elaborados

Los resultados de la caracterización química de los materiales de base utilizados, los sustratos elaborados y los sustratos testigo se presentan en la Tablas 2 y 3.

Comercialmente, en la mayoría de las explotaciones industriales, el sustrato soporte de la producción de esta especie del género *Pleurotus* y de otras, como *Pleurotus eryngii* (DC.: Fr.) Quel., *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer, *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél., etc.; al que más se recurre es a la paja de cereales de invierno (trigo, cebada y centeno) (Olivier, 1994; Medina y Cisterna, 2002; Rühl *et al*., 2008) cortada en trozos de 2 a 4 cm de longitud (Philippoussis *et al*., 2001; Upadhyay *et al*., 2002; Sánchez, 2010).

En los sustratos elaborados se obtiene un valor medio de los cuatro tratamientos elaborados con paja (sin suplementar y suplementada con 120 g de PRO, CHAM, y CPZ); de los cuatro tratamientos elaborados con paja + SAP (sin suplementar y suplementada con 120 g de PRO, CHAM, y CPZ) y de los cuatro tratamientos elaborados con SAP (sin suplementar y suplementada con 120 g de PRO, CHAM, y CPZ) (Tabla 2).

Tabla 2. Caracterización físico-química de los materiales de base empleados
Table 2. Physicochemical characterization of different source materials

	Paja de trigo	SAP[1]	PRO[2]	CHAM[3]	CPZ[4]
pH (aq.1:5, p/v)	7,85	7,13	6,11	5,91	9,46
Humedad (g/kg)	728	758	128	134	110
Nitrógeno total (g/kg MS)	5,5	10,7	91,6	79,2	64,6
Proteína (g/kg MS)	34,4	66,9	572,5	495,0	403,8
Cenizas (g/kg MS)	97,7	202,5	55,0	63,30	118,0
Materia orgánica (g/kg MS)	902,3	797,5	945,0	936,7	882,0
Relación C/N	95,2	43,2	6,0	6,9	7,9
Fibra bruta (g/kg MS)	411,9	253,8	59,3	60,7	174,1
Grasa bruta (g/kg MS)	5,2	3,8	21,1	9,6	13,7
ELN[5] (g/kg MS)	450,8	473,0	292,1	371,4	290,5
Celulosa (g/kg MS)	409,1	272,1	55,8	57,8	99,5
SND[6] (g/kg MS)	83,6	265,4	724,1	696,4	493,9

[1] Sustrato postcultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.; [2] Promycel®; [3] Champfood®; [4] Calprozime®; [5] Extracto Libre Nitrógeno; [6] Solubles Neutro Detergentes.

En este experimento, se parte de dos materiales de base (paja de trigo, SAP) que difieren en todos los parámetros físico-químicos que los definen, siendo de destacar los mayores contenidos de nitrógeno total, y en consecuencia de proteína bruta total y de cenizas para la paja de trigo, así como ELN y SND del SAP, frente a una mayor relación C/N y contenidos de materia orgánica, grasa bruta y celulosa también para la paja de trigo comparado con SAP. A ambos sustratos se les añaden suplementos que, aunque difieren entre sí en sus composiciones químicas, se caracterizan por unos altos contenidos de nitrógeno total (6,46% – 9,16%), y en consecuencia de proteína bruta (40,38% – 57,25%) y grasa bruta (0,96% – 2,11%), y una baja relación C/N (C/N = 6,00 a C/N = 7,90), fibra bruta (5,93% a 17,41%) y celulosa (5,58% a 9,95%); también, es de destacar la composición de PRO® 600, CHAM® y CPZ® en cuanto al valor de SND (49,39% – 72,41%), valores muy superiores a los obtenidos para la paja de trigo (8,36%) y SAP (26,54%). Los sustratos comerciales en dos tipos de envases (bolsa de 6 kg y saco de 14 kg), constituyen un grupo con unas características que, en la mayoría de los parámetros, se asemejan a las que son propias de la paja de trigo como material de base. La paja de trigo suplementada con un producto rico en proteínas, ha favorecido, frente a la paja de trigo como material de base, el contenido de nitrógeno total, y en consecuencia, el contenido de proteína bruta y, los valores de SND. Los sustratos elaborados a base de paja de trigo son los que más se aproximan al referente comercial en cuanto a la relación C/N; ésto es debido a que la paja de trigo como material de partida contenía unos valores muy altos de dicha re-

lación (C/N = 95,20). También, estos sustratos son los que mayor valor de ELN poseen (44,87%); este valor se aproxima al referente comercial (41,51%) y sus contenidos tanto en fibra bruta (27,44%) como en grasa bruta (0,43%) están en la media de los tres grupos de sustratos elaborados analizados (Tabla 3). Respecto al contenido en nitrógeno total (y, en consecuencia, en proteínas), los sustratos elaborados que más se acercan al óptimo comercial son los sustratos formados por SAP, debido a que el SAP como material de partida, tenía valores superiores en cuanto a nitrógeno y proteína bruta (1,07% y 6,69%, respectivamente) que la paja de trigo como material de partida (0,55% y 3,44%). Los sustratos elaborados a base de mezclas de paja de trigo + SAP constituyen los valores medios de la caracterización físico-química tomando como referente los sustratos comerciales.

Tabla 3. Caracterización físico-química de los sustratos elaborados
Table 3. Physicochemical characterization of the different substrates

	T1 a T4	T5 a T8	T9 a T12	T13-T14	Media	CV (%)
pH (aq.1:5, p/v)	7,46	7,84	7,53	8,00	7,71	3,32
Humedad (g/kg)	697	707	730	703	709,25	2,03
Nitrógeno total (g/kg MS)	5,7	6,4	7,6	7,4	6,8	13,10
Proteína (g/kg MS)	35,6	40,0	47,5	46,3	42,3	13,2
Cenizas(g/kg MS)	237,00	283,2	401,8	99,0	255,2	49,0
Materia orgánica (g/kg MS)	763,0	716,8	598,2	901,0	744,7	16,8
Relación C/N	77,6	65,0	45,7	70,6	64,7	21,1
Fibra bruta (g/kg MS)	274,4	320,0	234,9	436,0	316,3	27,5
Grasa bruta (g/kg MS)	4,3	3,6	5,6	3,7	4,3	21,4
ELN[5] (g/kg MS)	448,7	353,2	310,2	415,1	381,8	16,2
Celulosa (g/kg MS)	327,3	291,1	210,0	396,4	306,2	25,3
SND[6] (g/kg MS)	86,6	125,3	180,0	196,5	147,1	34,3

T1: Paja 6.000 g; T2: Paja 6.000 g + PRO 120 g; T3: Paja 6.000 g + CHAM 120 g; T4: Paja 6.000 g + CPZ 120 g; T5: Paja 3.000 g + SAP 3.000 g + $CaCO_3$ 60 g; T6: Paja 3.000 g + SAP 3.000 g + PRO 120 g + $CaCO_3$ 60 g; T7: Paja 3.000 g + SAP 3.000 g + CHAM 120 g + $CaCO_3$ 60 g; T8: Paja 3.000 g + SAP 3.000 g + CPZ 120 g + $CaCO_3$ 60 g; T9: SAP 6.000 g + $CaCO_3$ 120 g; T10: SAP 6.000 g + PRO 120 g + $CaCO_3$ 120 g; T11: SAP 6.000 g + CHAM 120 g + $CaCO_3$ 120 g; T12: SAP 6.000 g + CPZ 120 g + $CaCO_3$ 120 g; T13: Sustrato comercial (bolsa 6 kg) y T14: Sustrato comercial (saco en formato comercial).

Análisis de componentes principales

En la Tabla 4 se muestran las correlaciones entre las distintas variables analíticas de los sustratos elaborados, utilizadas en el análisis de componentes principales, agrupadas en tres categorías en valores absolutos: r = 0,5 a 0,69, r = 0,7 a 0,84 y r ≥ 0,85.

El contenido de humedad de los sustratos elaborados se correlaciona con todos los pará-

Tabla 4. Matriz de correlaciones de las características física-químicas
Table 4. Correlation matrix of the physicochemical characteristics

	pH	Humedad	$Nitrógeno_T$[1]	Cenizas	Relación C/N	Fibra bruta	Grasa bruta	ELN[2]	Celulosa
Humedad	-0,251								
$Nitrógeno_T$[1]	0,371	0,708••							
Cenizas	-0,662•	0,771••	0,097						
Relación C/N	0,185	-0,995•••	-0,712••	-0,765••					
Fibra bruta	0,904•••	-0,513•	0,221	-0,911•••	0,479				
Grasa bruta	-0,707••	0,811••	0,391	0,766••	-0,753••	-0,750••			
ELN[2]	0,044	-0,913•••	-0,602•	-0,761••	0,947•••	0,427	-0,544•		
Celulosa	0,609•	-0,829••	-0,193	-0,995•••	0,824••	0,873•••	-0,787••	0,813••	
SND[3]	0,534•	0,532•	0,975•••	-0,127	-0,540•	0,431	0,204	-0,440	0,029

[1] Nitrógeno total; [2] Extractivos libres de nitrógeno; [3] Soluble neutro-detergentes.
Valor absoluto del coeficiente de correlación entre 0,50 y 0,69 (•), entre 0,70 y 0,84 (••) o igual o superior a 0,85 (•••).

metros químicos que definen a los mismos: positivamente, con los contenidos de nitrógeno total, cenizas, grasa bruta y SND, y negativamente, con la relación C/N y los contenidos de fibra bruta y celulosa y los valores de extractivos libres de nitrógeno (ELN). El nitrógeno total manifiesta una correlación alta y positiva con SND. Salvo con las variables nitrógeno total y SND, el contenido en cenizas se correlaciona positiva y negativamente con el resto de variables, especialmente con la celulosa, la fibra bruta y, en menor medida, con la humedad, la relación C/N, ELN, la grasa bruta y el pH. La relación C/N está altamente correlacionada con la humedad y ELN, siendo inferior y negativa con el nitrógeno total, el contenido en cenizas y la grasa bruta, pero positiva con la celulosa. Por último, son de destacar las buenas correlaciones que manifiesta la variable celulosa con el resto de variables.

Índice de germinación. Estadística descriptiva y análisis de varianza

El índice de germinación no ha dado valores medios diferentes significativamente, por lo que no se puede hablar de diferencias entre tratamientos. Todos los sustratos ensayados, elaborados y comerciales presentaron una invasión del micelio prácticamente total, con valores máximos (5), salvo el tratamiento formado por SAP no suplementado (T9), donde la invasión del micelio fue parcial, concentrándose en la base de la bolsa y en el tercio intermedio de la misma. Los sustratos elaborados han demostrado obtener características físicas tales como la aireación y el drenaje idóneas para ser invadidos por el micelio.

Parámetros de producción cuantitativos. Estadística descriptiva y análisis de varianza

Los aspectos más destacables en cuanto a los parámetros de producción cuantitativos se presentan en la Tabla 5, comparando entre valores absolutos y no por grupos de significación.

Tabla 5. Análisis de varianza y separación de medias de los parámetros cuantitativos analizados en el experimento
Table 5. Analysis of variance and mean separation of the quantitative parameters analyzed in the experiment

	Precocidad (días)						
Sustrato	1ª Florada "Siembra"	Total "Siembra"	Rendimiento bruto (g/bolsa)	Índice de fructificación Nº piñas/orificio	Número setas/bolsa	PU	EB
T1	31,45e	35,70abc	825,50bc	1,04abc	38,17cde	22,21bc	43,40bcd
T2	31,68e	35,13abc	1.398,67a	1,42a	68,33a	21,71bc	73,28a
T3	32,47cde	35,32abc	1.252,33a	1,29a	52,50abc	24,01bc	65,60a
T4	30,58e	32,33c	1.379,50a	1,13ab	62,33ab	22,77bc	72,27a
T5	32,23de	35,33abc	528,50cd	0,71cde	25,83efgh	20,74bc	28,72def
T6	31,45e	35,82abc	789,83bc	0,79bcd	32,83defg	25,27abc	42,78bcde
T7	31,57e	37,13abc	846,17bc	0,83bcd	35,50cdef	25,09bc	45,82bc
T8	30,53e	36,05abc	903,17b	0,83bcd	46,67bcd	19,80c	48,93b
T9	37,83ab	39,65a	318,00d	0,38e	10,83h	30,92ab	18,73f
T10	36,80abcd	37,58ab	449,67d	0,67cde	16,00fgh	30,09abc	26,43f
T11	37,42abc	38,30ab	459,17d	0,63de	16,50fgh	29,22abc	27,00ef
T12	34,27abcde	36,08abc	476,00d	0,71cde	14,00gh	34,68a	27,98def
T13	32,90bcde	34,07bc	886,17b	0,75bcde	36,83cde	24,57bc	48,52b
T14	38,93a	39,52a	1.377,00a	0,56de	51,17abcd	26,98bc	31,58cdef
Media	33,58	36,29	849,26	0,84	36,25	25,58	42,93
F de Fisher	8,07	3,62	32,05	11,97	21,05	4,62	28,91
Ns	***	***	***	***	***	***	***

T: Tratamiento; SAP: Sustrato postcultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.; PRO: Promycel® 600; CHAM: Champfood®; CPZ: Calprozime®; T1: Paja 6.000 g; T2: Paja 6.000 g + PRO 120 g; T3: Paja 6.000 g + CHAM 120 g; T4: Paja 6.000 g + CPZ 120 g; T5: Paja 3.000 g + SAP 3.000 g + $CaCO_3$ 60 g; T6: Paja 3.000 g + SAP 3.000 g + PRO 120 g + $CaCO_3$ 60 g; T7: Paja 3.000 g + SAP 3.000 g + CHAM 120 g + $CaCO_3$ 60 g; T8: Paja 3.000 g + SAP 3.000 g + CPZ 120 g + $CaCO_3$ 60 g; T9: SAP 6.000 g + $CaCO_3$ 120 g; T10: SAP 6.000 g + PRO 120 g + $CaCO_3$ 120 g; T11: SAP 6.000 g + CHAM 120 g + $CaCO_3$ 120 g; T12: SAP 6.000 g + CPZ 120 g + $CaCO_3$ 120 g; T13: Sustrato comercial (bolsa 6 kg) y T14: Sustrato comercial (saco en formato comercial); PU: Peso unitario de las setas con el pie no cortado (g); EB: Eficiencia biológica; (kg/100 kg de sustrato seco); Ns: Nivel de significación F de Fisher.

Para cada columna, valores seguidos de distinta letra son diferentes entre sí (p = 0,05, test de Tukey-HSD).

La suplementación con CPZ® a 120 g del sustrato elaborado con paja de trigo (T4) y con la mezcla de paja de trigo + SAP (T8) originó la mayor precocidad en la aparición de los primeros primordios, mientras que el tratamiento control T14 fue el más tardío.

El mayor índice de fructificación del experimento fue proporcionado por los sustratos basados en paja (T1 a T4), oscilando entre 1,04 y 1,42 piñas/orificio valores superiores a los obtenidos por los sustratos comerciales T13 y T14. Cuando se manejó la paja de trigo + SAP (T5 a T8) y el SAP (T9 a T12), el índice de fructificación disminuyó.

Los mayores valores del componente del rendimiento "número de setas/bolsa", también, se obtuvieron con los tratamientos sustentados en paja de trigo, pero suplementados. Una vez más, los tratamientos diferenciados con SAP proporcionaron los valores inferiores.

La calidad productiva de un sustrato se percibe como aceptable a partir de EB del 50% (Rodríguez Barreal, 1987; Sánchez *et al*., 2006; Benavides y Herrera, 2009). Las eficiencias biológicas mayores conseguidas se encuentran en T2 y T4, y son superiores a las obtenidas con los tratamientos control T13 y T14.

Matrices de correlaciones y modelos mediante la regresión "paso a paso"

Los días transcurridos entre la inoculación y la aparición de los primeros primordios y el componente del rendimiento peso medio unitario de las setas con el pie no cortado se correlacionaron significativamente con todos los parámetros analíticos que definen a los sustratos, excepto con el pH (Tabla 6); la correlación fue positiva, y valor parecido al del coeficiente de correlación con los contenidos de cenizas, nitrógeno total, grasa bruta y los valores de SND, mientras que fue negativa con la relación C/N, los contenidos de fibra bruta y celulosa, así como con los valores ELN. El otro parámetro de precocidad analizado, los días transcurridos entre la inoculación y la inducción total, también, manifestaron la misma tendencia de correlaciones que en los casos anteriores, pero con un nivel de probabilidad estadística inferior, y sin significación con los contenidos de fibra bruta y grasa bruta. Por último, hay que destacar que el componente del rendimiento "número de setas total" y la eficiencia biológicamanifestaron las mismas correlaciones significativas (con valores muy próximos del coeficiente de correlación, nivel de significación estadística y signo) con los parámetros analíticos que definen a los sustratos elaborados; el número de correlaciones significativas fue elevado, al igual que en el resto de parámetros cuantitativos de producción analizados, no existiendo significación estadística con los contenidos de fibra bruta y grasa bruta. Otro aspecto a considerar es que allí donde ha habido correlaciones significativas, los signos del coeficiente de correlación han sido los opuestos a los manifestados en los parámetros de precocidad y producción: días transcurridos desde la inoculación hasta la inducción de los primeros primordios y hasta la inducción total, así como con el componente del rendimiento peso medio unitario de las setas cosechadas con el pie no cortado.

A incrementos del índice de germinación les corresponden disminuciones en los días trascurridos desde la inoculación hasta el inicio de la recolección, sin que existan otras correlaciones significativas con los demás parámetros analizados (Tabla 7). Los días transcurridos desde la inoculación hasta la aparición de los primeros primordios se correlaciona significativa y positivamente con el número de días trascurridos desde la inoculación hasta el inicio de la recolección y con el peso medio unitario de las setas, pero negativamente con el componente número de setas total y con la EB, mientras que los días trascurridos desde la inoculación con la inducción total

Tabla 6. Matriz de correlaciones entre el índice de germinación, las precocidades y los parámetros de producción cuantitativos y las características físico-químicas
Table 6. Correlation matrix between the germination rate, the precocity and quantitative parameters of production and physicochemical characteristics

	Índice de germinación	1ª Florada "Siembra"	Total "Siembra"	Nº setas total	PU	EB
pH	0,146	-0,333	0,085	-0,147	-0,304	-0,223
	(0,651)	(0,290)	(0,794)	(0,649)	(0,336)	(0,485)
$Nitrógeno_T$[1]	-0,397	0,859***	0,760**	-0,894***	0,841***	-0,856***
	(0,201)	(0,000)	(0,004)	(0,000)	(0,001)	(0,000)
Cenizas	-0,410	0,890***	0,750**	-0,877***	0,869***	-0,832***
	(0,185)	(0,000)	(0,005)	(0,000)	(0,000)	(0,001)
Relación C/N	0,392	-0,848***	-0,762**	0,897***	-0,831***	0,862***
	(0,207)	(0,000)	(0,004)	(0,000)	(0,001)	(0,000)
Fibra Bruta[1]	0,360	-0,793**	-0,396	0,427	-0,759**	0,342
	(0,250)	(0,002)	(0,203)	(0,166)	(0,004)	(0,276)
Grasa bruta[1]	-0,400	0,877***	0,524	-0,585*	0,844***	-0,506
	(0,197)	(0,000)	(0,080)	(0,046)	(0,001)	(0,093)
ELN[1]	0,315	-0,676*	-0,734**	0,880***	-0,669*	0,872***
	(0,318)	(0,016)	(0,007)	(0,000)	(0,017)	(0,000)
Celulosa[1]	0,407	-0,881***	-0,754**	0,883***	-0,861***	0,841***
	(0,190)	(0,000)	(0,005)	(0,000)	(0,000)	(0,001)
SND[1]	-0,388	0,840***	0,762**	-0,899***	0,823***	-0,866***
	(0,212)	(0,001)	(0,004)	(0,000)	(0,001)	(0,000)

PU: Peso unitario de las setas con el pie no cortado (g); EB: Eficiencia biológica (kg/100 kg de sustrato seco); $Nitrógeno_T$: Nitrógeno total; ELN: Extractivos libres de nitrógeno; SND: Ssolubles neutro-detergentes; [1]: g/kg sobre materia seca.

Los resultados entre paréntesis indican la significación estadística. No significativo ($p > 0,05$) (sin *); significativo al 95% ($0,01 < p \leq 0,05$) (*); significativo al 99% ($0,001 < p \leq 0,01$) (**); significativo al 99,9% ($p \leq 0,001$) (***).

sólo lo hace negativamente con el número de setas total y la EB. El aumento del número de setas se corresponde significativamente con la disminución del peso medio unitario de la seta con el pie no cortado, pero positivamente con la EB. La EB además de correlacionarse significativamente con los dos parámetros de precocidad (negativamente) y con el componente del rendimiento número de setas (positivamente), lo hace negativamente con el peso medio unitario de las setas con el pie no cortado.

Tabla 7. Matriz de correlaciones entre el índice de germinación, las precocidades, los componentes del rendimiento y la eficiencia biológica
Table 7. Correlation matrix between rate of germination, earliness, yield components, and biological efficiency

	Índice de germinación	1ª Florada "Siembra"	Total "Siembra"	Nº setas total	Peso unitario[1]
1ª Florada "Siembra"	-0,542 (0,069)				
Total "Siembra"	-0,591* (0,043)	0,795** (0,002)			
Nº setas total	0,392 (0,207)	-0,767** (0,004)	-0,758** (0,004)		
Peso unitario[1]	-0,363 (0,245)	0,781** (0,003)	0,573 (0,051)	-0,745** (0,005)	
EB[2]	0,414 (0,181)	-0,722** (0,008)	-0,764** (0,004)	0,980*** (0,000)	-0,626* (0,030)

[1] Peso medio unitario de las setas con el pie no cortado (g); [2] Eficiencia biológica (kg/100 kg de sustrato seco). Los resultados entre paréntesis indican la significación estadística.

	Índice de germinación	1ª Florada "Siembra"	Total "Siembra"	Nº setas total	Peso unitario[1]
1ª Florada "Siembra"	-0,542				
Total "Siembra"	-0,591*	0,795**			
Nº setas total	0,392	-0,767**	-0,758**		
Peso unitario[1]	-0,363	0,781**	0,573	-0,745**	
EB[2]	0,414	-0,722**	-0,764**	0,980***	-0,626*

Se han encontrado pocas funciones matemáticas y, además, con bajos valores del coeficiente de determinación, salvo para la EB donde el modelo incluye, como variables independientes los dos componentes del rendimiento (número de setas y peso unitario) con sus dos correspondientes coeficientes positivos, alcanzando un coeficiente de determinación próximo al 100% (Tabla 8). Esta ecuación es más precisa y tiene mayor ajuste que el resto de los modelos encontrados para poder predecir la EB, y viene definida por el número de setas y el peso unitario.

Para los dos componentes del rendimiento (número de setas y peso unitario), los modelos lineales simples han incluido una sola variable independiente que tiene que ver con alguna de las características analíticas que definen a los sustratos elaborados. Para poder predecir el número de setas total, el paráme-

Tabla 8. Modelos obtenidos mediante la regresión "paso a paso"
Table 8. Models obtained by "step by step" regression

Variable explicada	Variable independiente	Ecuación	R^2 corregido	e.e.
P2	CFQ + IG	P2 = 44,664*** – 0,154*** · lignina	78,10***	1,26003
P4	CFQ + IG + P2	P4 = 18,195** + 0,543** · P2	59,69**	1,16819
Nº setas	CFQ + PCT (– EB)	Nº setas = 91,806*** – 0,435*** · SND	78,90***	8,89595
PU	CFQ + PCT (- EB)	Peso unitario (PNC) = 44,895*** – 0,261*** · lignina	73,90***	2,37919
EB	CFQ	EB = -56,977** + 0,271*** · ELN	3,70***	9,62533
	CFQ + PCT	EB = 10,205** + 0,950*** · Nº setas	95,70***	3,87416
		EB = -20,038* + 1,120*** · Nº setas + 0,951** · Peso unitario (PNC)	98,30***	2,45204

R^2, coeficiente de determinación (%); e.e. error estándar de la estimación.

CARACTERÍSTICAS FISICO-QUÍMICAS DEL SUSTRATO (CFQ): pH (aq. 1:5, p/v), nitrógeno total (g/kg, s.m.s.), cenizas (g/kg, s.m.s.), relación C/N, fibra bruta (FB; g/kg, s.m.s.), grasa bruta (GB; g/kg, s.m.s.), extractivos libres de nitrógeno (ELN; g/kg, s.m.s.), hemicelulosa (g/kg, s.m.s.), celulosa (g/kg, s.m.s.), lignina (g/kg, s.m.s.), solubles neutro-detergentes (SND; g/kg, s.m.s.), s.m.s., sobre materia seca.

ÍNDICE DE GERMINACIÓN, PRECOCIDADES Y PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN CUANTITATIVOS (PCT): índice de germinación (IG), días transcurridos desde la inoculación hasta la formación de los primeros primordios (P2), días transcurridos desde la inoculación hasta el inicio de la recolección (P4), número de setas (Nº setas), peso medio unitario de las setas con el pie no cortado (PU, g), eficiencia biológica (EB, kg/100 kg del sustrato seco).

Sólo se incluyen aquellas regresiones cuyos coeficientes que acompañan a las variables independientes son significativos, siempre que la significación del modelo lo sea.

tro solubles neutro-detergentes de los sustratos elaborados es importante ya que interviene en la ecuación, pero con una bondad de ajuste relativamente pequeña. Para poder predecir el peso unitario, la lignina es un parámetro importante para definirlo, ya que son los contenidos de lignina de los sustratos elaborados los que se incluyen en el modelo que explica la variabilidad del peso medio unitario de las setas con el pie no cortado.

Discusión

En el presente experimento, la producción se concentró en 2 floradas, número inferior al conseguido en los trabajos de Lozano (1990), Mata y Gaitán-Hernádez (1995), Salmones *et al*. (1997) y Bonilla-Lavado *et al*. (2006), quienes obtuvieron 4 floradas sobre *Pleurotus ostreatus*; también, es inferior al número obtenido por Pardo y López Mondéjar (2004) donde se cosecharon 3 floradas. La producción de *Pleurotus* spp. después de la primera florada se reduce drásticamente y se produce una parada de las sucesivas de 10 a 20 días, dependiendo de la especie de *Pleurotus* utilizada; esta pérdida del número de floradas podría deberse a una disminución de los nutrientes o a la acumulación de sustancias tóxicas desfavorables para la fructificación (Upadhyay *et al*., 2002).

La mejora de la porosidad evitando la compactación permitió al micelio del hongo una mayor y más rápida colonización del sustrato. También, probablemente, se ha mejorado la distribución de la "semilla" en el sustrato en el momento de la inoculación. En el tratamiento con un índice de germinaciónigual a 4 (T9), es probable que haya habido una compactación del sustrato en la bolsa, con el consiguiente intercambio de aire dificultado, favoreciendo aumentos en las concentraciones de CO_2, presumiblemente, producidas por el hongo y una disminución del O_2 dentro del sustrato, lo que tendría un efecto inhibitorio en el desarrollo del micelio. Los otros sustratos, formados también por SAP (T10 a T12), mejoraron su IG, probablemente, debido a que en su composición incorporaron suplementos comerciales, que favorecieron una rápida incubación, al tener un efecto beneficioso para la protección del micelio de *P. ostreatus* y al dificultar la instalación de otros organismos patógenos en el sustrato de cultivo (Gea *et al*., 2009).

Los resultados obtenidos en este experimento sobre la aparición de los primeros primordios, difieren de los ofrecidos por otros investigadores que han trabajado con distintas especies del género *Pleurotus*: Garzón y Cuervo (2008) (entre los 22 a 28 días) y Khanna *et al*. (1992) (de 24 a 30 días), diferencias que pueden estar justificadas por este motivo.

Los índices de fructificación conseguidos en este experimento son superiores a los ofrecidos por Pardo *et al*. (2005b), (entre 0,02 y 1 piñas/orificio), pero son similares a los presentados por Gea *et al*. (2009) (entre 1,21 y 1,57 piñas/orificio) e inferiores a los ofrecidos por Pardo *et al*. (2007) (1,67 piñas/orificio).

En cuanto al componente del rendimiento "número de setas/bolsa", Pardo *et al*. (2005a) alcanzaron valores superiores a los de este experimento, trabajando con distintos sustratos elaborados en distintas combinaciones de paja de trigo, paja de cebada, kenaf, sarmiento de vid y harina de pepita de uva, consiguiendo un número total de setas/bolsa que varía entre 42 y 82. En el sustrato comercial T13 se obtuvo un rendimento bruto y un número de setas/bolsa muy bajos, probablemente debido a la compactación del sustrato en la bolsa, con el consiguiente intercambio de aire dificultado, favoreciendo aumentos en las concentraciones de CO_2 y desencadenando un efecto inhibitorio en el desarrollo del micelio.

La calidad productiva de un sustrato se percibe como aceptable a partir de eficiencias biológicas del 50% (Rodríguez Barreal, 1987; Patra y Pani, 1995; Sánchez *et al*., 2006; Benavides y Herrera, 2009). Las EB referidas a sustrato seco que se muestran en la Tabla 5 se pueden considerar bajas si se las compara con las obtenidas por Klibansky *et al*. (1993) y Gaitán-Hernández y Salmones (1996), de hasta 125%, por Velázquez-Cedeño *et al*. (2002), de hasta 138%, trabajando con *P. pulmonarius* (Fr.) Quél. sobre pulpa de café, y por Bernabé-González *et al*. (2004), de hasta 164% trabajando con esta última especie de *Pleurotus* sobre mezclas de rastrojo de jícama y rastrojo de maíz. Sin embargo, los resultados obteni-

dos en el presente experimento son superiores a los ofrecidos en otros trabajos de investigación, principalmente, los alcanzados con paja suplementada. Así, en investigaciones llevadas a cabo en *P. eryngii* (DC.: Fr.) Quel. sobre paja de arroz, recubierta por una carcasa, se obtuvieron EB del 47% (Peng, 1996). Vogel y Salmones (2000), suplementando la paja de trigo con harina de soja y sulfato de calcio obtuvieron valores de EB del 65%, similares a las obtenidas por Upadhyay y Vijay (1991), trabajando con salvado de arroz. Gaitán-Hernández (2005) utilizando como sustrato paja de cebada y como suplemento polvo de madera de roble, llegaron a conseguir EB del 58%. Pérez y Mata (2005) obtuvieron, con *P. ostreatus*, valores de EB de 28,1% basado en viruta de pino. Marino *et al*. (2006), cultivando *P. ostreatus* en serrín de *Eucalyptus* sp., posibilitaron EB en micelios resistentes al calor que oscilaron entre 35,8% y 43,1%, con temperaturas de 28 °C y 15 °C, respectivamente. Estas cifras de EB son muy similares a las obtenidas en el presente experimento cuando se maneja como sustrato elaborado la paja de trigo sin suplementar (T1) y la mezcla de paja de trigo con SAP (T5 a T8) (Tabla 5). En los sustratos comerciales no se alcanzó la calidad productiva de un sustrato (EB ≥ 50%) quizá por la forma de elaboración de esos sustratos comerciales en cuanto a la compactación del sustrato en la bolsa.

Queda demostrado que el número de setas y el peso unitario son dos parámetros muy importantes para poder predecir la EB. Así como SND para poder predecir el número de setas total y la lignina para poder predecir el peso unitario.

Conclusiones

La combinación de paja de trigo (3.000 g) y SAP (3.000 g) suplementada con 120 g de cada uno de los suplementos comerciales ensayados (Promycel®, Champfood® y Calprozime®) generan sustratos elaborados con adecuados pesos medios unitarios de los carpóforos así como aceptables eficiencias biológicas (muy cerca del 50%). Con la paja de trigo suplementada, las eficiencias biológicas superan el 65,60% sin sobrepasar el 73,28%. En consecuencia, estas formulaciones basadas en composts degradados por el cultivo de *P. ostreatus*, podrían constituir un sustrato de bajo coste, selectivo y equilibrado en nutrientes, para el crecimiento y desarrollo de las setas ostra.

Bibliografía

ANKOM (2005). Method for Determining Acid Detergent Lignin in Beakers. ANKOM Technology Method AK 8/05. Macedon, NY, EE.UU.

ANKOM (2006a). Neutral Detergent Fiber in Feeds. Filter Bag Technique. ANKOM Technology Method 6. Macedon, NY, EE.UU.

ANKOM (2006b). Acid Detergent Fiber in Feeds. Filter Bag Technique. ANKOM Technology Method 5. Macedon, NY, EE.UU.

ANKOM (2008). Crude Fiber Analysis in Feeds By Filter Bag Technique. AOCS Approved Procedure Ba 6a-05, ANKOM Technology Method 7. Macedon, NY, EE.UU.

ANKOM (2009). Rapid Determination of Oil/Fat Utilizing High Temperature Solvent Extraction. ANKOM Technology Method 2, AOCS Official Procedure Am 5-04. Macedon, NY, EE.UU.

Ansorena J (1994). Sustratos. Propiedades y Caracterización. Ed. Mundi-Prensa, S.A., Madrid, España.

Benavides JS, Herrera JC (2009). Reconocimiento de las características del género *Pleurotus* spp. y sus aplicaciones. Colegio Seminario Redentorista San Clemente Maria Hofbauer, Manizales, Colombia.

Bernabé-González T, Cayetano-Catarino M, Adán-Díaz A, Torres-Pastrana MA (2004). Cultivo de *Pleurotus pulmonarius* sobre diversos subproductos agrícolas de Guerrero, México. Revista Mexicana de Micología 18: 77-80.

Bisaria R, Madan M, Vasudevan P (1997). Utilization of agro-residues as animal feed through bioconversion. Bioresource Technology. 59: 5-8.

Bonilla-Lavado HA, Vásquez-Acosta NB, Rubiano-Rodríguez JA (2006). Evaluación de residuos orgánicos (coco y aserrín) como sustratos para la producción de *Pleurotus ostreatus* (Jacq: Fr.) en Buenaventura. Revista Institucional. Universidad Tecnológica del Chocó D. L. C. 24: 54-59.

CIES (2007). Relación de variedades comerciales de setas *Pleurotus* y otros hongos exóticos. En: Diputación Provincial de Cuenca (Eds.), El Champiñón en Castilla – La Mancha. Boletín informativo 25. Centro de Investigación, Experimentación y Servicios del Champiñón, Quintanar del Rey, Cuenca, España.

Gaitán-Hernández R (2005). Evaluación *in vitro* del hongo comestible *Pleurotus eryngii*: Efecto de diferentes suplementos orgánicos en el crecimiento micelial y producción de cuerpos fructíferos. Revista Mexicana de Micología 21: 77-84.

Gaitán-Hernández R, Salmones D (1996). Cultivo y selección de cepas de *Pleurotus* spp., con alto rendimiento. Revista Mexicana de Micología 12: 107-113.

Garzón JP, Cuervo JL (2008). Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. Nova – Publicación Científica en Ciencias Biomédicas 6: 101-236.

Gea FJ, Martínez-Carrasco A, Navarro MJ (2009). Efecto de la suplementación del sustrato sobre la cosecha de setas. Horticultura Internacional 67: 32-40.

González J, Alvira P, González G (1987). La cascarilla de arroz en la alimentación animal. II Composición químico-bromatológica. Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos 27: 139-149.

Gregori A, Svagelj M, Pahor B, Berovic M, Pohleven F (2008). The use of spent brewery grains for *Pleurotus ostreatus* cultivation and enzyme production. New Biotechnology 25: 157-161.

Khanna PK, Bhandari R, Soni GL, Garcha HS (1992). Evaluation of *Pleurotus* spp. for growth, nutritive value and antifungal activity. Indian Journal of Experimental Biology 32: 197-200.

Klibansky MM, Mansur M, Gutierrez I, González L (1993). Production of *Pleurotus ostreatus* mushrooms on sugar cane agrowastes. Acta Biotechnology 13: 71-78.

Krantz GW (1986). A Manual of Acarology, 2nd Ed. Oregon St. Univ. Book Stores, Inc., Corvallis, OR, EE.UU.

Kurt S, Buyukalaca S (2010). Yield performances and changes in enzyme activities of *Pleurotus* spp. (*P. ostreatus* and *P. sajor-caju*) cultivated on different agricultural wastes. Bioresource Technology. 101: 3.164-3.169.

López-Rodríguez C, Hernández-Corredor R, Suárez-Franco C, Borrero M (2008). Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del Departamento de Cundinamarca. Universitas Scientiarum 13: 128-137.

Lozano JC (1990). Producción comercial del champiñón *Pleurotus ostreatus* en pulpa de café. Revista Colombiana de Fitopatología 14: 42-56.

MAGRAMA (2016). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. En línea: [http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/avances-superficies-producciones-agricolas/]

MAPA (1994). Métodos Oficiales de Análisis. Tomo III. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España.

Marino RH, Eira AF, Cardoso EQ (2006). Melhoramento genético de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. por cruzamento multispóricos visando a obtenção de isolados resistentes ao calor. Hoehnea 33: 349-357.

Mata GR, Gaitán-Hernández R (1995). Cultivo de *Pleurotus* en hojas de caña de azúcar. Revista Mexicana de Micología 11: 17-22.

Medina R, Cisterna C (2002). Hongos comestibles. Micotec Ltda. En línea: [http:www.micotec.cl/oportunidades.html].

Nombela G, Bello A (1983). Modificaciones al método de extracción de nematodos fitoparásitos por centrifugación en azúcar. Boletín del Servicio de Plagas 9: 183-189.

Olivier JM (1994). Developments in the cultivation of specialty mushroom with emphasis on *Pleurotus* and *Shiitake*. Mushroom Information 96: 5-19.

Pardo A, Perona MA, Pardo J (2005a). Evaluación de nuevos materiales en la elaboración de sustratos específicos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer. Cuadernos de Fitopatología 85: 77-83.

Pardo A, Perona MA, Pardo J (2005b). Utilización de raspón de uva en la elaboración de sustratos específicos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 101: 59-69.

Pardo A, Perona MA, Pardo J (2007). Nuevos materiales y tratamientos en la elaboración de sustratos para cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer. Cuadernos de Fitopatología 91: 7-13.

Pardo J, López Mondéjar C (2004). Aprovechamiento del alperujo de la industria de aceite de oliva para la producción de hongos comestibles. En: Diputación Provincial de Cuenca (Eds.), Actas de las III Jornadas Técnicas del champiñón y otros hongos comestibles en Castilla – La Mancha, 69-115. Iniesta, Cuenca, España.

Patra AK, Pani BK (1995). Evaluation of banana leaf as a new alternate substrate to paddy straw for oyster mushroom cultivation. Journal of Phytologycal Research 8: 145-148.

Peng JT (1996). The cultivation of *Pleurotus eryngii* (DC.: Fr.) Quél. on rice straw substrate. Journal of Agriculture Research of China 45: 382-387.

Pérez MR, Mata G (2005). Cultivo y selección de cepas de *Pleurotus ostreatus* y *P. pulmonarius* en viruta de pino: obtención de nuevas cepas y evaluación de su producción. Revista Mexicana de Micología 20: 53-59.

Philippoussis A, Zervakis G, Diamantopoulou P (2001). Bioconversion of lignocellulosic wastes through the cultivation of the edible mushrooms *Agrocybe aegerita, Volvariella volvacea* and *Pleurotus* spp. World Journal of Microbiology and Biotechnology 17: 191-200.

Picornell MªR, De Juan JA, Pardo A (2010). Reutilización de sustratos postcultivo de hongos comestibles en el cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Albacete, Universidad de Castilla – La Mancha, España.

Rinker DL (2002). Handling and using "spent" mushroom substrate around the world. En: Mushroom Biology and Mushroom Products (Eds. Sánchez JE, Huerta G, Montiel E), 43-60. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, México.

Rodríguez Barreal JA (1987). El *pleurotus ostreatus*, hongo comestible: su cultivo sobre sustratos lignocelulósicos. Ed. Fundación Conde del Valle de Salazar, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Madrid.

Rühl M, Fischer CH, Kües U (2008). Ligninolytic enzyme activities alternate with mushrooms production during industrial cultivation of *Pleurotus ostreatus* on wheat-straw-based substrate. Current Trends in Biotechnology and Pharmacy 4: 478-492.

Salmones D, Gaitán-Hernández R, Pérez R, Guzmán G (1997). Estudio sobre el género *Pleurotus* VIII. Interacción entre cruzamiento micelial y productividad. Revista Iberoamericana de Micología 14: 173-176.

Sánchez JE, Orozco GM, Hernández D, Nieto MG, Márquez FJ (2006). Capacidad del género *Pleurotus* para la degradación del insecticida endosulfán. El Cromosoma. Boletín del Colegio de Biotecnólogos de Chiapas 2: 31-120.

Sánchez C (2010). Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms. Applied Microbiology and Biotechnology 85: 1.321-1.337.

Song B (2005). Manual del cultivador de hongos 1. Capítulo 1. Introducción a los hongos. MushWorld.

TECATOR (1987). Determination of Kjeldahl Nitrogen Content with the Kjeltec Auto 1030 Analyzer. Tecator Application Note 30/87, Hönagäs, Sweden.

Upadhyay RC, Vijay B. (1991). Cultivation of *Pleurotus* species during winter in India. En: Science and Cultivation of Edible Fungi (Ed. Maher MJ.), 533-536. Balkema. Rotterdam, Holanda.

Upadhyay RC, Verma RN, Singh SK, Yadav MC (2002). Effect of organic nitrogen supplementation in *Pleurotus* species. En: Mushroom Biology and Mushroom Products (Eds. Sánchez JE, Huerta G, Montiel G.), 225-232. WSMBMP, Cuernavaca, México.

Velázquez-Cedeño MA, Mata G, Savoie JM (2002). Waste-reducing cultivation of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus pulmonarius* on coffee pulp: changes in the production of some lignocellulolytic enzymes. World Journal of Microbiology and Biotechnology 18: 201-207.

Vogel F, Salmones D (2000). Análisis comparativo de la productividad de cepas de *Pleurotus* spp. cultivadas en una planta comercial Revista Iberoamericana de micología 17: 138-141.

(Aceptado para publicación el 7 de abril de 2016)

Influencia de diferentes sistemas de calefacción sobre el desarrollo, producción y calidad de un cultivo de tomate en invernadero

P. Marín, D.L. Valera*, F.D. Molina-Aiz, A. López, L.J. Belmonte y M.A. Moreno

Centro de Investigación CIAIMBITAL. Universidad de Almería. Ctra. de Sacramento s/n. 04120 Almería (España)

Resumen

Debido a la relación de la temperatura en todos los aspectos del desarrollo de las plantas en el invernadero, el uso de calefacción incluso en países con clima templado, puede implicar un aumento en la producción y en la eficiencia del invernadero. Además, el tipo de invernadero está relacionado con su microclima interior y, en consecuencia, con la calidad y producción del cultivo. El objetivo de este ensayo ha sido analizar y comparar el efecto sobre el desarrollo de la planta, la calidad de los frutos y la producción total de un cultivo de tomate en invernadero, bajo dos sistemas diferentes de calefacción y ventilación natural, y dos tipos de invernaderos, además de determinar los consumos de combustible y eléctricos de cada uno. Los ensayos se han realizado en tres invernaderos multitúnel y uno tipo Almería, durante los ciclos de otoño-invierno en dos campañas agrícolas. Sólo en campañas en las que el cultivo está expuesto a temperaturas por debajo de 8 ºC durante largos periodos de tiempo se observan diferencias en la producción, siendo los resultados favorables a los invernaderos con calefacción. El coste del combustible de los sistemas de calefacción no ha sido compensado con los incrementos productivos. En cuanto a los tipos de invernaderos estudiados, han existido diferencias en la calidad de los frutos y la producción final, obteniéndose una mejor respuesta de estos parámetros en los invernaderos tipo multitúnel.

Palabras clave: Invernadero, control climático, cultivos.

Abstract
Influence of different heating systems on the development, production and quality of a tomato crop

Due to the influence of temperature on all aspects of greenhouse plant development, heating systems can be used to increase both production and greenhouse efficiency, even in mild climates. In addition, the type of greenhouse has an impact on the microclimate inside, and thus on crop quality and yield. The aim of the experiment was to analyse and compare the effect of two heating systems and natural ventilation in two different types of greenhouses on plant development, fruit quality and total yield, taking into account the fuel and electricity consumption. The experiments were carried out in three multi-tunnel greenhouses and one Almería-type greenhouse over the autumn-winter period in two agricultural seasons. Differences in yield were only campaigns in which the crop is exposed to temperatures below 8ºC for long periods, showing a better performance of heated greenhouses. However, the fuel costs of the heating systems were not offset by the increase in yield. Differences in both fruit quality and final yield were observed depending on the type of greenhouse, showing the best results in multi-tunnel greenhouses.

Key words: Greenhouse, climate control, crops.

* Autor para correspondencia: dvalera@ual.es
https://doi.org/10.12706/itea.2016.023

Introducción

Las tasas de inicio del desarrollo de las hojas y de los frutos disminuyen linealmente con la reducción de la temperatura, aunque estas tasas pueden ser diferentes según el tipo de cultivo, su respuesta a la temperatura es la misma. En el caso del tomate, que es el principal cultivo en los invernaderos de Almería, ya que supone un 37,7% del total de los cultivos (Valera *et al.,* 2016), la temperatura óptima durante la noche es 13-16ºC y durante el día 22-26ºC, encontrándose la temperatura mínima biológica entre 8 y 10ºC, y la temperatura mínima letal entre -2 y 0ºC (Tesi, 2001).

A temperaturas sub-óptimas, la fructificación se reduce como consecuencia de una peor calidad del polen (Van der Ploeg y Heuvelink, 2005). La sensibilidad a la temperatura no es igual durante todo el período de crecimiento del fruto. Las temperaturas más altas durante las primeras semanas acortan el tiempo para la madurez (De Koning, 1994), sin embargo, hay un período durante el cual una mayor temperatura apenas aumenta la tasa de desarrollo del tomate (De Koning, 1994; Adams *et al.,* 2001). La temperatura también afecta a la calidad de la fruta, ya que tiene una influencia directa sobre el metabolismo y, por tanto, afecta a la estructura celular y a otros componentes que determinan la calidad, tales como color, textura, tamaño y propiedades organolépticas (Dorais *et al.,* 2001). El rendimiento total en una temporada completa podría ser igual en temperaturas más bajas, pero los precios de tomate son más altos a principios de la temporada (Van der Ploeg y Heuvelink, 2005).

La distribución biogeográfica original de las especies que se cultivan en el sudeste español, protegidas bajo invernadero de plástico, tiene lugar en latitudes subtropicales, generalmente asociadas a regímenes térmicos menos variables y temperaturas mínimas más elevadas, superiores a 12ºC, límite considerado como el mínimo por debajo del cual estas especies ralentizan el crecimiento y presentan síntomas de deterioro (López *et al.,* 2000). Verlodt (1990) establece el umbral de las temperaturas mínimas nocturnas entre 15 y 18,5ºC, por debajo de las que se necesitaría incorporación de calor para un adecuado crecimiento y desarrollo de los cultivos (López *et al.,* 2000). En la zona mediterránea, las temperaturas no suelen alcanzar valores mínimos extremos para los cultivos, aunque es común que durante las noches invernales desciendan por debajo de los 10ºC. Por esto, la calefacción en los invernaderos es esencial incluso en países con clima templado, con el fin de maximizar la producción de cultivos en términos de cantidad y calidad, y por lo tanto para aumentar la eficiencia global del invernadero (Kittas *et al*., 2011).

A pesar de ello, según Valera *et al.* (2016), la implantación de sistemas de calefacción es aún muy minoritaria en los invernaderos de Almería (España), siendo solo del 8,4% del total de los invernaderos. El sistema más difundido en la provincia es la calefacción por combustión indirecta (3,3% del total de los invernaderos de la provincia de Almería), los sistemas de calefacción mediante tuberías de agua caliente sólo se encuentran en un 0,5% del total de los invernaderos de la provincia de Almería (Valera *et al.,* 2016).

Según el tipo de calefacción la distribución del calor es más o menos uniforme; en los sistemas por convección y radiación es más uniforme que en los sistemas por aire, al situar las tuberías cerca del cultivo y mantener unos gradientes térmicos bajos (López *et al*., 2000). Con la calefacción por tuberías de agua caliente, las hojas (especialmente las que se enfrentan a los tubos) están generalmente más calientes que el aire, en contraste con la calefacción de aire, en la que las hojas están generalmente más frías que el aire (Teitel *et al.,* 1999; Tadj *et al.,* 2010). Este hecho provoca que la calefacción de aire sea un mé-

todo en el que existan mayores posibilidades de desarrollar enfermedades de hongos debido a una mayor incidencia de la condensación del vapor (Teitel *et al.,* 1999). El uso combinado de tubos de calefacción y calentadores de aire mejora la actividad de la planta y reduce la tasa de condensación. Este método de calentamiento conduce a un aumento en el consumo de energía de hasta el 19%, además de crear una distribución del clima más heterogénea en comparación con el caso en el que sólo se utilizan tubos de calefacción (Bartzanas *et al.,* 2005; Tadj *et al*., 2010). Una estrategia de ahorro energético en invernaderos mediterráneos con calefacción de tipo radiante (por agua caliente) en climas templados, es apagar o bajar la temperatura de consigna de la calefacción en la madrugada (Perdigones *et al.*, 2006). Según Perdigones *et al.* (2006), en invernaderos mediterráneos, el uso de dos o tres grupos de generadores de aire caliente también mejora la eficiencia térmica del invernadero (4% a 10% de ahorro de energía), y da lugar a un menor número de variaciones de temperatura, en comparación con el uso de un único grupo para una misma potencia final. Además, se produce un exceso de calor en la primera parte de la noche que provoca un desperdicio de energía y un método de ahorro sería el control de paso de los calentadores. Las simulaciones muestran que este tipo de control siempre mejora el rendimiento térmico de los invernaderos. Debido al costo relativamente alto y la disponibilidad incierta de los combustibles fósiles, se genera especial atención en nuevas fuentes de energía y en energías renovables, como medio alternativo para la calefacción de los invernaderos (Bascetincelik *et al.*, 1999).

Según Valera *et al.* (2016), en la provincia de Almería los invernaderos "tipo Almería" suponen el 94,3% del total. Estos invernaderos son instalaciones artesanales de bajo coste que se caracterizan porque gran parte de sus elementos estructurales son flexibles y están formados por alambres individuales o trenzas, sometidos a una tensión inicial durante el proceso de construcción. El material de cerramiento utilizado es polietileno de baja densidad, que se sitúa entre dos mallas de alambre. Otro tipo de invernaderos son los invernaderos multitúnel que están siendo adoptados en un continuo y mantenido aumento, de forma que en 1997 un 0,6% de los invernaderos eran de este tipo y en la actualidad ya suponen un 5,2% del total de los invernaderos de la provincia.

En los invernaderos mediterráneos los factores que tienen mayor importancia en el control climático son la superficie y el tipo de aperturas de ventilación utilizadas (Wacquant, 2000), los cuales son diferentes según el tipo de estructura. Actualmente, en la provincia de Almería, se construyen derivaciones mejoradas de los invernaderos tradicionales, con mayor volumen interior, más herméticos, con inclinación a dos aguas de la cubierta que permiten la instalación de ventilación cenital y otras mejoras (Valera *et al.,* 2016), no obstante, en periodos fríos suelen tener exceso de humedad por goteo de la condensación y a veces por entrada de lluvia y como consecuencia de este y otros factores las producciones son comparativamente bajas y la calidad depende mucho de las condiciones meteorológicas (Montero, 2012). La superficie cubierta con invernaderos de tipo multitúnel continúa en ascenso, con más volumen interior, incrementando la superficie de ventilación, más herméticos y por ello, con mayores posibilidades de incorporar sistemas activos de control climático, aunque también tienen problemas de condensación y un coste más elevado entre otros. No obstante, cada mejora tecnológica debe justificarse con un incremento previsto de la rentabilidad de la explotación, donde juega también un papel central el cultivo y la comercialización (Valera *et al.,* 2016).

El objetivo de este ensayo ha sido analizar y comparar el efecto sobre el desarrollo de la planta, la calidad de los frutos y la producción total de un cultivo de tomate en invernadero bajo dos sistemas diferentes de calefacción, además de determinar los consumos de combustible y de energía eléctrica de cada uno.

Material y métodos

Los invernaderos se encuentran situados en el Campo de Prácticas de la Universidad de Almería "Catedrático Eduardo Fernández" de la Fundación UAL-ANECOOP, siendo su situación: Longitud: 2º 17' O, Latitud: 36º 51' N y Altitud: 90 m. Los ensayos se realizaron en cuatro invernaderos, tres de tipo multitúnel y uno "tipo Almería". Las bandas laterales de los tres invernaderos multitúnel (invernaderos 1, 2 y 3) están cubiertas con láminas onduladas de policarbonato de 2 mm de espesor. Las bandas laterales del invernadero tipo Almería (invernadero 4), además de la cubierta de todos ellos, disponen de film tricapa, de tres campañas, de 800 galgas, térmico y traslúcido con una alta difusión de luz, evitando el efecto sombra de los cultivos. El plástico de todos los invernaderos se cambió en agosto de 2011. Podemos observar las características principales de estos invernaderos en la Tabla 1.

El invernadero 1 dispone de un sistema de calefacción por aire mientras que en el invernadero 2 el sistema de calefacción es por agua. Se utilizaron dos generadores de aire caliente por combustión indirecta GP80 (Munters Spain S.A.) de 99 kW de potencia nominal con un rendimiento térmico del 88,5% y un caudal de aire de 5800 $m^3 \cdot h^{-1}$. Los calefactores funcionan con quemadores de gasoil RG2 Gulliver (Riello S.p.A.) con caudal variable de 4 a 10 $kg \cdot h^{-1}$ (de 47 a 119 kW). El sistema de calefacción por agua está formado por una caldera de biomasa BIOSELECT350 (LASIAN Tecnología del Calor S.L.) con una potencia de 350 kW y un rendimiento del 91%. El combustible utilizado fue hueso de aceituna. Ambos sistemas de calefacción funcionaron durante la noche con una temperatura de consigna en el interior de los invernaderos de 8ºC. Durante la campaña 2011-12 la calefacción funcionó desde el 10 de noviembre de 2011 hasta el 1 de marzo de 2012. Durante la campaña 2012-13 la calefacción funcionó desde el 27 de noviembre de 2012 hasta el 18 de febrero de 2013.

Tabla 1. Características principales de los invernaderos
Table 1. Main characteristics of greenhouses

Parcela	1-E	1-O	2-E	2-O	3-E	3-O	4
Invernadero	1	1	2	2	3	3	4
Sector	Este	Oeste	Este	Oeste	Este	Oeste	–
Ancho (m)	24	24	24	24	18	18	47
Longitud (m)	25	20	25	20	25	20	45
Altura cenital (m)	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	4,7
Orientación	E-O	E-O	E-O	E-O	E-O	E-O	E-O
Superficie de ventilación cenital (%)	10,9	10,6	10,9	10,6	9,7	9,4	4
Superficie de ventilación lateral (%)	–	–	7,9	7,7	9,9	9,5	12,9
Superficie de ventilación total (%)	10,9	10,6	18,8	18,3	19,6	18,9	16,8

Cada invernadero multitúnel se encuentra dividido transversalmente en dos partes, constituyendo cada mitad de invernadero una parcela de los ensayos, quedando todos ellos orientados este-oeste, según el sentido de las cumbreras. En las ventanas laterales y cenitales se dispusieron mallas anti-insectos de 10×20 hilos/cm^2 con una porosidad del 35,0% en las mitades este de los invernaderos, y de 13×30 hilos/cm^2 con una porosidad del 26,3% en las mitades oeste.

El cultivar empleado en la campaña 2011-12 fue *Solanum lycopersicum* L. cv. Ventero, con una densidad de plantación de 1 planta/m^2. El ciclo de este cultivo fue anual (de agosto de 2011 a junio de 2012), se trasplantó el 24 de agosto de 2011, se inició la recolección el 23 de noviembre de 2011 la cual se finalizó el 10 de junio de 2012. El cultivar empleado en la campaña 2012-13 fue *Solanum lycopersicum* L. cv. Marilú, con una densidad de plantación de 1,82 plantas/m^2. El ciclo de este cultivo fue corto (de agosto de 2012 a febrero de 2013), se trasplantó el 29 de agosto de 2012, se inició la recolección el 23 de noviembre de 2012 la cual se finalizó el 18 de febrero de 2012. Se trasplantó en sacos de cultivo de 30×30 cm, el tipo de sustrato fue mezcla de fibra de coco y turba (pH: 6,3; CE: 0,9). Las labores culturales asociadas al manejo del cultivo en el transcurso de su desarrollo vegetativo y cosecha tuvieron como propósito principal conseguir los máximos rendimientos, y todas ellas fueron realizadas por igual en las distintas parcelas.

La medida de los parámetros climáticos exteriores se realizó mediante una estación meteorológica fija colocada a 10 m de altura y 15 m de distancia del lateral norte del invernadero 2. El registro de datos de los sensores instalados en la estación se realizó mediante un controlador de clima MultiMa (Hortimax S.L., El Ejido). En el interior de las parcelas se dispuso de cajas de medida Ektron-II-C (Hortimax S.L.). En cada caja estuvo instalada una sonda Pt-100 con una precisión de ±0.6ºC (intervalo de medida: –10ºC a 60ºC). Los parámetros climáticos medidos fueron: temperatura exterior e interior (ºC), radiación global incidente (W·m^{-2}), velocidad del viento (m·s^{-1}) y dirección del viento (º), con un intervalo de medida de 5 minutos durante los ciclos estudiados.

Para la evaluación del desarrollo del cultivo se eligieron tres líneas al azar en cada parcela y cuatro plantas por línea (12 plantas/parcela), siendo la frecuencia de muestreo 15 días. Los parámetros medidos para la evaluación del desarrollo de la planta se han realizado con ayuda de una cinta métrica y un calibre digital 150 mm (Medid Precision, S.A., España) y han sido: promedio de los dos entrenudos inferiores a la última hoja que ha alcanzado la madurez fisiológica (D1); entrenudo inmediato superior a la última hoja que ha alcanzado la madurez fisiológica (D2); diámetro del tallo (DT); número de nudos por debajo de la última hoja que ha alcanzado la madurez fisiológica en el momento de la medida (NN) y el incremento del tallo cada 15 días (ΔT), que se calculó mediante la diferencia entre distancia del último entrenudo al suelo.

Para la evaluación de la calidad de la producción se eligieron dos líneas al azar en cada parcela de experimentación y de ellas se seleccionaron 20 frutos para su evaluación. Estos parámetros se midieron cada vez que se llevó a cabo una recolección. Los parámetros medidos y sus correspondientes instrumentos de medida fueron los siguientes: peso (P, balanza electrónica PB3002-L DeltaRange®, Mettler Toledo, S.A., España); diámetro ecuatorial (D, calibre digital 150 mm, Medid Precision, S.A., España); contenido en sólidos solubles (ºBrix, refractómetro PAL-1, Atago Co. LTD., Japón); firmeza (F, penetrómetro digital PCE-FM 200, PCE-Ibérica S.L., España) y materia seca (MS, balanza electrónica PB3002-L DeltaRange®, Mettler Toledo, S.A., España, y estufa de secado y tratamiento térmico, 23 – 240 I, FD series, realizándose el secado a 70ºC durante 48 horas).

Para la evaluación de la producción se pesaron los frutos totales de las líneas consideradas en cada invernadero, con una balanza electrónica EKS Premium (E.K.S. Spain, S.A., España), de sensibilidad 10 g y capacidad máxima de 40 kg.

El consumo eléctrico se midió mediante contadores eléctricos distribuidos de manera que se monitorizasen de manera individual todos los elementos, quedando un contador monofásico de energía eléctrica de clase 1 para redes de baja tensión con visualizador digital, modelo MK-30-LCD-RS485 (Circutor, S.A., España) y cinco contadores trifásicos de energía EDMk (Circutor, S.A., España).

El análisis estadístico de los datos se ha realizado con el programa Statgraphics v.4 Plus. Se ha realizado la comparación de varias muestras mediante la Prueba de Rangos Múltiples, el método concreto empleado para discriminar entre las medias ha sido el procedimiento de diferencia mínima significativa de Fisher (LSD). Con el objetivo de estudiar cada uno de los parámetros analizados, en las campañas 2011-12 y 2012-13 se analizaron y compararon los sectores este de los tres invernaderos multitúnel y los sectores oeste de los mismos invernaderos (Tabla 2); y, por último, en la campaña 2012-13 se comparó el sector este del invernadero multitúnel 3 con el invernadero 4 tipo Almería, para analizar en este caso sólo el efecto del tipo de invernadero.

Tabla 2. Ensayos realizados en cada parcela de experimentación
Table 2. Tests performed in each experimental plot

	Sistema de calefacción[1]	Malla anti-insectos[2]	Estructura
Comparación 1			
Parcela 1-E	VN+CA	T_0	Multitúnel
Parcela 2-E	VN+CB	T_0	Multitúnel
Parcela 3-E	VN	T_0	Multitúnel
Comparación 2			
Parcela 1-O	VN+CA	T_1	Multitúnel
Parcela 2-O	VN+CB	T_1	Multitúnel
Parcela 3-O	VN	T_1	Multitúnel
Comparación 3[3]			
Parcela 3-E	VN	T_0	Multitúnel
Parcela 4	VN	T_0	Almería

E: Este. O: Oeste.

[1] VN: ventilación natural, CB: calefacción por agua caliente con caldera de biomasa, CA: calefacción por aire caliente con generadores de aire caliente por combustión indirecta.

[2] T_0: Malla testigo de 10×20 hilos/cm^2. T_1: Malla experimental de 13×30 hilos/cm^2.

[3] Durante la campaña 2012-13.

Resultados

Campaña 2011-12

Los valores medios de temperatura diaria durante esta campaña (Tabla 3) reflejan que la temperatura en el invernadero sin calefacción ha estado por debajo de la temperatura media exterior. En cuanto a las temperaturas mínimas absolutas, la menor se registró en el invernadero sin calefacción. La mínima absoluta durante la campaña en el exterior fue de -0,15ºC. En los invernaderos con calefacción, se detectan temperaturas por debajo de la temperatura de consigna, lo que fue debido al necesario tiempo de reacción del controlador. Tanto en los invernaderos con calefacción como en el exterior, el valor medio de

Tabla 3. Valores de temperaturas medias diarias, máximas y mínimas absolutas y exposición a temperaturas extremas, durante las campañas 2011-12 y 2012-13, en el exterior y en las distintas parcelas de experimentación
Table 3. Average, maximum and minimum temperatures, during 2011-12 and 2012-13 agricultural season, inside and outside the greenhouses

Parcela	Tratamiento	Tª media diaria (ºC)	Tª máxima (ºC)	Tª mínima (ºC)	Tiempo < 8ºC (h)	Tiempo < 5ºC (h)	Tiempo < 0ºC (h)
			Campaña 2011-12				
1-E	VN+CA	13,18	27,50	3,70	135,75	22,17	0,00
2-E	VN+CB	13,39	26,70	3,40	147,75	16,00	0,00
3-E	VN	11,62	24,40	0,80	378,92	90,92	0,00
1-O	VN+CA	12,98	27,40	3,60	176,33	33,42	0,00
2-O	VN+CB	12,67	25,70	2,50	199,67	32,25	0,00
3-O	VN	11,60	35,00	0,78	425,17	104,67	0,00
Exterior		11,88	23,20	-0,15	267,42	59,50	0,33
			Campaña 2012-13				
1-E	VN+CA	13,72	31,60	7,10	75,25	0,00	0,00
2-E	VN+CB	15,04	27,90	5,20	26,75	0,00	0,00
3-E	VN	12,72	27,80	3,70	261,08	23,42	0,00
1-O	VN+CA	13,66	30,10	4,90	126,83	0,33	0,00
2-O	VN+CB	13,87	28,00	4,50	62,25	4,58	0,00
3-O	VN	12,70	27,78	3,68	304,63	25,88	0,00
3-E	VN+M	12,72	27,80	3,70	261,08	23,42	0,00
4	VN+A	13,85	30,75	3,55	103,92	29,08	0,00
Exterior		12,72	24,20	3,60	110,00	0,58	0,00

[1] VN: Ventilación natural; CB: Calefacción por agua caliente con caldera de biomasa; CA: Calefacción por aire caliente con generadores de aire caliente por combustión indirecta.

la temperatura durante el período nocturno se mantuvo por encima de 8ºC (Figura 1). En el caso del invernadero sin calefacción, este valor medio bajó durante los meses de enero y febrero por debajo de 8ºC. En esta campaña el cultivo estuvo expuesto por debajo 8ºC durante 425,17 horas (Tabla 3), por debajo de 5ºC durante 104,67 horas, y en ningún momento por debajo de 0ºC.

La radiación global incidente se situó entre 208,8 y 367,5 W m^{-2}, la velocidad del viento media osciló entre 2,2 y 4,0 m s^{-1} y la dirección del viento predominante fue SO.

Según los distintos parámetros de crecimiento de la planta medidos analizados en esta campaña (Tabla 4), en las parcelas dispuestas en el lado este de los invernaderos, existen diferencias estadísticamente significativas en los parámetros incremento medio del tallo y distancia media de entrenudos por encima de la última hoja verdadera, entre el invernadero 2, con calefacción por agua caliente, y el invernadero 3, sin calefacción. Los valores más bajos los encontramos en el invernadero sin calefacción. En las parcelas dispuestas en el lado oeste, las diferencias estadísticamente significativas aparecen en el parámetro distancia media de entrenudos por debajo de la última hoja verdadera, entre el invernadero 2 y el 3. Además, encontramos diferencias en el parámetro distancia media de entrenudos por encima de la última hoja verdadera, entre el invernadero 3, sin calefacción y los otros dos. Al igual que ocurre en las parcelas en disposición hacia el este, los valores más bajos los encontramos en el invernadero sin calefacción. Sin embargo, en el caso del diámetro

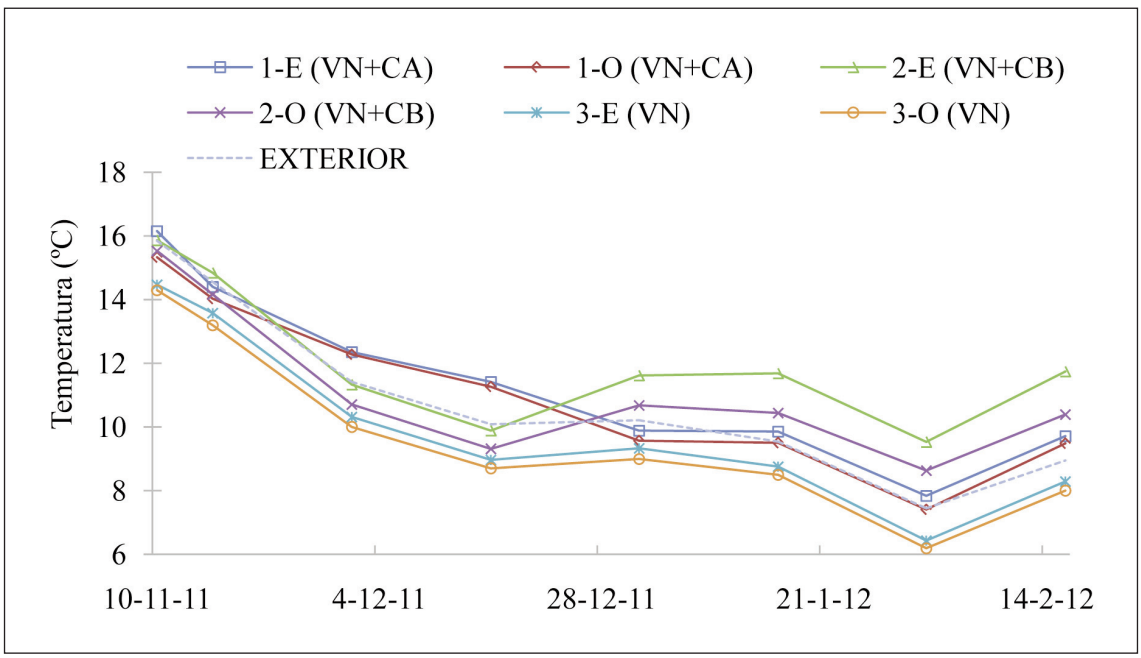


Figura 1. Media quincenal de la temperatura nocturna. Campaña 2011-12.
[VN: Ventilación natural. CB: Calefacción por agua caliente con caldera de biomasa.
CA: Calefacción por aire caliente con generadores de aire caliente por combustión indirecta].
Figure 1. Average values of night temperature for fortnightly intervals. 2011-12 agricultural season.

Tabla 4. Valores medios de los parámetros de crecimiento del cultivo
Table 4. Average values of the growth parameters measured

Invernadero	Tratamiento	DT[1] (mm)	ΔT[2] (cm)	D1[3] (cm)	D2[4](cm)	NN[5]
			Campaña 2011-12			
1	VN+CA	13,92 a	35,57 ab	9,17 a	8,46 ab	20,57 a
2	VN+CB	14,57 a	38,86 b	9,46 a	8,89 b	20,57 a
3	VN	15,80 b	32,99 a	8,99 a	7,80 a	20,08 a
1	VN+CA	14,08 a	37,36 a	9,06 ab	8,84 b	20,60 a
2	VN+CB	14,39 a	39,32 a	9,53 b	8,79 b	20,62 a
3	VN	15,71 b	34,68 a	8,72 a	8,08 a	19,99 a
			Campaña 2012-13			
1	VN+CA	9,46 a	24,77 a	10,17 c	7,17 a	14,86 a
2	VN+CB	9,38 a	22,54 a	10,33 b	7,65 b	14,24 a
3	VN	9,40 a	20,99 a	9,60 a	6,55 a	13,70 a
1	VN+CA	9,40 a	23,86 a	10,73 c	8,27 a	15,17 a
2	VN+CB	9,30 a	21,98 a	10,49 b	7,65 a	13,99 a
3	VN	9,50 a	21,80 a	8,83 a	6,97 a	14,98 a
3	VN+M	9,40 a	20,99 a	9,60 b	6,55 a	13,70 a
4	VN+A	9,40 a	22,44 a	8,46 a	6,74 a	18,92 b

En cada columna y campaña, letras distintas indican una diferencia significativa con un nivel del 95,0% de confianza.

[1] Diámetro del tallo; [2] Incremento medio del tallo cada 15 días; [3] Distancia media de entrenudos por debajo de la última hoja verdadera; [4] Distancia media de entrenudos por encima de la última hoja verdadera; [5] Número de nudos.

VN: Ventilación natural; CB: Calefacción por agua caliente con caldera de biomasa; CA: Calefacción por aire caliente con generadores de aire caliente por combustión indirecta; M: Invernadero tipo multitúnel; A: Invernadero tipo Almería.

del tallo, los mayores valores aparecen en el invernadero sin calefacción, existiendo diferencias entre éste y los otros dos invernaderos con calefacción, tanto en las parcelas dispuestas en dirección este como en las dispuestas al oeste.

Comparando los sistemas de calefacción, en ambos sectores, se han obtenido resultados similares en cuanto a los parámetros de calidad de los frutos (Tabla 5). En general podemos decir que se han desarrollado frutos más grandes, más pesados y con mayor firmeza en el invernadero sin sistema de calefacción. También se puede destacar que se han obtenido frutos con mayores niveles de sólidos solubles y mayores porcentajes de materia seca en el invernadero con calefacción por aire caliente, existiendo diferencias entre este invernadero y los otros dos en ambos sectores.

Tabla 5. Valores medios de los parámetros de calidad del fruto
Table 5. Average values of the fruit quality parameters

Parcela	Tratamiento	P (g)	MS (%)	D (mm)	F (kg·cm^{-2})	ºBrix
			Campaña 2011-12			
1-E	VN+CA	112,88 a	6,05 c	63,16 a	1,78 ab	5,37 b
2-E	VN+CB	115,75 ab	5,64 a	63,56 a	1,69 a	5,00 a
3-E	VN	121,05 b	5,88 b	64,91 b	2,05 b	5,06 a
1-O	VN+CA	105,04 a	5,90 b	61,37 a	1,62 a	5,34 b
2-O	VN+CB	109,29 ab	5,72 a	62,11 ab	1,39 a	5,12 a
3-O	VN	115,78 b	5,46 a	63,59 b	1,70 b	4,87 a
			Campaña 2012-13			
1-E	VN+CA	98,52 a	7,44 b	58,03 a	3,11 a	5,00 a
2-E	VN+CB	99,71 a	7,13 a	58,38 a	2,97 a	4,81 a
3-E	VN	100,75 a	7,09 a	59,01 a	3,40 b	4,89 a
1-O	VN+CA	96,05 a	7,46 b	57,18 a	3,24 b	5,03 a
2-O	VN+CB	97,01 a	7,20 a	57,96 ab	2,93 a	4,85 a
3-O	VN	99,14 a	7,07 a	58,54 b	3,26 b	5,04 a
3-E	VN+M	100,75 b	7,09 b	59,01 b	3,40 b	4,89 b
4	VN+A	94,27 a	6,51 a	56,97 a	3,01 a	4,49 a

Para cada campaña y columna, letras distintas indican una diferencia significativa con un nivel del 95,0% de confianza.

P: Peso del fruto; MS: Materia seca; D: Diámetro del fruto; F: Firmeza. ºBrix: contenido en sólidos solubles; VN: Ventilación natural; CB: Calefacción por agua caliente con caldera de biomasa; CA: Calefacción por aire caliente con generadores de aire caliente por combustión indirecta; M: Invernadero tipo multitúnel; A: Invernadero tipo Almería.

En cuanto a la producción total obtenida en cada uno de los diferentes invernaderos podemos observar como en los dos invernaderos con calefacción la producción ha sido superior a la obtenida en el invernadero sin calefacción (3-O: 5,30 kg·m^{-2} y 3-E: 4,60 kg·m^{-2}) (Figura 3). De los dos sistemas de calefacción estudiados, en el de agua caliente (2-O: 6,64 kg·m^{-2} y 2-E: 7,18 kg·m^{-2}) se obtuvo mayor producción que en el de aire caliente(1-O: 6,47 kg·m^{-2} y 1-E: 6,51 kg·m^{-2}). Según la producción acumulada, los invernaderos con calefacción mantienen una tendencia común, incrementándose su valor de manera constante, Pero en el invernadero sin calefacción, en sus dos sectores, existe un periodo desde enero hasta principios de febrero, en el que la producción aumentó de manera más lenta. Este periodo coincide con el periodo en el que la media de la temperatura nocturna (Figura 1) se encontró por debajo de la temperatura de consigna (8ºC).

El consumo total de gasoil fue 1,35 L·m^{-2}, con un coste de 1,41 €/m^2; y en el caso de la

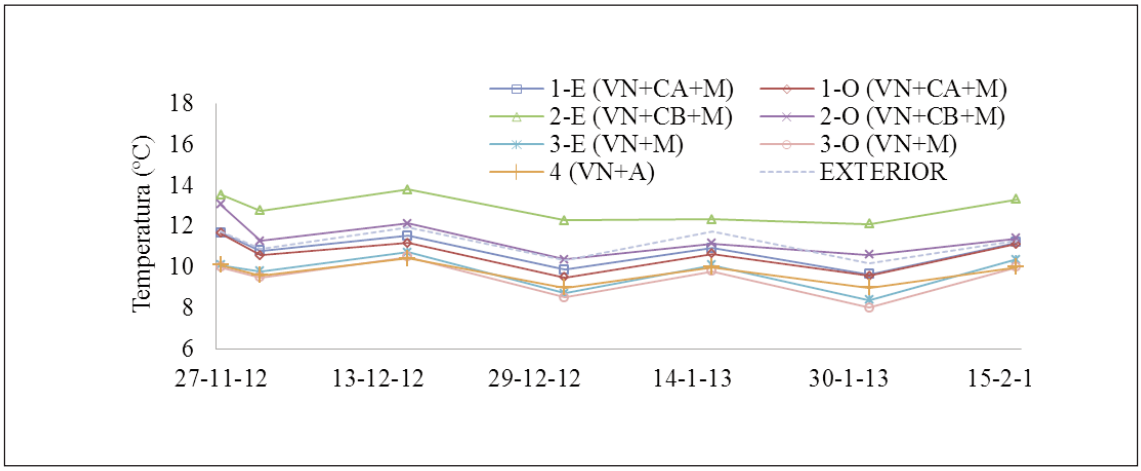


Figura 2. Media quincenal de la temperatura nocturna. Campaña 2012-13.
[VN: Ventilación natural. CB: Calefacción por agua caliente con caldera de biomasa.
CA: Calefacción por aire caliente con generadores de aire caliente por combustión indirecta.
M: Invernadero tipo multitúnel. A: Invernadero tipo Almería].
Figure 2. Average values of night temperature for fortnightly intervals. 2012-13 agricultural season.

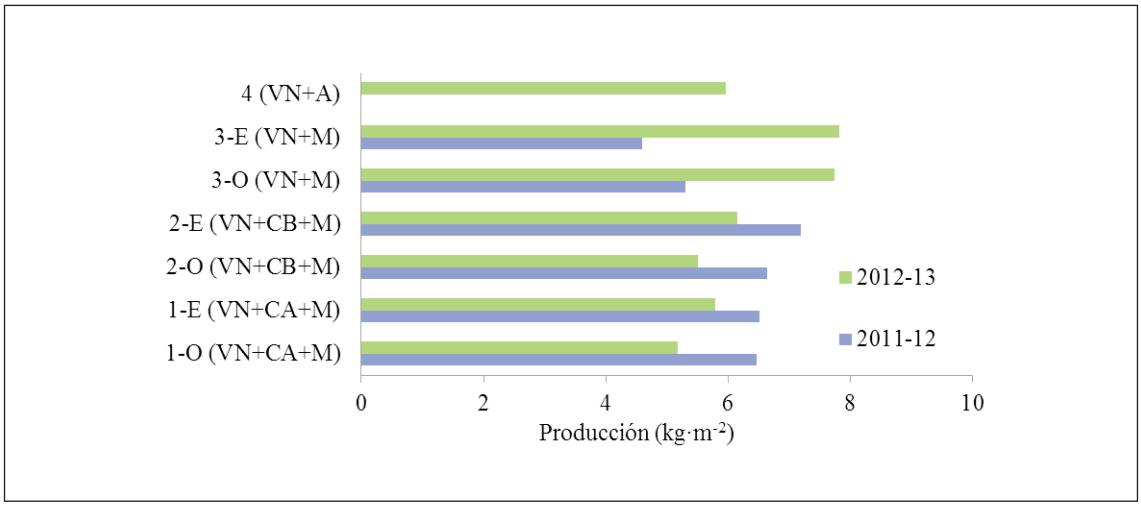


Figura 3. Producción comercial total obtenida durante las campañas 2011-12 y 2012-13.
VN: Ventilación natural. CB: Calefacción por agua caliente con caldera de biomasa.
CA: Calefacción por aire caliente con generadores de aire caliente por combustión indirecta.
M: Invernadero tipo multitúnel. A: Invernadero tipo Almería.
Figure 3. Production obtained during the agricultural seasons 2011-12 and 2012-13.

calefacción por agua se consumieron 18,52 kg de biomasa/m^2, con un coste de 3,36 €/m^2.

Además de estos costes habría que sumarles los correspondientes al consumo eléctrico, en el cual se ha observado una mayor demanda energética en el invernadero con calefacción por agua caliente, 4,99 kWh·m^{-2}, estando ésta muy por encima de los otros dos. El consumo de energía eléctrica fue el invernadero con calefacción por aire caliente de 0,95 kWh·m^{-2} y en el invernadero con ventilación natural de 0,17 kWh·m^{-2}.

Campaña 2012-13

Los valores medios de temperatura diaria durante esta campaña (Tabla 3) reflejan que la temperatura en el invernadero sin calefacción ha sido menor o igual que la temperatura media exterior. En cuanto a las temperaturas mínimas absolutas en los invernaderos, la menor la encontramos en el invernadero sin calefacción. La mínima absoluta durante la campaña en el exterior fue de -3,60ºC. Por debajo de todas éstas encontramos la mínima absoluta del invernadero 4. En los invernaderos con calefacción, aparecen temperaturas por debajo de la temperatura de consigna, al igual que en la campaña anterior y por los mismos motivos, aunque en este caso las mínimas absolutas son superiores, ya que la temperatura durante esta campaña fue más alta que en la anterior. En todos los invernaderos y en el exterior, el valor medio de la temperatura durante el período nocturno (Figura 2) se mantuvo por encima de 8ºC. En esta campaña el cultivo estuvo expuesto por debajo de 8ºC durante 304,63 horas (Tabla 3), por debajo de 5ºC durante 25,88 horas, y en ningún momento por debajo de 0ºC.

La radiación global incidente se situó entre 183,8 y 310,8 W m^{-2}, la velocidad del viento media osciló entre 2,3 y 3,8 m s^{-1} y la dirección del viento predominante fue SO.

Según los distintos parámetros de crecimiento de la planta medidos y analizados en esta campaña que podemos ver resumidos en la tabla 4, tanto en los sectores este como oeste se ha observado la tendencia a un mayor incremento del tallo (24,77 cm) y número de nudos (14,86 nudos) en el invernadero con sistema de calefacción por aire caliente. Si se han registrado diferencias estadísticamente significativas en las distancia media de entrenudos por debajo de la última hoja verdadera entre los tres invernaderos, en las parcelas este y oeste, y en la distancia media de entrenudos por encima de la última hoja verdadera entre el invernadero con calefacción por agua caliente y los otros dos, sólo en las parcelas este. En el resto de parámetros no han existido diferencias entre tratamientos. En cuanto a los dos tipos de estructuras estudiadas, encontramos diferencias en la distancia media de entrenudos por debajo de la última hoja verdadera (9,60 cm), siendo esta favorable a la estructura multitúnel. Por otro lado, se registró mayor número de nudos en el invernadero tipo Almería (18,92 nudos).

En la Tabla 5 se pueden apreciar los resultados para los parámetros de calidad de los frutos. Como en la campaña anterior, en ambos sectores hemos obtenido resultados similares. Se han desarrollado frutos más pesados, más grandes y con mayor firmeza en el invernadero sin sistema de calefacción. Los mayores porcentajes de materia seca se han dado en el invernadero con calefacción por aire caliente, existiendo diferencias entre éste y los otros dos en ambos sectores. En cuanto a los dos tipos de estructuras estudiadas encontramos diferencias estadísticamente significativas en todos los parámetros medidos, siendo estas diferencias favorables al invernadero tipo multitúnel, con mayor tamaño de fruto, porcentaje en materia seca, peso, firmeza y ºBrix.

En los dos invernaderos con calefacción la producción obtenida ha estado por debajo de la

del invernadero sin calefacción (3-O: 7,74 kg·m^{-2} y 3-E: 7,82 kg·m^{-2}) (Figura 3). Entre los dos sistemas de calefacción no han existido diferencias (1-O: 5,18 kg·m^{-2}, 1-E: 5,78 kg·m^{-2}, 2-O: 5,50 kg·m^{-2} y 2-E: 6,15 kg·m^{-2}). En cuanto a las estructuras estudiadas, comparando el invernadero 3-E, con estructura multitúnel y sin sistema de calefacción y el invernadero 4, con las mismas características, pero en este caso con estructura tipo Almería, observamos diferencias de 1,67 kg·m^{-2}.

En cuanto al consumo de combustible asociado al sistema de calefacción por aire caliente ha sido de 0,47 L de gasoil·m^{-2}, con un coste de 0,53 €/m^2 y en el caso de la calefacción por agua caliente de 16,67 kg de biomasa·m^{-2}, con un coste de 3,03 €/m^2. Como en la campaña anterior el presupuesto necesario de biomasa ha sido muy superior al presupuesto de gasoil.

El consumo eléctrico ha sido superior en el invernadero con calefacción por agua caliente (4,11 kWh·m^{-2}), en el invernadero con calefacción por aire caliente ha sido 0,38 kWh·m^{-2} y en el invernadero con ventilación natural ascendió a 0,33 kWh·m^{-2}.

Discusión

En las dos campañas estudiadas las condiciones climáticas han sido diferentes, siendo la demanda de calefacción más elevada en la primera que en la segunda. Debido a ello, se ha observado una importante diferencia del número de horas que las plantas han estado expuestas a temperaturas inferiores a 8ºC (mínima biológica según Tesi, 2001) y a temperaturas inferiores a 0ºC (mínima letal según Tesi, 2001). Así pues, en la campaña 2011-12 la exposición a temperaturas extremas ha sido superior que durante la campaña 2012-13. Esto no sólo justifica el mayor consumo de combustible y eléctrico durante la primera campaña, sino que explica en cierta medida los diferentes resultados obtenidos en la producción en cada campaña.

Se ha observado un incremento de la longitud del tallo menor en el invernadero sin sistema de calefacción en las dos campañas. La altura de la planta se reduce cuando las plantas están expuestas a temperaturas medias inferiores (Nieuwhof *et al*. 1997), aunque esta reducción es indirecta, pues es causada por una reducción en el número de hojas formadas (Van der Ploeg y Heuvelink, 2005).

Los frutos más grandes, pesados y firmes, en las dos campañas, se han dado en el invernadero sin sistema de calefacción. Según Van der Ploeg y Heuvelink (2005), las temperaturas más bajas aumentan el tiempo necesario para la maduración y por lo tanto aumentan el tamaño de los frutos. Sin embargo, si la temperatura es demasiado baja, el cuajado se ve afectado y se incrementa el número de frutos "huecos".

Durante las dos campañas estudiadas, el mayor contenido en materia seca se ha dado en el invernadero con calefacción por aire caliente y el menor en el invernadero sin calefacción. El contenido de materia seca de la fruta aumenta ligeramente con el aumento de las temperaturas entre 17ºC y 23°C (De Koning, 1994), lo que podría, por lo tanto, tener una influencia positiva en el sabor (Van der Ploeg y Heuvelink, 2005).

Con respecto a la producción total, ésta ha sido diferente en ambas campañas agrícolas. En la primera campaña (2011-12), la producción fue superior en los invernaderos con calefacción, como López *et al.* (2000) explica para un cultivo de judía en la campaña de otoño-invierno de 1995-96, que encuentra diferencias entre calefacción por aire caliente y agua caliente frente a un testigo, donde el aporte energético a través de los sistemas de calefacción produjo un incremento notable sobre la producción acumulada de judía.

Según el *Observatorio de Precios y Mercados de la Junta de Andalucía*, en la campaña 2011-12, el precio en origen del tomate fue 0,59 €/kg, considerando que los parámetros de calidad de los diferentes tratamientos se encuentran dentro de los mismos rangos y teniendo en cuenta la diferencia de producción y los costes de combustible, en el caso de la calefacción por agua caliente, a pesar de ser donde encontramos las mayores producciones, se han observado pérdidas de 1,84 €/m^2, y en el caso de la calefacción por aire caliente se han observado pérdidas de 0,28 €/m^2. Por lo que en ninguno de los dos casos está justificado el uso de calefacción. Este aspecto se debe a la presión a la baja que hay sobre el precio de las frutas y hortalizas, que en muchos casos compromete la rentabilidad de las explotaciones, y que se agrava con la tendencia al alza de los costes de cultivo.

En la segunda campaña (2012-13), debido entre otros aspectos al excepcional invierno suave, en los invernaderos con calefacción se obtuvieron producciones incluso inferiores con respecto al invernadero sin calefactar. Según López *et al.* (2000), en un cultivo de pepino y otro de judía en la campaña de otoño-invierno de 1998-99, comparando un sistema de calefacción por aire caliente con dos consignas diferentes y un testigo (en una campaña en la que los distintos tratamientos tengan un régimen térmico semejante, como sucede en la campaña 2012-13), no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para la cosecha final. En este caso los motivos fueron, entre otros, el régimen de clima suave que hubo durante el invierno de esta campaña y que la planta ya estaba completamente desarrollada cuando se inició el período de frío. En nuestro caso, el hecho de que se hayan conseguido producciones mayores en el invernadero sin calefacción puede ser debido a la mayor superficie de ventilación total de este invernadero con respecto a los invernaderos con calefacción (Tabla 1). También puede estar relacionado con que a temperaturas más altas la carga inicial de fruta es mayor, lo que da lugar a una menor cantidad de asimilados disponibles para el crecimiento vegetativo; esto podría conducir a un suministro limitado de asimilados disponibles para el desarrollo, resultando una reducción en la fructificación (Van der Ploeg y Heuvelink, 2005). Sin embargo, cuando se incrementa la temperatura durante un corto periodo de tiempo, aumenta la tasa de crecimiento de los frutos (Pearce *et al*., 1993; Kitano *et al.,* 1998; Thompson *et al.,* 1999). Por lo tanto, existe una discrepancia entre los efectos de la temperatura sobre la tasa de crecimiento de la fruta a corto y a largo plazo (Van der Ploeg y Heuvelink, 2005).

En nuestro estudio, aunque el combustible fue diferente en ambos tratamientos, en las dos campañas el coste del sistema de calefacción por agua caliente ha sido superior al del sistema de calefacción por aire caliente (en la campaña 2011-12 se obtuvieron diferencias de 1,95 €/m^2 y en la campaña 2012-13 las diferencias fueron de 2,5 €/m^2). Esto es debido a que el funcionamiento de la caldera de biomasa es continuo durante todo el día y toda la noche durante los meses de ensayo, por lo que permanentemente está consumiendo tanto biomasa como energía eléctrica; mientras que la calefacción por aire caliente sólo consume gasoil y energía eléctrica cuando está funcionando, no el resto del día o de la noche. Se intentó paliar esta situación manteniendo alta la consigna durante el día para que no funcionase la calefacción, ya que es menos probable la demanda de calor durante las horas centrales y manteniendo durante la noche a 8ºC, no obstante, existe una gran diferencia entre ambos sistemas.

Algunos estudios en los que se ha podido usar el mismo combustible en los dos tratamientos, como es el caso de un estudio de López *et al.* (2000), en un ciclo de otoño-invierno de pepino de la campaña 1997-98, se obtuvo una

diferencia del consumo global de propano de 0,9 kg·m^{-2} (suponiendo el precio actual 1,3 €/kg serían 1,17 €/m^2), resultando mayor el consumo mediante el sistema de generadores de aire caliente, al contrario que sucede en nuestro caso. En un ciclo de otoño-invierno de pepino de la campaña 1998-99, obtuvo una diferencia del consumo global de propano de 0,9 kg·m^{-2} (suponiendo el precio actual 1,3 €/kg serían 1,17 €/m^2), resultando mayor el consumo mediante el sistema de tubería radiante con agua caliente, al igual que sucede en nuestro caso, siendo la diferencia entre tratamientos similares a las de nuestra campaña 2011-12.

El consumo de energía eléctrica en la campaña 2011-12 fue un 81% superior en el sistema de calefacción por agua caliente y un 91% superior en la campaña 2012-13, que el sistema de calefacción por aire caliente. Como se ha comentado previamente, la calefacción por agua caliente está activada durante todo el periodo de ensayo, teniendo un consumo basal de biomasa y energía eléctrica independientemente de que esté enviando agua caliente al invernadero, mientras que la calefacción por aire caliente sólo se activa puntualmente en función de la temperatura interior del invernadero. Esto ya lo observó López *et al.* (2005), aunque a unos niveles inferiores, en un ciclo de judía de invierno para un invernadero multitúnel, donde el consumo de energía fue un 21% inferior en el sistema de calefacción por generadores de aire con combustión directa que en el sistema de calefacción por tubería aérea con agua. Sin embargo, otros autores como Teitel *et al.* (1999), obtienen resultados que muestran que no hay diferencia significativa entre los dos métodos en el consumo de energía requerida para obtener un nivel de temperatura dado dentro del invernadero, siempre y cuando las tuberías y conductos estén posicionados entre las filas de las plantas.

Del estudio de estas dos campañas se concluye que en aquellos años en los que debido a las condiciones climáticas se expone al cultivo de tomate a temperaturas inferiores a 8ºC durante prolongados períodos de tiempo, se observan diferencias en la producción. Por el contrario, en campañas en las que esta exposición a bajas temperaturas no es prolongada, no se han obtenido resultados favorables a ningún tipo de calefacción. Por otro lado, los consumos de combustible y eléctricos, en relación con la diferencia de producción, no han justificado en ningún caso el uso de sistemas de calefacción activa. De acuerdo con López *et al.* (2000), la temperatura óptima agronómica no tiene por qué coincidir con la óptima económica, por lo que es conveniente adoptar los niveles de control térmico que generen los mejores resultados económicos. Además de los costes asociados con los altos consumos de energía de calefacción, existen los problemas ambientales asociados a la emisión de gases nocivos (Kittas *et al.,* 2011).

Con respecto a la comparación de los dos tipos de estructuras analizadas, ambas con ventilación natural, han existido diferencias en los resultados del análisis de la calidad de los frutos y la producción final, obteniéndose mejor respuesta de estos parámetros en la estructura tipo multitúnel en todos los casos. Esto pudo ser debido a que la tasa de ventilación de los invernaderos analizados fue superior en las estructuras de tipo industrial o multitúnel, que en el invernadero Almería estudiado, el cual no era de última generación y no disponía de ventilación cenital en todas las cumbreras.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (Gobierno de España) y el FEDER, mediante el proyecto de investigación de referencia AGL 2015-68050-R. Los autores desean expresar su agradecimiento al Centro de Investigación

CIAIMBITAL de la Universidad de Almería por el apoyo prestado para el desarrollo de la experimentación.

Bibliografía

Adams SR, Cockshull KE, Cave CRJ (2001). Effect of temperature on the growth and development of tomato fruits. Annals of Botany 88: 869-877.

Bartzanas T, Tchamitchian M, Kittas C (2005). Influence of the heating method on greenhouse microclimate and energy consumption. Biosystems Engineering 91(4): 487-499.

Bascetincelik A, Ozturk HH, Paksoy HO, Demirel Y (1999). Energetic and exergetic efficiency of latent heat storage system for greenhouse beating. Renewable Energy 16: 691-694.

De Koning ANM (1994). Development and dry matter distribution in glasshouse tomato: a quantitative approach. Ph.D. Thesis. Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands. 240 pp.

Dorais M, Papadopoulus AP, Gosselin A (2001). Greenhouse tomato fruit quality. Horticultural Reviews 26: 239-319.

Kitano M, Araki T, Eguchi H (1998).Temperature dependence of postphloem transport regulated by respiration in tomato fruits. Biotronics 27: 33-39.

Kittas C, Katsoulas B, Bartzanas T (2011). Characterization and analysis of the effects of greenhouse climate. Control equipment on greenhouse microclimate and crop response. Acta Horticulturae 893: 117-132.

López JC, Lorenzo P, Medrano E, Sánchez-Guerrero MC, Pérez J, Puerto HM, Arco M (2000). Calefacción de invernaderos en el sudeste español. Resultados experimentales para cultivos de pepino y judía. Caja Rural de Almería (Ed). Almería. 54 pp.

López JC, Baille A, Bonachela S, Montero JI, González-Real MM, Pérez-Parra J (2005). Consumos de energía en invernaderos multitúnel en la región de Almería. Comparación de dos sistemas de calefacción. III Congreso nacional de agroingeniería. 21 al 24 de Septiembre. Estación Experimental de Cajamar 'Las Palmerillas' 200523. Almería.

Montero IJ (2012). Desarrollo de estructuras para invernaderos. Cuadernos de Estudios Agroalimentarios. Fundación Cajamar 3: 47-70.

Nieuwhof M, Keizer LCP, Van Oeveren JC (1997). Effects of temperature on growth and development of adult plants of genotypes of tomato (Lycopersicon esculentum Mill.). Journal of Genetics and Breeding 50: 185-193.

Observatorio de precios y mercados (2015). Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Junta de Andalucía. Disponible en http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/observatorio (15 diciembre 2015).

Pearce BD, Grange RI, Hardwick K (1993).The growth of young tomato fruit. I. Effects of temperature and irradiance on fruit grown in controlled environments. Journal of Horticultural Science 68: 1-11.

Perdigones A, García JL, Pastor M, Benavente RM, Luna L, Chaya C, de la Plaza S (2006). Effects of heating control strategies on greenhouse energy efficiency: experimental results and modelling. Transactions of the ASABE 49(1): 143-155.

Tadj N, Bartzanas T, Fidaros D, Draoui B, Kittas C (2010). Influence of heating system on greenhouse microclimate distribution. Transactions of the ASABE 53(1): 225-238.

Teitel M, Segal I, Shklyar A, Barak M (1999). A comparison between pipe and air heating methods for greenhouses. Journal of Agricultural Engineering Research 72: 259-273.

Tesi R (2001). Medios de protección para la hortoflorofruticultura y el viverismo. Mundi-Prensa (Ed.). Madrid. 288 pp.

Thompson DS, Smith PW, Davies WJ, Ho LC (1999). Interactions between environment, fruit water relations and fruit growth. Acta Horticulturae 487: 65-70.

Valera DL, Belmonte LJ, Molina FD, López A (2016). Greenhouse agriculture in Almería. A comprehensive techno-economic analysis. Cajamar Caja Rural, Almería. 408 pp. (Disponible

en: http://www.publicacionescajamar.es/series-tematicas/economia/greenhouse-agriculture-in-almeria-a-comprehensive-techno-economic-analysis/).

Van der Ploeg A, Heuvelink E (2005). Influence of sub-optimal temperature on tomato growth and yield: a review. Journal of Horticultural Science & Biotechnology 80(6): 652-659.

Verlodt H (1990). Protected cultivation in the mediterranean climate. Greenhouses in Cyprus. FAO.

Wacquant C (2000). La construction des serres et abris. Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes (CTIFL). Francia. 207 pp.

(Aceptado para publicación el 25 de mayo de 2016)

Relación de la hormona Anti-Mülleriana (AMH) y la respuesta ovulatoria en corderas de tres meses con su eficiencia reproductiva en la edad adulta

B. Lahoz*, J.L. Alabart y J. Folch

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

Resumen

En ovino, los retrasos en la edad al primer parto dan lugar a una disminución de la vida productiva del animal, lo que genera importantes pérdidas económicas. En corderas de raza Rasa Aragonesa de 3 meses estimuladas con eCG se ha observado una relación entre la concentración de la hormona Anti-Mülleriana (AMH) y la respuesta ovulatoria con su fertilidad temprana. El objetivo de este trabajo fue relacionar ambos parámetros con la vida productiva de esas corderas (n = 73) con AMH ALTA (≥97 pg/ml) o BAJA (<97 pg/ml). Para ello se controlaron las cubriciones y partos de las ovejas hasta los 3,5 años. Tanto la presencia de cuerpos lúteos como la concentración plasmática de AMH se correlacionaron negativamente con la edad al primer parto (ambas r = -0,24; P < 0,05), de manera que el grupo de AMH ALTA tuvo una edad al primer parto 82 días menor que el grupo de AMH BAJA (P < 0,01). Además, el grupo de AMH ALTA presentó 0,17 partos y 0,38 corderos extra por oveja y año (ambas P < 0,01). En conclusión, en las condiciones de este trabajo, la concentración de AMH en la cordera impúber estimulada con eCG, además de relacionarse con la edad al primer parto, parece tener una correlación positiva con el número de partos, la fertilidad y el número de corderos en la vida adulta. Esto hace pensar en su interés como criterio de selección temprana de las corderas reproductivamente más eficientes, aunque todavía es necesario confirmar su utilidad en otras condiciones productivas.

Palabras clave: Fertilidad, ovulación, precocidad, primer parto, prolificidad, sustancia inhibidora mulleriana.

Abstract

Relationship between Anti-Müllerian hormone (AMH) and the ovulatory response measured in three-month old ewe lambs with their reproductive efficiency in adulthood

In sheep, delays in age at first lambing give rise to unproductive periods and a decrease on productive life, resulting in significant economic losses. A relationship between the plasma Anti-Müllerian hormone (AMH) concentration and the ovulatory response with early fertility has been found in three-month old ewe lambs of Rasa Aragonesa breed stimulated with eCG. The aim of this study was to relate both parameters with the subsequent reproductive performance of those ewe lambs (n = 73) with HIGH (≥97 pg/ml) or LOW (<97 pg/ml) AMH. With this purpose, mating and lambing were recorded until they aged 3.5 years. Both the presence of corpora lutea and the AMH concentration were negatively correlated

* Autor para correspondencia: blahozc@aragon.es

https://doi.org/10.12706/itea.2016.024

with age at first lambing (both: r = -0.24, P < 0.05), so the HIGH AMH group was 82 days younger at first lambing than the LOW AMH group (P < 0.01). In addition, the HIGH AMH group presented 0.17 extra lambings and 0.38 extra lambs per ewe and year (P < 0.01 for both). In conclusion, in the conditions of our study, the plasma AMH concentration in eCG-stimulated prepubertal ewe lambs, besides being related with age at first lambing, it seems to be positively correlated with the number of lambings, fertility and the number of lambs produced in adulthood. This suggests its utility as a potential criterion for early selection of the most reproductively efficient ewe lambs, although it is still necessary to confirm its suitability in different productive conditions.

Key words: Müllerian-inhibiting substance, fertility, first lambing, ovulation, precocity, prolificacy.

Introducción

Conseguir que las corderas queden gestantes dentro de su primer año de vida reduce el coste de la reposición, aumenta la vida productiva, reduce el intervalo entre generaciones (Fogarty *et al.*, 2007), y disminuye el riesgo de eliminación por improductividad (Kern *et al.*, 2010). En el caso de la raza Rasa Aragonesa, el adelanto de la edad al primer parto tiene como consecuencia un aumento del número de partos a lo largo de la vida reproductiva de la oveja (Gabiña 1989a; Jurado y Jiménez, 2013). Por ello, seleccionar las ovejas más precoces aumentaría la eficiencia del rebaño con su correspondiente impacto económico. Sin embargo, aunque la precocidad sexual está bajo control genético, su heredabilidad es moderada-baja, situándose según autores entre 0,02 y 0,14 (Gabiña 1989b; Jurado y Jiménez, 2013; Newton *et al.*, 2014), si bien en la raza Polypay se ha estimado una heredabilidad mayor de la edad al primer parto (Vanimisetti y Notter, 2012), lo que hace difícil establecer un programa clásico de selección. Además del componente genético, hay numerosos factores ambientales que van a influir en la entrada en pubertad. Uno de ellos es el peso del animal, ya que la pubertad no aparece hasta que el animal no ha alcanzado un peso vivo y condición corporal adecuados (Foster *et al.*, 1985), por lo que la alimentación postnatal es determinante (Robinson *et al.*, 2006). En razas moderadamente estacionales en las que los manejos reproductivos suponen que haya varias épocas de cubrición a lo largo del año, todavía hay un factor que complica más la entrada en pubertad, y es la coincidencia con el periodo de anestro. De esta manera, en las corderas nacidas en otoño se retrasa la primera cubrición fértil, aunque hayan alcanzado el peso suficiente (López Sebastián *et al.*, 1985; Gabiña 1989a; Forcada *et al.*, 1991), ya que el fotoperiodo creciente impide la primera ovulación. El manejo de los machos de la explotación condiciona también la primera cubrición, ya que algunas corderas responden al estímulo provocado por el "efecto macho" mostrando ovulación y celo incluso en periodo de anestro (Gabiña 1989a; Folch y Alabart, 1999; Knights *et al.*, 2002). Todos estos factores hacen difícil establecer un programa de selección basado en la precocidad sexual.

Por ello, últimamente se están llevando a cabo algunos trabajos de investigación centrados en la búsqueda de marcadores biológicos relacionados con la precocidad sexual, con el objetivo de que puedan ser medidos en el animal joven y ser utilizados para elegir las mejores hembras de reposición. En uno de los primeros trabajos, Bodin *et al.* (1988) encontraron en corderas de raza Lacaune una relación entre las concentraciones de FSH a las 5 semanas y la fertilidad en su primera cubrición. Más recientemente, se han llevado a cabo diversos estudios sobre el papel de la leptina como marcador de estado metabólico y de crecimiento (Chilliard *et al.*, 2005). En la

raza Merina se ha visto que las ovejas sexualmente más precoces son las de crecimiento post natal más rápido, estando ambos parámetros asociados a la concentración de leptina (Rosales Nieto *et al.*, 2013). Recientemente, se evaluó en corderas Rasa Aragonesa de unos tres meses de edad la concentración plasmática de la hormona anti-Mülleriana (AMH) y la tasa de ovulación en respuesta a la aplicación de eGG como posibles indicadores de un estatus ovárico más avanzado en unos animales respecto de otros (Lahoz *et al.*, 2012). El objetivo de aplicar la eCG a corderas de tan corta edad fue poder estudiar la relación entre la AMH y la existencia de una mayor o menor población folicular sensible a las gonadotropinas, estimada a partir de la tasa de ovulación observada. En ese estudio, las ovejas se sometieron posteriormente a dos periodos de cubrición natural consecutivos y se pudo comprobar que ambos parámetros estaban correlacionados tanto entre sí como con la fertilidad de las dos primeras cubriciones, la primera a los 10 meses de edad y la segunda 4 meses después. En concreto, las corderas que quedaron gestantes en la primera cubrición habían tenido a los tres meses de edad unos niveles de AMH y una respuesta ovulatoria significativamente mayores que las gestantes en la segunda oportunidad, y las corderas que quedaron vacías tras esas dos oportunidades habían presentado los menores niveles de AMH. La explicación de estos resultados se basa en que a las 12-14 semanas tras el nacimiento ya existe en los ovarios una importante población de folículos sensibles a las gonadotropinas (Bartlewski *et al.*, 2006; Mahdi y Khallili, 2008), y en que la AMH ha demostrado ser un buen marcador de los folículos sensibles a gonadotropinas en varias especies domésticas (Monniaux *et al.*, 2013). Estas observaciones previas sugirieron que la AMH y la respuesta ovulatoria a la eCG en corderas de tres meses de edad podrían ser indicadores de la precocidad sexual, siendo una edad en la que el ganadero todavía puede decidir qué corderas va a guardar para reposición. No obstante, la aplicabilidad de este test como herramienta de selección de los animales más precoces tendría que ser confirmada con el estudio de su productividad en su vida reproductiva adulta, lo cual constituye el objetivo del presente trabajo.

Material y métodos

Animales y diseño experimental

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones del CITA de Aragón en la provincia de Zaragoza, España. Se utilizaron 73 corderas de raza Rasa Aragonesa que fueron controladas desde su nacimiento hasta una edad media de 3 años y medio. En el presente trabajo se completa el estudio anterior realizado por Lahoz et al. (2012), analizando los resultados reproductivos de esas ovejas (73 de las 76 del trabajo anterior, ya que 3 murieron), a lo largo de 32 meses desde la primera oportunidad de cubrición. Para ello, se ha seguido un sistema de ordenación de cubriciones de 3 partos en dos años, que es el más habitual en esta raza.

Manejo reproductivo

Durante el estudio los animales permanecieron en la finca de secano "El vedado bajo del horno" (41°52'22''N, 0°39'20''O), situada en el término municipal de Zuera, Zaragoza, España. Las corderas nacieron durante los meses de marzo y abril de 2009 y desde entonces han formado un único rebaño con el mismo manejo. La alimentación consistió en pastoreo permanente con una carga ganadera de 2 ovejas/ha en una rotación de praderas a base de alfalfa de secano, triticale, cebada, y *Atriplex halimus* con vegetación natural. Cuando las corderas alcanzaron los 10 meses de edad (312 ± 2 días), se pusieron a cubrir por primera

vez (enero de 2010). Desde esa fecha se realizó un seguimiento de los animales durante 32 meses. Las épocas de cubrición durante todo el periodo de estudio (enero 2010 – octubre 2012) correspondieron a los meses de enero, mayo y septiembre, de manera que los partos se registraron durante los meses de junio, octubre y febrero, respectivamente.

Durante el estudio han tenido lugar un total de 8 periodos de cubrición, siendo 4 el número máximo de partos alcanzable por oveja en este sistema de explotación (un parto y medio por oveja y año). Las cubriciones se realizaron mediante monta natural, sin tratar hormonalmente las reproductoras, y tuvieron una duración de 34 días. Se realizó "efecto macho" utilizando 5 moruecos adultos de raza Rasa Aragonesa de fertilidad probada (proporción hembras/macho: entre 6,4 y 14,6, según cubrición). En las fechas cercanas al parto, las ovejas se colocaron en jaulas de parición y permanecieron en estabulación permanente durante la lactación, alimentadas con heno de festuca y alfalfa, o bien con una mezcla comercial de concentrado y paja. Con el fin de evitar errores de asignación, en el momento del parto se utilizó un lector de bolos ruminales (SIRA, Azasa, Madrid, España) para registrar el bolo de la madre con la fecha, y asignarle manualmente la identificación de los corderos nacidos.

Determinación de los parámetros ováricos a los 3 meses

La metodología para determinar la presencia de folículos sensibles a gonadotropinas a la edad de 3 meses (109 ± 18 días), y peso vivo de 25,0 ± 2,4 kg (medias ± DS), está detallada en Lahoz *et al.* (2012). De manera resumida, se aplicó a todos los animales una inyección de 600 UI de eCG (Sincropart PMSG, CEVA Salud Animal S.A., Barcelona, España) y seis días después se verificó la presencia de ovulaciones mediante observación laparoscópica. Se determinó la concentración de AMH mediante un kit comercial ELISA (Active MIS/AMH ELISA Kit; Beckman Coulter France, Roissy CDG, Francia) en una muestra de plasma (heparina de litio) de cada animal tomada en el momento de la aplicación de la eCG. Se midieron los pesos el día de la administración de eCG, así como al inicio de la primera cubrición.

El punto de corte óptimo calculado previamente (Lahoz *et al.*, 2012) para predecir la fertilidad en la primera cubrición en función de la concentración de AMH se ha utilizado en el presente trabajo para definir dos grupos: el grupo AMH ALTA (≥97 pg/ml) y el grupo AMH BAJA (<97 pg/ml), en los que se han estudiado las variables reproductivas que se describen a continuación.

Análisis estadístico

Se estudiaron las siguientes variables (se presentan los rangos entre paréntesis): Edad al primer parto (405-704 días); AMH (0-590 pg/ml), que es la concentración en plasma sanguíneo a los 3 meses de edad; Presencia de ovulación (0-1), que se corresponde con las corderas que no ovularon o que presentaron una o más ovulaciones a los 3 meses en respuesta a la eCG; Tasa de ovulación (0-7), que son el número de ovulaciones a los 3 meses en respuesta a la eCG; Número total de oportunidades a lo largo del periodo de estudio (4-7), según hayan quedado gestantes en todas las cubriciones o en una, respectivamente: un número mayor indica que se han perdido más oportunidades de quedar gestantes, ya que las ovejas que quedan vacías en una cubrición vuelven a tener una nueva oportunidad en la cubrición siguiente; Número de oportunidades en primavera (1-3), que se corresponde con la cubrición de mayo de los 3 años consecutivos de estudio; Número total de partos a lo largo del periodo de estudio (1-4); Número de partos de cubriciones de primavera (0-3); Número de partos

por oveja y año (0,4-1,5), calculado como el número total de partos de cada animal dividido entre el número de años de estudio (32 meses; 2,67 años); Fertilidad (0-100%), que es el número de partos de cada oveja dividido entre el número de oportunidades; Fertilidad en primavera (0-100%), que es el número de partos de cubriciones de primavera de cada oveja dividido entre el número de oportunidades en primavera; Fertilidad adulta (14,3-100%), que es el número de partos de cada oveja dividido entre el número de oportunidades a partir de la primera oportunidad en la que quedaron gestantes; Número total de corderos a lo largo del periodo de estudio (1-7); Número de corderos a partir del segundo parto (0-6), calculado con el fin de evitar el sesgo producido por la menor prolificidad de las corderas en el primer parto; Número de corderos por oveja y año (0,4-2,6), calculado como el producto de la prolificidad media por el número medio de partos por oveja y por año; Prolificidad media (1-2,3), que es el número total de corderos nacidos dividido entre el número total de partos; Prolificidad media adulta (1-2,5), que es la prolificidad a partir del segundo parto; Prolificidad al primer parto (1-2). No se ha tenido en cuenta la mortalidad de los corderos en los cálculos de fertilidad ni prolificidad.

Las diferencias entre los grupos de AMH ALTA (≥97 pg/ml) y BAJA (<97 pg/ml) en las variables expresadas como porcentajes se analizaron mediante regresión logística utilizando el procedimiento LOGISTIC del paquete estadístico SAS (SAS, 2012). El resto de variables, expresadas por oveja y año, o por parto, se analizaron mediante ANOVA para variables categóricas utilizando el procedimiento CATMOD de SAS. Los coeficientes de correlación de Pearson y las regresiones entre variables se obtuvieron mediante los procedimientos CORR y REG de SAS, respectivamente. A menos que se indique lo contrario, los datos se expresan como medias ± error estándar. El nivel de significación se estableció en $P < 0,05$.

Resultados y discusión

Edad al primer parto

La edad media al primer parto fue de 551 ± 11 días, lo que supone alrededor de 18 meses. Este dato es similar al descrito para esta misma raza en sistemas de 3 partos en 2 años hace más de 25 años (536 días; Gabiña 1989a), así como a la media actual de los rebaños pertenecientes al programa de selección de UPRA-Grupo Pastores, con distintos sistemas de ordenación de cubriciones (586 y 667 días; Jurado 2014 y 2015, respectivamente). Los resultados del presente trabajo, si bien se corresponden con un número limitado de animales, parecen ser un reflejo de lo que acontece en la mayoría de explotaciones de esta raza, y parecen indicar que en los últimos años no se ha mejorado lo suficiente. Posiblemente no exista una única causa de este retraso observado en las ganaderías y sea un compendio de factores los que hagan que se esté todavía muy lejos de la optimización de este parámetro, ya que la edad al primer parto está influenciada tanto por factores genéticos y fisiológicos, como por multitud de factores ligados al manejo, como son la alimentación y la organización de las cubriciones.

Relaciones entre respuesta ovulatoria, edad al primer parto y parámetros reproductivos

En el trabajo previo se consiguió relacionar la concentración de AMH a los tres meses con la respuesta ovulatoria a esa edad, y ambas variables a su vez con la precocidad sexual. En el presente trabajo se ha vuelto a observar que la presencia de ovulación (ovular *vs.* no ovular), al igual que la concentración de AMH a los 3 meses, se correlacionaron negativamente con la edad el primer parto (ambas $r = -0,24$; $P < 0,05$) de manera que las corderas que habían ovulado, independientemente de su tasa de ovulación, presentaban una edad al primer parto menor. Sin embargo, a diferencia de la AMH, la presencia de ovulación

no se correlacionó con otras variables de la vida productiva adulta, como se verá más adelante. Por ello, no se considera que la observación de la ovulación inducida por eCG a los 3 meses de edad sea en sí una técnica para aplicar en las ganaderías, teniendo además en cuenta la creciente sensibilización del consumidor y las previsibles políticas de restricción sobre la aplicación de tratamientos hormonales (Pellicer-Rubio *et al*., 2009).

No obstante, merece la pena destacar que se observó una correlación positiva entre la tasa de ovulación a los 3 meses (rango 0-7) y el número total de corderos (r = 0,25), la prolificidad media (r = 0,27), la prolificidad en la edad adulta (r = 0,26) y el número de corderos por oveja y año (r = 0,24; todas ellas, P < 0,05). También se encontró una tendencia hacia la significación con la prolificidad en el primer parto (r = 0,22; P < 0,1). En ganado ovino, hace algunos años diversos autores ya relacionaron la tasa de ovulación de animales jóvenes tratados con hCG o PMSG con su prolificidad adulta (Driancourt *et al.*, 1990; Gootwine *et al.*, 1993). En Rasa Aragonesa también se llevó a cabo un trabajo similar (Folch *et al.*, 1997), en el cual se observó una relación con la prolificidad, pero también con el número de partos, lo que conducía finalmente a una mayor productividad. Los resultados de nuestro trabajo parecen confirmar estos resultados previos, y sugieren que existe una repercusión de la población folicular existente a edades tempranas con los parámetros reproductivos en la vida adulta. El aumento de progesterona que ocurre en la vaca antes del inicio de la pubertad parece un requisito necesario para el desarrollo de ciclos normales. La inducción exógena del aumento de progesterona conlleva un aumento del crecimiento folicular y de la cantidad de estrógenos y LH (Patterson *et al*., 1992; Anderson *et al*., 1996). Según esto, en las actuales condiciones de estudio, la aplicación de eCG a corderas impúberes capaces de ovular tras el estímulo hormonal, podría haber favorecido la posterior secreción de gonadotropinas y haber acelerado así la activación del eje hipotálamo-hipofisis-gonadal. Por ello, en futuros trabajos sería necesario determinar el perfil endocrino de las corderas impúberes sin la aplicación de eCG.

Relaciones entre AMH, edad al primer parto y parámetros reproductivos

Edad al primer parto

En la Figura 1 se muestra el porcentaje acumulado de ovejas que tienen su primer parto a lo largo del tiempo, en función de que su concentración de AMH a los 3 meses de edad fuese mayor o menor de 97 pg/ml (grupos AMH ALTA y AMH BAJA, respectivamente). Como puede verse, en el grupo AMH ALTA el 48% de las corderas había tenido su primer parto en torno a los 460 días, mientras que en el grupo de AMH BAJA hubo que esperar hasta los 575 días para alcanzar el mismo porcentaje de corderas paridas. Así, en promedio, el grupo de AMH ALTA tuvo su primer parto 82 ± 19 días antes que el grupo de AMH BAJA (Tabla 1).

La edad al primer parto estuvo correlacionada significativamente con el número de oportunidades (r = 0,52; P < 0,001), el número total de partos (r = -0,43; P < 0,001), la fertilidad (r = -0,54; P < 0,001), el número total de corderos (r = -0,27; P < 0,05), el número de corderos por oveja y año (r = -0,28; P < 0,05) y el número de partos por oveja y año (r = -0,44; P < 0,001). Por lo tanto, como la edad al primer parto fue menor en el grupo de AMH ALTA, esto dio lugar a diferencias significativas entre grupos de AMH en las variables mencionadas, como se verá a continuación. Al estudiar la relación entre la edad al primer parto y la fertilidad adulta, con el objetivo de evitar el posible sesgo al contabilizar las primeras oportunidades fallidas de cubrición, se observó que la correlación no fue significativa (r = -0,07; NS). Esto indicaría que los fallos de

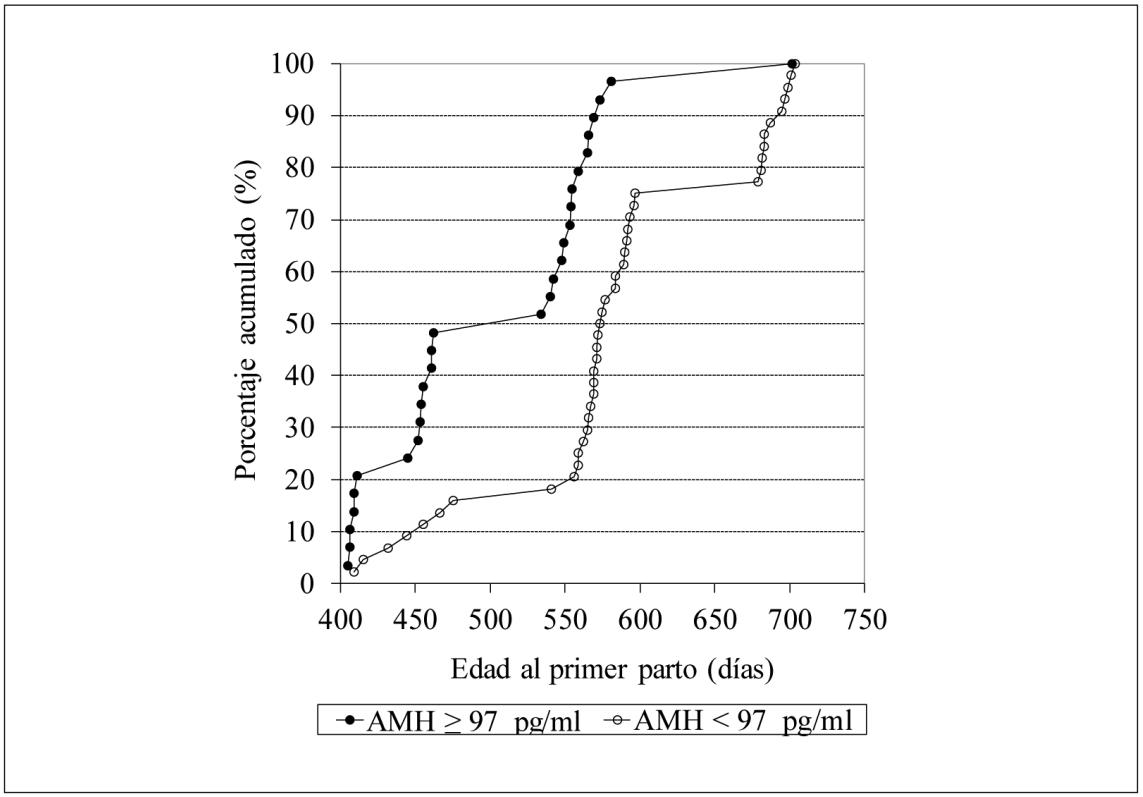


Figura 1. Porcentaje acumulado de ovejas que tienen su primer parto a lo largo del periodo de estudio en función de la concentración de la hormona Anti-Mülleriana (AMH) a los 3 meses de edad. Cada punto representa una oveja.
Figure 1. Percentage of ewes presenting their first lambing depending on plasma Anti-Müllerian hormone (AMH) concentration at 3 months of age.

fertilidad en las primeras cubriciones podrían deberse a un retraso en la pubertad más que a problemas de fertilidad en general. No obstante, algunos autores observaron que la fertilidad en una cubrición era menor en aquellas ovejas que no habían quedado gestantes en la cubrición anterior (Fogarty *et al.,* 2007; Vanimisetti y Notter, 2012), y algo similar se observó en ovejas de Rasa Aragonesa inseminadas sucesivamente (Galeote *et al*., 2006).

Estos resultados evidencian la repercusión negativa que tiene retrasar la edad al primer parto sobre la vida productiva futura del animal. Estos coeficientes son similares a los descritos por Gabiña (1989a), que encontró una relación directa entre la edad al primer parto y el número de corderos vivos producidos a una determinada edad. En este sentido, también Jurado y Jiménez (2013) demostraron en esta misma raza que adelantar el primer parto suponía una mayor duración de la vida productiva, de manera que las corderas que tuvieron su primer parto antes de los 15 meses presentaban hasta 1,2 partos adicionales respecto a las que lo tuvieron a partir de los 24 meses. En la raza Polypay se observó que

Tabla 1. Parámetros reproductivos (media ± error estándar) en ovejas Rasa Aragonesa en función de la concentración plasmática de hormona Anti-Mülleriana (AMH) a los 3 meses de edad en el periodo enero 2010 – octubre 2012

Table 1. Reproductive parameters (mean ± standard error) in Rasa Aragonesa ewes controlled in the period of January 2010 – October 2012 depending on plasma Anti-Müllerian hormone (AMH) concentration at 3 months of age

	Concentración de AMH[1]		
	ALTA	BAJA	Nivel de significación[2]
Número de ovejas (n)	29	44	
PARÁMETROS REPRODUCTIVOS			
Edad 1er parto (días)	503 ± 14	584 ± 13	**
Oportunidades totales (n)	4,8 ± 0,1	5,3 ± 0,1	**
Partos totales (n)	3,5 ± 0,1	3,0 ± 0,1	**
Fertilidad (%)	72,9	57,5	**
Fertilidad adulta (%)	82,3	72,4	*
Partos / oveja / año (n)	1,31 ± 0,04	1,14 ± 0,04	**
Corderos totales (n)	5,3 ± 0,3	4,4 ± 0,2	**
Corderos totales tras primer parto (n)	4,2 ± 0,2	3,1 ± 0,2	**
Corderos / oveja / año (n)	2,02 ± 0,10	1,64 ± 0,08	**
Prolificidad media	1,53 ± 0,06	1,44± 0,05	NS
Prolificidad primer parto	1,24 ± 0,08	1,16 ± 0,06	NS
Prolificidad adulta	1,67 ± 0,07	1,52 ± 0,06	NS
PARÁMETROS REPRODUCTIVOS EN PRIMAVERA			
Oportunidades primavera (n)	1,7 ± 0,1	2,1 ± 0,1	**
Partos de cubriciones primavera (n)	1,3 ± 0,1	1,1 ± 0,1	NS
Fertilidad cubriciones primavera (%)	74,0	53,8	*
Corderos de cubriciones primavera (n)	1,90 ± 0,19	1,48 ± 0,16	†
Prolificidad de cubriciones primavera	1,47 ± 0,09	1,26 ± 0,06	*

[1] ALTA: ≥ 97 pg/ml; BAJA: <97 pg/ml.

[2] † = P < 0,1; * = P < 0,05; ** = P < 0,01; NS = no significativo.

las corderas que quedaban gestantes en su primera oportunidad presentaban más de un parto y medio adicional durante un periodo de estudio de 38 meses (Vanimisetti y Notter, 2012).

Oportunidades totales

Como puede verse en la Tabla 1, el grupo de AMH ALTA presentó 0,5 oportunidades menos que el grupo de AMH BAJA (P < 0,01). Esto se explicaría porque la edad al primer parto fue menor en el grupo de AMH ALTA, de manera que las ovejas que se cubrieron más tarde, también perdieron un mayor número de oportunidades de quedar gestantes. La presencia en la explotación de ovejas poco productivas pero que generan gastos se traduce en pérdidas económicas. En este sentido, en Rasa Aragonesa se ha calculado que el coste de mantenimiento de una oveja adulta es de 80,15 €/año (dato de 2007; Pardos y Fantova, 2009).

Partos totales

El grupo de AMH ALTA presentó 0,5 partos adicionales en el periodo de estudio respecto al grupo de AMH BAJA, lo que se tradujo en 0,17 partos extra por oveja y año (ambas P < 0,01; Tabla 1). La correlación entre la concentración de AMH y el número de partos a lo largo del periodo de estudio fue de r = 0,35 (P < 0,01).

Como puede verse en la Figura 2(a), existió una gran variabilidad en el número de partos por oveja y año, situándose entre 0,4 y 1,5. Cuando se agruparon las ovejas en función del número de partos por año, se observó también una correlación positiva con la concentración media de AMH.

Fertilidad

El grupo de AMH ALTA presentó una fertilidad 15,4 puntos porcentuales mayor que el grupo de AMH BAJA (P < 0,01; Tabla 1). El coeficiente de correlación entre la AMH y la fertilidad fue r = 0,32 (P < 0,01).

Como puede verse en la Tabla 1, la fertilidad adulta de las corderas de AMH ALTA también fue significativamente mayor que la del otro grupo. Esto podría explicarse por lo observado por Ireland *et al.* (2011) en un trabajo reciente, en el que sugirieron que el número de folículos antrales en crecimiento presentes en los ovarios de terneras jóvenes podía estar relacionado con su fertilidad adulta.

Corderos totales

El grupo de AMH ALTA presentó casi un cordero adicional a lo largo del periodo de estudio, lo que se tradujo en 0,38 corderos adicionales por oveja y año (ambas P < 0,01; Tabla 1). La correlación entre la AMH y el número total de corderos o el número de corderos por oveja y año fue significativa (r = 0,30, r = 0,29; ambas P < 0,05). Como puede verse en la Figura 2(b), el número de corderos por oveja y año presentó una gran variabilidad individual, situándose entre 0,4 y 2,6. Cuando se agruparon las ovejas en función del número de corderos por oveja y año se observó una correlación positiva con la concentración media de AMH. Las grandes diferencias entre animales en las variables estudiadas sugieren la posibilidad de la utilización de estos parámetros para la futura selección de los más eficientes.

Prolificidad

Respecto a la prolificidad, en la Tabla 1 puede verse que si bien las diferencias de prolificidad entre los grupos de AMH ALTA y BAJA no fueron estadísticamente significativas, fueron del orden de +0,1 corderos a favor del grupo de AMH ALTA, lo cual sí que podría tener cierta importancia práctica y debería confirmarse con un mayor número de datos. Cuando se estudió la correlación entre la AMH y la prolificidad media, ésta tampoco llegó a ser significativa (r = 0,19; P < 0,1). Al interpretar estos datos, se podría pensar que como los animales más precoces tienen más partos a lo largo de su vida, indirectamente podrían ob-

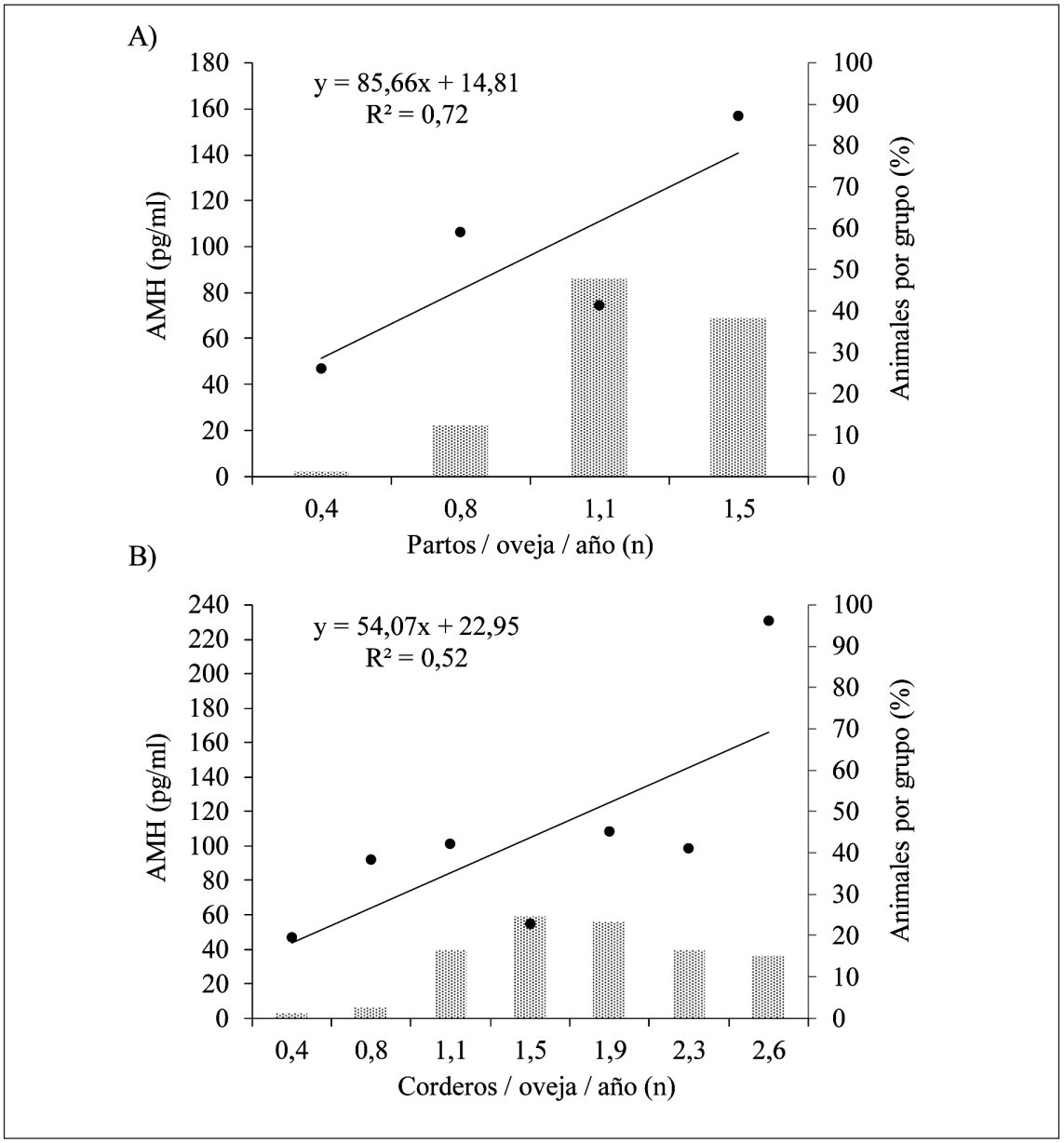


Figura 2. Número de partos por oveja y año (A) y número de corderos por oveja y año (B) según la concentración de AMH de corderas estimuladas a los 3 meses de edad, durante el periodo enero 2010 – octubre 2012 (gráfico de dispersión, eje principal). El gráfico de barras (eje secundario) representa el porcentaje de ovejas de cada grupo respecto del total.

Figure 2. Number of lambings per ewe and year (A) and number of lambs per ewe and year (B) related to plasma AMH concentrations of 3 month-old stimulated ewe lambs, during January 2010 – October 2012 (scatter graph, primary axis). The bar graph (secondary axis) represents the percentage of ewes in each group.

tener mejores índices de prolificidad, ya que tienen más partos después de un primer parto que siempre es menos prolífico (Kenyon *et al*., 2014). Por ello, se calculó la prolificidad adulta, pero aun así se encontró la misma tendencia de correlación entre la AMH y la prolificidad adulta ($r = 0,22$; $P < 0,1$). Así mismo, las diferencias entre los grupos de AMH tampoco fueron estadísticamente significativas (+0,15 corderos en el grupo AMH ALTA).

Relaciones entre AMH y cubriciones en primavera

Independientemente de la concentración de AMH, la fertilidad en primavera estuvo correlacionada positivamente con el número de partos ($r = 0,71$), con el número total de corderos ($r = 0,50$), con el número de partos por oveja y año ($r = 0,72$) y con el número de corderos por oveja y año ($r = 0,51$; todas $P < 0,001$). Estos resultados pueden tener importancia desde el punto de vista de la desestacionalización en ovino de carne. Por un lado, mejorar la fertilidad en primavera conduce a un mayor número de corderos y a un mayor precio de los mismos, pero por otro, parece evidenciarse una mejora de la fertilidad de esos animales a lo largo de todo el año. En esta misma raza se demostró que el mayor porcentaje de corderos vendidos en el segundo semestre se traduce en mayores ingresos procedentes de la venta de los mismos por oveja y en un mayor precio medio por cordero (Fantova *et al*., 2011).

Cuando se analizó esta variable en función de la concentración de AMH a los 3 meses, se observó que durante todo el periodo de estudio el grupo de AMH ALTA presentó en las cubriciones en contra-estación una mayor fertilidad (+20,2 puntos porcentuales) y una mayor prolificidad (+0,21; ambas $P < 0,05$). Con el presente trabajo no se pueden dilucidar las causas de dichas diferencias de fertilidad en fotoperiodo creciente, si bien se podría especular con que fuesen debidas a diferencias en la población folicular de los grupos con alta y baja AMH, que podrían responder de manera diferente a las gonadotropinas segregadas en respuesta al efecto macho.

En **conclusión**, los resultados del presente estudio confirman que la concentración de la hormona Anti-Mülleriana medida en corderas de tres meses que han recibido una dosis de eCG, tiene una relación directa con la precocidad sexual, y este adelanto de la edad al primer parto tiene una gran influencia sobre el rendimiento reproductivo en la edad adulta. En concreto, sobre el número de partos, la fertilidad y el número de corderos totales, así como en la fertilidad y prolificidad en las cubriciones en época de anestro. Estos resultados hacen pensar en la posibilidad de realizar selección temprana (antes de los 3 meses) de las corderas de reposición a través de un criterio fisiológico, como es la concentración de AMH en respuesta a un estímulo, lo que unido a un correcto manejo, permitiría una mejora considerable de la edad al primer parto y consecuentemente de la mayoría de índices de eficiencia reproductiva en la edad adulta.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto INIA (RTA 2011-00128) y por el Convenio de colaboración que el CITA de Aragón mantiene con Carnes Oviaragón S.C.L.

Bibliografía

Anderson LH, McDowell CM, Day ML (1996). Progestin-induced puberty and secretion of lutinizing hormone in heifers. Biology of Reproduction 54: 1025-1031.

Bartlewski PM, Beard AP, Rawlings NC (2006). Ultrasonographic study of antral follicle development during sexual maturation in ewe lambs. Small Ruminant Research 63: 189-198.

Bodin L, Bibé B, Blanc MR, Ricordeau G, Mollaret R, Poirier JC (1988). Genetic relationship between prepubertal plasma FSH levels and reproductive performance in Lacaune ewe lambs. Genetics Selection Evolution 20: 489-498.

Chilliard Y, Delavaud C, Bonnet M (2005). Leptin expression in ruminants: nutritional and physiological regulations in relation with energy metabolism. Domestic Animal Endocrinology 29: 3-22.

Driancourt MA, Bodin L, Boomarov O, Thimonier J, Elsen JM (1990). Number of mature follicles ovulating after a challenge of human chorionic gonadotropin in different breeds of sheep at different physiological states. Journal of Animal Science 68: 719-724.

Fantova E, Pardos L, Bru Ch, Buñuel M, Cuartielles I, Larraz V (2011). Influencia de la estacionalidad de la producción de corderos en explotaciones ovinas de carne en Aragón. XXXVI Jornadas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, 5-7 octubre 2011, San Sebastián, España, pp. 265-268.

Fogarty NM, Ingham VM, Gilmour A, Afolayan RA, Cummins LJ, Edwards JEH, Gaunt GM (2007). Genetic evaluation of crossbred lamb production. 5. Age of puberty and lambing performance of yearling crossbred ewes. Australian Journal of Agricultural Research 58: 928-34.

Folch J, Alabart JL, Echegoyen E, Sánchez P (1997). Relación entre el número de ovulaciones inducidas en la oveja prepúber mediante PMSG con la fertilidad y prolificidad en estado adulto. Resultados preliminares. VII Jornadas sobre Producción Animal AIDA-ITEA, 20-22 mayo 1997, Zaragoza, España, Tomo II, pp. 502-504.

Folch J, Alabart JL (1999). Respuesta al efecto macho de ovejas rasa aragonesa según su estado cíclico tratadas o no con melatonina en primavera. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 20 (II): 651-653.

Forcada F, Abecia JA, Zarazaga LA (1991). A note on the attainment of puberty of september-born early maturing ewe lambs in relation to level of nutrition. Animal Production 53: 407-409.

Foster DL, Yellon SM, Olster DH (1985). Internal and external determinants of the timing of puberty in the female. Journal of Reproduction and Fertility 75: 327-344.

Gabiña D (1989a). Improvement of the reproductive performance of Rasa Aragonesa flocks in frequent lambing systems. I. Effects of management system, age of ewe and season. Livestock Production Science 22: 69-85.

Gabiña D (1989b). Improvement of the reproductive performance of Rasa Aragonesa flocks in frequent lambing systems. II. Repeatability and heritability of sexual precocity. Livestock Production Science 22: 87-98.

Galeote AI, Sevilla E, Folch J, Blasco ME, Quintín FJ, Martí JI, Esteban J, Lahoz B, Hernández M, Fantova E, Alabart JL (2006). Resultados de inseminación artificial (IA) obtenidos en el programa de selección genética de Carnes Oviaragón S.C.L. Influencia de las IA repetidas sobre la fertilidad. XXXI Jornadas de la SEOC. 20-22 septiembre 2006, Zamora, España, pp. 394-396.

Gootwine E, Braw-Tal R, Shalhevet D, Bor A, Zenou A (1993). Reproductive performance of Assaf and Booroola-Assaf crossbred ewes and its association with plasma FSH levels and induced ovulation rate measured at prepuberty. Animal Reproduction Science 3: 69-81.

Ireland JJ, Smith GW, Scheetz D, Jimenez-Krassel F, Folger JK, Ireland JLH, Mossa F, Lonergan P, Evans ACO (2011). Does size matter in females? An overview of the impact of the high variation in the ovarian reserve on ovarian function and fertility, utility of AMH as a diagnostic marker for fertility and causes of variation in the ovarian reserve in cattle. Reproduction Fertility and Development 23: 1-14.

Jurado JJ, Jiménez MA (2013). Relación entre vida productiva y edad al primer parto en ovejas de carne y leche. XV Jornadas sobre Producción Animal AIDA, 14-15 mayo 2013, Zaragoza, España, pp. 454-456.

Jurado JJ (2014). Programa de selección genética de UPRA-Grupo Pastores. 21º Catálogo de reproductores.

Jurado JJ (2015). Programa de selección genética de UPRA-Grupo Pastores. 22º Catálogo de reproductores.

Kenyon PR, Thompson AN, Morris ST (2014). Breeding ewe lambs successfully to improve lifetime performance. Small Ruminant Research 118(1-3): 2-15.

Kern G, Kemper N, Traulsen I, Henze C, Stamer E, Krieter J (2010). Analysis of different effects on longevity in four sheep breeds of northern Germany. Small Ruminant Research 90: 71-74.

Knights M, Baptiste QS, Lewis PE (2002). Ability of ram introduction to induce LH secretion, estrus and ovulation in fall-born ewe lambs during anestrus. Animal Reproduction Science 69: 199-209.

Lahoz B, Alabart JL, Monniaux D, Mermillod P, Folch J (2012). Anti-Mullerian hormone plasma concentration in prepubertal ewe lambs as a predictor of their fertility at a young age. BMC Veterinary Research 8: 118.

López Sebastián A, Gómez Brunet A, Pinilla A, Cabellos B (1985). Influencia de la época de nacimiento y del efecto de los machos sobre la aparición de la pubertad en las corderas manchegas. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 58: 45-50.

Mahdi D, Khallili K (2008). Relationship between follicle growth and circulating gonadotropin levels during postnatal development of sheep. Animal Reproduction Science 106: 100-112.

Monniaux D, Drouilhet L, Rico C, Estienne A, Jarrier P, Touze JL, Sapa J, Phocas F, Dupont J, Dalbies-Tran R, Fabre S (2013). Regulation of anti-Mullerian hormone production in domestic animals. Reproduction Fertility and Development 25: 1-16.

Newton JE, Brown DJ, Dominik S, van der Werf JHJ (2014). Genetic and phenotypic parameters between yearling, hoggetand adult reproductive performance and age of first oestrus in sheep. Animal Production Science 54(6): 753-761.

Pardos L, Fantova E (2009). Evolución de la rentabilidad económica en explotaciones de ovino de carne en Aragón. Albéitar 123: 26-28.

Patterson DJ, Perry RC, Kiracofe GH, Bellows RA, Staigmiller RB, Corah LR (1992). Management considerations in heifer development and puberty. Journal of Animal Science 70(12): 4018-4035.

Pellicer-Rubio MT, Ferchaud S, Freret S, Tournadre H, Fatet A, Boulot S, Pavie J, Leboeuf B, Bocquier F (2009). Available methods for the control of reproduction in domestic mammals and their interest for organic animal production. Inra Productions Animales 22(3): 255-270.

Robinson JJ, Ashworth CJ, Rooke JA, Mitchell LM, McEvoy TG (2006). Nutrition and fertility in ruminant livestock. Animal Feed Science and Technology 126: 259-276.

Rosales Nieto CA, Ferguson MB, Macleay CA, Briegel JR, Martin GB, Thompson AN (2013). Selection for superior growth advances the onset of puberty and increases reproductive performance in ewe lambs. Animal 7(6): 990-997.

SAS Institute Inc (2012). SAS OnlineDoc® 9.3. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Vanimisetti HB, Notter DR (2012). Opportunities for genetic evaluation of reproductive performance in accelerated lambing systems. Livestock Science 148: 134-145.

(Aceptado para publicación el 10 de marzo de 2016)

El diseño de las instalaciones de pollos de carne y su influencia en las condiciones de confort de los animales

E. Guerra-Galdo[1,2,*], S. Calvet[1], A. López[3] y F. Estellés[1]

[1] Instituto de Ciencia y Tecnología Animal, Universitat Politècnica de València. Camino de Vera s/n. 46022
[2] Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Av. de La Cultura 733, P.B. 921, Cusco, Perú
[3] Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, Universitat Politècnica de València. Camino de Vera s/n. 46022

Resumen

Las condiciones de confort de los pollos de engorde son determinantes en su crecimiento. Estas condiciones vienen determinadas por los parámetros microclimáticos de su envolvente como la temperatura, la humedad relativa y la velocidad del aire. Este artículo revisa los efectos de estos parámetros ambientales y su interacción, así como el estado del arte en la aplicación de modelos de Dinámica de Fluidos Computacional (CFD), en el diseño de instalaciones avícolas de carne, con el fin de establecer las principales líneas de investigación en este ámbito. Las instalaciones para la cría de estos animales deben proporcionar condiciones ambientales óptimas para evitar el estrés térmico en los pollos y lograr los máximos rendimientos productivos. A través del diseño y manejo de las instalaciones avícolas se pueden modificar las condiciones en el interior de las mismas, alcanzando así los óptimos para la producción de pollos de engorde. Para entender y mejorar los sistemas de acondicionamiento de ambientes avícolas, se aplican herramientas como CFD, que permite evaluar diferentes soluciones constructivas y de manejo de la climatización reduciendo el número de pruebas experimentales, de forma que es posible perfeccionar las instalaciones en lo referente al comportamiento de flujos aire, temperatura y humedad.

Palabras clave: Velocidad de aire, humedad relativa, temperatura, dinámica de fluidos computacional, pollos.

Abstract
Evaluation of alternatives in broilers house for improving the comfort of animals

Broiler chicken performance is highly affected by environmental conditions inside the barn. The main parameters that must be considered in terms of thermic confort are temperature, relative humidity and air velocity. This article reviews the effects of these parameters and their interactions on broiler production and describes the state-of-knowledge of Computational Fluid Dynamics (CFD) used in the design of broiler houses, in order to establish priority research areas in this scope. The design and operation of boriler farms must ensure optimal conditions to avoid heat stress and allow the animals to express their genetic potential. It is well known that the design and management of broiler barns has a clear impact on the environmental conditions occuring inside the building. The use of CFD has been widely used to understand and improve these design and operation parameters in livestock buildings. Com-

* Autor para correspondencia: ehgg.-@hotmail.com
https://doi.org/10.12706/itea.2016.025

putational Fluid Dynamics analyzes mass and heat flows inside the building, and the distribution of temperature, relative humidity and air velocity at animal level can be predicted. Therefore, this tool allows testing different solutions prior to their construction reducing thus the number of experimental procedures needed.

Key words: Air velocity, relative humidity, temperature, computational fluid dynamics, broilers.

Introducción

La selección genética para incrementar el ritmo de crecimiento de los pollos de engorde ha permitido aumentar el desarrollo muscular y así obtener animales más precoces, más eficientes en conversión alimenticia y con mayor rendimiento en canal. Sin embargo, esta selección ha afectado también a otras funciones biológicas como los sistemas digestivo, nervioso, cardiovascular, tegumentario e inmunológico (Collins *et al*., 2014). Estos cambios han llevado a que los animales presenten una mayor sensibilidad a las condiciones ambientales, siendo menos capaces de adaptarse cuando están expuestos a temperaturas fuera de los rangos óptimos (Li *et al.*, 2011).

Sin embargo, las condiciones meteorológicas son cambiantes durante el día y a lo largo del año, con un comportamiento inestable e impredecible a medio plazo. Por ello, en las naves avícolas se necesita controlar cada vez con más precisión las condiciones ambientales para mantener una producción elevada y de alta calidad durante todo el año. Estas naves avícolas, generalmente de planta rectangular, se diferencian entre ellas por su geometría, la ubicación y potencia de los ventiladores así como en la distribución, forma y tamaño de las ventanas o entradas de aire, afectando a la dirección e intensidad del flujo del aire, además de la homogeneidad de la temperatura a nivel del animal. Además, los materiales constructivos determinan el intercambio térmico por conducción entre el interior y el exterior de la nave. La configuración de la nave en cuanto a altura, anchura, longitud tiene gran importancia en el comportamiento termodinámico del edificio y debe dar respuesta a diferentes cambios meteorológicos en la envolvente para minimizar las pérdidas de calor en épocas frías y las ganancias de calor en épocas calurosas, permitiendo alcanzar en ambas situaciones, condiciones óptimas para la cría de los pollos.

Los factores ambientales como la temperatura, la humedad y la velocidad del aire deben ser estrictamente controlados en las granjas de pollos de engorde, y eso sólo puede conseguirse a través de un adecuado diseño de las instalaciones. La modelización de estos espacios permite precisamente conocer en profundidad el comportamiento del aire en el entorno de los animales. La aplicación de la dinámica de fluidos computacional (CFD; por sus siglas en inglés, *Computational Fluid Dynamics*) es, junto con los modelos físicos, una de las técnicas más potentes para representar este movimiento y la evolución térmica del aire. Además, el uso de CFD permite optimizar el diseño de naves avícolas considerando diferentes escenarios, mediante la investigación del comportamiento de parámeros como la distribución de la velocidad y temperatura de aire, prediciendo así el intercambio de calor entre animales y su entorno.

A la luz de las referencias consultadas que indican las tendencias más actuales en la modelación de los espacios utilizados en la cría de pollos de carne, el objetivo de este trabajo es revisar el estado del arte de la aplicación de la CFD en el diseño de las instalaciones, centrándose en la investigación sobre la modelación de los parámetros que determinan el confort

de estas aves. Para ello, en primer lugar se realiza un análisis descriptivo exploratorio del efecto de las condiciones ambientales como la temperatura, humedad y velocidad de aire, así como su interacción, en la respuesta productiva de los pollos de engorde.

Material y métodos

Se realizó una revisión de estudios científicos dedicados a evaluar los factores ambientales que intervienen en el confort de pollos de carne, así como al uso de la CFD en el análisis del diseño de naves avícolas.

La información analizada se estructuró en dos apartados: El primero de ellos está dedicado a los factores ambientales (temperatura, velocidad y humedad) que afectan en el confort de pollos de carne y sus efectos en los parámetros productivos. El segundo apartado se centra en evaluar los diseños de instalaciones avícolas usando la dinámica de fluidos computacional buscando mejorar el confort térmico.

Resultados y discusión

Efecto de los factores ambientales en el confort de pollos de carne

El Confort térmico en Aves

Las aves son animales homeotermos, capaces de mantener su temperatura corporal dentro de un estrecho rango de temperatura ambiental, a través del intercambio de calor con el entorno (Mostafa *et al.*, 2012). Esta capacidad termorreguladora se desarrolla completamente a partir de los 12 a 15 días de edad. La zona de confort o termoneutra, que se define como el rango de temperaturas ambientales en el que se consigue regular la temperatura únicamente a través de la transmisión de calor sensible (Bligh y Johnson, 1973). En las aves la zona de confort varía de acuerdo a su constitución genética, edad, sexo, tamaño corporal, dieta, estado fisiológico, humedad, radiación y velocidad de aire (Medeiros *et al.*, 2005a, Lin *et al.*, 2005).

En la zona de confort, la tasa metabólica es mínima y la homeotermia se mantiene con menos gasto de energía; por lo tanto la fracción de energía metabolizable utilizada para la termogénesis es mínimo y el aprovechamiento de la energía ingerida para el crecimiento es máxima (Cordeiro *et al.*, 2010).

Para mantener la temperatura corporal dentro de los límites de la zona de confort, los animales utilizan las diferentes vías de intercambio de calor con el medio: calor latente a través de la respiración y calor sensible mediante la transmisión de calor por radiación, conducción y convección. Así, hay tres parámeros ambientales clave que van a jugar un papel determinante en estos procesos de intercambio de calor: la temperatura, la velocidad del aire y la humedad del aire.

Temperatura

Como ya se ha comentado anteriormente, la capacidad termorreguladora de un pollito joven no está bien desarrollada y durante los primeros días de vida requieren de temperaturas ambientales elevadas (entre 30 y 33 °C) para mantener su temperatura corporal (Oviedo-Rondón, 2014) y evitar pérdidas de calor sensible por convección (al aire) y por conducción (a la cama), que pueden cuantificarse en 0,5 kcal/hr/kg (Reece y Lott 1982). Debido al reducido tamaño del pollito joven, la superficie de contacto entre el animal y la cama es escaso (Mount, 1968), aunque depende de la postura del animal (Blanco 2004 a, b). En este sentido, se recomienda que los materiales utilizados como cama tengan una baja conductividad térmica, con el

fin de reducir las pérdidas de calor por conducción con el suelo. Con el desarrollo del pollo, y la posterior maduración del sistema termorregulador y el aumento de la reserva energética, la temperatura óptima para los pollos va descendiendo paulatinamente desde los 24ºC a las 4 semanas hasta los 18ºC a las 6 semanas (Olanrewaju *et al*., 2010).Con el desarrollo del pollo, y la posterior maduración del sistema termorregulador y el aumento de la reserva energética, la temperatura óptima para los pollos va descendiendo paulatinamente desde los 24ºC a las 4 semanas hasta los 18ºC a las 6 semanas (Olanrewaju *et al*., 2010). Así, con 4 semanas de edad los pollos requieren entre 21 y 23ºC (Furlan, 2006; Abreu y Abreu, 2011), sobre 21º con 5 semanas (Chepete *et al.*, 2004), reduciéndose hasta los 20-22ºC en la sexta semana (Furlan, 2006; Abreu y Abreu, 2011).

Cuando los animales se encuentran fuera de esta zona termoneutra se produce una movilización de recursos para alcanzar la homeostasis, de tal forma que una parte de la energía consumida en alimentación, que podría ser utilizado para la producción, se desvía para el mantenimiento de sistema termorregulador (Teeter y Smith, 1986). A pesar de esta capacidad, cuando se alcanzan determinados extremos la capacidad de adaptación se reduce. Así, los recursos que tienen las aves para el intercambio térmico con ambiente son menores a medida que aumenta la temperatura ambiente, lo que puede producir un estrés severo en los animales (Mickelberry *et al.,* 1966). Por otro lado, cuando las temperaturas se encuentran por debajo de la zona de confort, se pueden desencadenar cuadros de hipotermia (Ipek y Sahan, 2006). La respuesta de las aves frente a condiciones subóptimas de temperatura puede categorizarse en tres grandes grupos: fisiológicas, comportamentales y productivas.

a. Respuestas Fisiológicas

Cuando las temperaturas se encuentran por encima de los requerimientos de los animales, éstos incrementan su tasa respiratoria, jadeando para facilitar la eliminación de calor latente, lo que puede llevar a producir alkalosis respiratoria en un esfuerzo por disipar el calor por evaporación (Olanrewaju *et al.*, 2010). También se ha observado vasodilatación a nivel cutáneo, incremento ritmo cardíaco y aumento del flujo sanguíneo para aumentar la disipación del calor sensible desde el cuerpo al ambiente. Esto provoca que el ave sometida a un estrés por calor no sólo sea más liviana sino que también tenga más grasa total y abdominal [aumentadas en un 0,8 y 1,6% respectivamente, por cada grado de incremento de la temperatura ambiental según Estrada y Márquez (2005)]. Por otro lado, en animales jóvenes también se han observado efectos negativos del exceso de temperatura ambiental, provocando deshidratación (Estrada-Pareja *et al*., 2007), disminución del peso del corazón y reducción de hematocritos y del plasma triiodothyronina (T3) (Moraes *et al.*, 2002).

b. Respuestas comportamentales

Los pollos presentan mayores problemas con temperaturas ambientales altas y empiezan a manifestar cambios reduciendo su actividad física, intentando alejarse del resto de animales (Temin *et al.*, 2000). La refrigeración por evaporación (jadeo) se complementa con el aleteo gular, se bañan en la cama o buscan zonas más húmedas bajo los bebederos (aumentando así el riesgo de pododermatitis y lesiones en pechugas), extienden sus extremidades (alas y patas), permanecen echados, escarban para perder calor por conducción y convección aumentando el consumo de agua (Estrada y Márquez, 2005).

c. Respuestas productivas

Este tipo de respuestas, con un efecto directo sobre los parámetros productivos se encuentran muy relacionadas con las descritas anteriormente, pero dado el interés comercial de las mismas, resulta interesante evaluarlas de forma independiente. Así, a nivel experimental Oviedo-Rondón (2014) observó, en pollos de engorde de 7 días de edad, que al reducirse la temperatura ambiental de 35ºC a 20ºC, hubo un incremento de 9 veces en la pérdida de calor corporal por radiación, lo que causó además que estos animales criados a 20ºC presentaran una reducción de su peso corporal del 15,5% respecto a los animales criados a 35ºC. Por el contrario, Moraes *et al.* (2002) observaron en pollos de 7 días de vida expuestos a 36ºC, que éstos disminuyeron la ganancia de peso, reduciendo la ingestión de alimento y eficiencia alimenticia con respecto a los pollos expuestos a 20ºC y 25ºC. En otro experimento con pollos de engorde de seis semanas, Estrada-Pareja *et al*. (2007) obtuvieron mayor peso corporal y conversión alimenticia con temperaturas de 19ºC frente a temperaturas de 25 y 31ºC. Sin embargo, para la ganancia de peso diaria no hubo una diferencia entre aquellas aves sometidas a temperaturas de 19 y 25ºC pero sí que encontraron una reducción (7,47%; P<0,05) para el tratamiento de 31ºC con respecto a las demás.

Humedad Relativa (HR)

La humedad relativa del aire afecta a la sensación térmica de los pollos a través de la capacidad de intercambio de calor latente con el ambiente. Así, con valores por encima del 70% de HR los pollos tienen dificultades para disipar calor latente. Por el contrario, con humedades relativas por debajo del 35%, se pueden presentar problemas en las vías respiratorias (Genç y Portier, 2005). Si coinciden una temperatura y humedad relativa elevadas los animales se quedan sin recursos para disipar todo el calor que producen. Por una parte, a temperaturas elevadas la capacidad de disipar el calor sensible por convección se reduce, mientras que por otra parte el incremento del ritmo respiratorio para aumentar la evaporación de agua es menos eficaz para eliminar el calor corporal. Estas condiciones de temperatura y humedad elevadas conllevan un incremento de la temperatura corporal y, en definitiva, los animales salen de su zona de confort térmico, produciéndose un estrés que lleva a alteraciones comportamentales y fisiológicas. Paralelamente, con humedades relativas elevadas (superiores al 75%) pueden producirse otros problemas de manejo tales como la aparición de condensaciones y la presencia de camas húmedas (Medeiros *et al.*, 2005a).

Genç y Portier (2005) registraron una reducción de un 47% de la producción de calor latente por parte de pollos de engorde alojados a 25ºC cuando la humedad relativa aumentó desde un 50 hasta un 86%. En pollos adultos, con 42 días de edad, observaron mayor incremento de la temperatura cloacal y mayor mortalidad con temperatura de 35ºC y humedad relativa de 20 a 30%, en comparación con pollos de 5 a 7 días de edad sometidos a 70-80% HR y la misma temperatura (Yahav y Hurwitz, 1996).

De acuerdo con Mazanowski (2011), el rango de humedades relativas óptimo para la cría de pollos de carne debería encontrarse entre el 60 y el 65%, siendo los límites mínimos y máximos de 55 y 70%, respectivamente. Según Medeiros *et al.* (2005a), la humedad relativa ideal para el crecimiento de los pollos de engorde debe encontrarse entre el 50 y el 70%. En cualquier caso, como se ha comentado anteriormente, la estrecha relación con la temperatura ambiental hace complicado establecer unos límites estrictos para este parámetro.

Velocidad de aire

La velocidad de aire tiene un efecto directo sobre la transmisión de calor sensible por convección en las aves. Un incremento en la velocidad de aire, facilita la eliminación de calor sensible de los animales, suponiendo una estrategia para reducir el estrés térmico en estos animales cuando las temperaturas son elevadas (Estrada-Pareja *et al*., 2007; Yahav *et al.*, 2004). Así, según Simmons *et al.* (1997), con una temperatura de 29ºC y velocidades de aire incrementando desde 1,01 a 3,05 m/s, para pollos de quinta semana, la pérdida de calor sensible se incrementó de 1,19 a 2,09 W/kg, mientras que la pérdida de calor latente disminuyó desde 2,89 a 2,09 W/kg. En este mismo experimento se observó en la sexta semana de edad que la pérdida de calor sensible fue incrementando desde 1,30 a 2,33 W/kg y disminuyó la pérdida de calor latente de 2,59 a 2,30 W/kg.

Los efectos de esta mayor capacidad para eliminar calor con velocidades de aire elevadas se traducen, dentro de ciertos rangos, en mejores resultados productivos. De este modo, Lott *et al.* (1998), observaron que los pollos de engorde con tres semanas de edad alcanzaron pesos corporales más altos con velocidades de aire de 3,0 m/s y temperaturas de 29 a 30ºC, frente a los expuestos a 0,25 ó 2 m/s. También Dozier *et al.* (2006), reportaron un incremento en el crecimiento de pollos de engorde, entre los 29 y los 42 días de edad con altas temperaturas de ciclo diurno (25-35-25ºC) durante 24 horas, con mayores velocidades de aire (3,0 m/s) en comparación con las aves sometidas a una velocidad del aire de 2,0 m/s. Este efecto beneficioso de la velocidad de aire con altas temperaturas se ha observado también con valores de velocidad de aire más bajos. Así Yahav *et al.* (2001) también observaron una mayor ganancia de peso, consumo de alimento, y eficiencia alimenticia con velocidades de aire entre 1,5 y 2,0 m/s en pollos de quinta y séptima semana con temperatura de 35ºC y 60% HR en comparación con pollos expuestos a velocidades de aire de 0,5 y 1,0 m/s. También Olsen (2012) y Lott *et al.* (1998), observaron en pollos de 4 a 6 semanas de edad mejor ganancia de peso y conversión alimenticia con velocidades de aire de 2 m/s en comparación con los expuestos a 0,25 m/s. Por tanto, si no es posible reducir la temperatura hasta el rango óptimo, en pollos al final del ciclo de cría es posible paliar los efectos adversos mediante el incremento de la velocidad a nivel del animal, hasta un rango de 2-3 m/s.

Índices de Temperatura, Velocidad y Humedad

Dada la fuerte relación existente entre estos tres parámetros desde el punto de vista de la regulación térmica de las aves, y con el objetivo de facilitar la toma de decisiones en granja, se han propuesto una serie de índices que combinan estos parámetros. Algunos ejemplos de estos índices son: el índice de temperatura y humedad (ITH) desarrollado por Thom (1959) para humanos, y actualizado posteriormente por varios autores para otras especies animales (Tao y Xin, 2003; Teixeira da Silva, 2007), el índice de temperatura de globo negro y húmedo (ITGNH) desarrollado por Buffington *et al*. (1981) y modificado por varios autores (Medeiros *et al.*, 2005b, Oliveira *et al.*, 2006), el índice de temperatura, humedad y velocidad (ITHV) desarrollado por Tao y Xin (2003), o el Índice Ambiental de Productividad desarrollado por Medeiros (2005).

El ITH es probablemente el índice más utilizado por diversos autores (Purswell *et al*., 2012) dado que la temperatura y humedad son parámetros de fácil medición. Además, el ITH se ha correlacionado con diversos parámetros productivos en la cría de pollos de engorde. Así, se ha visto que en pollos de engorde entre 49 y 63 días el consumo de pienso y el peso final disminuyen con el aumento del ITH, mientras que el índice de con-

versión se incrementa (Purswell *et al*., 2012). Aunque existen varias propuestas para el cálculo del ITH en aves, la ecuación propuesta por Tao y Xin (2003) es probablemente la más utilizada (ecuación 1)

$$ITH = 0{,}85\ T_{bs} + 0{,}15\ T_{bh} \quad [1]$$

Donde Tbs y Tbh son las temperaturas del bulbo seco y bulbo húmedo (punto de rocío), respectivamente, y todas las variables se expresan en °C.

Dada la importancia que tiene la velocidad del aire en el confort de los animales, resulta también interesante conocer el efecto combinado entre temperatura, humedad relativa y velocidad de aire. Con este objetivo, Tao y Xin (2003) desarrollaron el ITHV para describir la respuesta de la temperatura corporal a las condiciones de temperatura de bulbo seco, temperatura de punto de rocío y la velocidad del aire. Mediante estos parámetros consideraron la variación de temperatura corporal de las aves como normal (35°C), alerta (38°C), peligro (40°C) o emergencia (mayor de 40°C), si bien existe un menor número de estudios evaluando su aplicación práctica (Blanes-Vidal *et al.*, 2008; Yanagi *et al*., 2014). La mayor dificultad en la medida de la velocidad del aire en condiciones prácticas, así como su variación espacial, pueden ser factores que dificultan su uso práctico. No obstante, el desarrollo de la tecnología de los sensores, así como la aplicación de técnicas de modelización como la dinámica de fluidos computacional, pueden permitir su aplicación y estudio en la práctica.

Estos índices, por tanto permiten considerar de forma conjunta los efectos combinados de las distintas variables que afectan al confort de los animales, y en definitiva a su productividad. Así pues, su estimación en el proceso de diseño de los alojamientos puede resultar una herramienta muy útil para optimizar el comportamiento de los alojamientos ganaderos frente al amplio rango de situaciones ambientales que puedan darse.

El uso de CFD en el diseño y evaluación de alojamientos

Efecto del diseño de la nave en el aire ambiente interior

La geometría de una nave avícola tiene gran importancia en el comportamiento térmico del edificio y sobre los flujos de ventilación. La configuración de la nave debe dar respuesta a diferentes situaciones meteorológicas para minimizar las pérdidas de calor en épocas frías y las ganancias de calor en épocas calurosas, favoreciendo al mismo tiempo una adecuada ventilación. Tradicionalmente se han utilizado geometrías rectangulares variando la ubicación de los ventiladores y ventanas que influyen en la dirección del flujo del aire y los parámetros de confort (Seo *et al.*, 2009, Mostafa *et al.*, 2012, Bustamante *et al.*, 2013, Osorio *et al.*, 2013).

La ubicación y capacidad de los ventiladores varían dependiendo del caudal de aire que se desea suministrar, de las condiciones ambientales, del sistema de ventilación y de la distribución relativa de las ventanas. La ubicación, dimensión y altura de las ventanas influye en la trayectoria del aire y la homogeneidad de la temperatura (Bustamante *et al*., 2013; Guerra-Galdo *et al.*, 2015). Así, es posible alcanzar condiciones de temperatura en las naves mucho más homogéneas a través de la modificación de las entradas de aire en la misma (Mostafa *et al.,* 2012), redundando así en una mejora de las condiciones de cría para los animales.

La necesidad de tener un conocimiento completo de la temperatura, humedad y velocidad del aire en todos los puntos del interior de la granja es la principal razón por lo que la aplicación de diferentes herramientas computacionales es muy adecuada para realizar modelos de este movimiento del aire. Asímismo, es una potente herramienta de apoyo en la toma de decisiones para los diseñado-

res e investigadores con el fin de mejorar la configuración de las naves avícolas considerando la simetría y proporción de dichas naves, así como la posición óptima de ventiladores y ventanas.

Las aplicaciones de CFD en granja

El CFD permite profundizar en los estudios de transferencia de calor y masa, perfeccionar, mejorar y optimizar los diseños actuales de los sistemas estándar de control ambiental en granjas, buscando mejorar el confort de los animales. Para ello, se basa en el análisis del movimiento de gases y partículas contaminantes en el interior de las naves, evaluando la velocidad del aire y la energía turbulenta, la temperatura y humedad.

La simulación CFD puede analizar cualquier estructura diversa con bajo costo comparado con el campo experimental. Esta técnica resulta de gran utilidad para evaluar diferentes diseños, actividad que no se puede realizar al momento de realizar la medición directa de la velocidad del aire porque tiene tres inconvenientes principales: (1) el número de puntos que se puede medir es limitado, lo que dificulta la obtención de un conocimiento exhaustivo de los patrones de la velocidad del aire en interiores; (2) la medición directa requiere un agente de medición, que interfiere inevitablemente con la velocidad del aire y por lo tanto, distorsiona la salida de medición; y (3) las mediciones de campo requieren la existencia de una construcción. Como resultado de estas limitaciones, el número de construcciones que pueden ser estudiadas por medición directa es restringido y las conclusiones obtenidas a partir de dichos estudios no pueden ser consideradas universalmente representativas. La CFD evita estos inconvenientes mediante el cálculo del campo de flujo numérico y simulación de los patrones de velocidad del aire (Blanes-Vidal *et al*., 2008). Sin embargo, con el fin de reforzar la credibilidad de los resultados, todavía es importante validar las simulaciones CFD mediante el uso de herramientas de medición directa (Lee *et al.*, 2007, Harral y Boon, 1997).

Modelo turbulento

El CFD facilita el estudio de los campos escalares y vectoriales presentes en el microclima de las instalaciones de naves avícolas con ventilación natural y mecánica.

Las ecuaciones que se resuelven son las propias de la mecánica del flujo de aire: ecuación de continuidad y de conservación de cantidad de movimiento o Navier Stokes. Sin embargo, la consideración del movimiento del aire conlleva una representación de un fenómeno complejo como es la turbulencia. La turbulencia aparece porque de forma instantánea las componentes de velocidad del aire se aceleran, apareciendo componentes pulsátiles que, sumadas a los valores medios de la velocidad, deben ser estimadas para conocer el flujo real del aire. Sin embargo, la consideración de la turbulencia de forma directa es compleja, incluso para los potentes modelos numéricos de los que se dispone en la actualidad, por lo que se proponen ciertas simplificaciones para analizar esta turbulencia. Los modelos de turbulencia usados para flujos con alto número de Reynolds son los llamados los modelos de simulación de grandes vórtices (LES) que exigen mucho tiempo para resolución y por lo tanto, son raramente usados, a no ser que se requiera de una mayor precisión. Entre los modelos más usados se encuentran los denominados Reynolds Averaged Navier-Stokes equation (RANS) que requieren menos tiempo de computación y dentro de éstos tenemos los modelos k-ε siendo el más usado, el Standard k-ε, para simulación aerodinámica y de transferencia de calor. A partir de modificaciones de este modelo Standard k-ε, y debido a su convergencia favorable y precisión razonable, en sistemas de ventilación natural y mecánica surgen el RNG k-ε y el Realizable k-ε (Osorio *et al*., 2013; Bartzanas *et al.*, 2004). Este último ha

demostrando mayor predicción de flujos con respecto al Standard k-ε. Por el contrario, el Reynolds Stress Model (RSM) es el más utilizado para la simulación de procesos de flujo turbulento comparado con el modelo k-ε pero requiere memoria adicional y tiempo de cálculo por el mayor número de las ecuaciones de transporte de Reynolds stress (Blanes-Vidal *et al.*, 2008, Seo *et al.*, 2009, Lee *et al.,* 2007, Guerra-Galdo *et al.*, 2015). En los modelos de movimiento de aire en granjas, las técnicas CFD que se han utilizado generalmente han sido RANS, con un compromiso adecuado entre tiempo de computación y precisión en los resultados.

Estudios de CFD en el estudio de naves avícolas

Las técnicas de CFD han sido validadas por mediciones directas y pueden ser utilizados para explorar la eficiencia de ventilación y para identificar diseños óptimos de granjas avícolas y evaluar su gestión óptima. En el diseño de las instalaciones avícolas con ventilación mecánica el uso de CFD busca perfeccionar la ventilación y el confort térmico a nivel del animal, con diferentes condiciones de contorno (Blanes-Vidal *et al.*, 2008, Song *et al.*, 2010) que especifican los flujos de masa, momento y energía dentro del dominio computacional. Para ello, se utilizan la condición inicial del fluido aire, las condiciones de contorno internas (ventanas, suelo y techo), y externas (paredes, extractores), la temperatura, la presión, y las velocidades de entrada y salida del aire por ventanas y ventiladores. En las simulaciones se utilizan mallas hexaédricas y cuadráticas en todo el dominio computacional (Seo *et al.,* 2009), si bien algunos investigadores subdividen el campo en varias partes, usando mallas tetraédricas en las entradas y salidas de aire, y hexaédricas en las paredes y puntos donde no existe la necesidad de mayores detalles o precisión (Blanes-Vidal *et al.*, 2008, Bustamante *et al.*, 2013, Guerra-Galdo *et al.*, 2015). Los principales parámetros de simulación que utilizados en la bibliografía para las variables de contorno de temperatura, velocidad del aire y amoníaco fueron flujo incompresible, tridimensional, isotérmico, gravedad y modelo de flujo segregado (Bustamante *et al.,* 2015, Guerra-Galdo *et al.*, 2015), o bien bidimensional (Seo *et al.*, 2009), y en estado estacionario (Blanes-Vidal *et al.*, 2008, Bustamante *et al.*, 2013, Seo *et al.,* 2009, Bjerg *et al.*, 2002, Osorio *et al.,* 2013, Humbert *et al.*, 2014).

Utilizando estas técnicas, Bjerg *et al.* (2002) modelaron la ubicación y número de aberturas en la pared de una granja (aberturas ubicadas en diferentes distancias de la pared), y validaron los patrones de flujo de aire, utilizando sistemas de ventilación mecánica, encontrando flujos de aire simétricos con mayor número de aberturas en la pared. También Guerra-Galdo *et al.* (2015) modelaron una nave avícola tipo túnel (con los ventiladores en el extremo) y dos naves semitúnel (con el mismo número de ventiladores, situados en el centro de la nave y con variaciones en la distribución de las entradas de aire), todas con idéntica geometría pero con diferente distribución de ventanas (Figuras 1 y 2) para comparar la distribución de temperatura, velocidad e índice de temperatura y velocidad a 0,20 m del suelo, encontrando resultados similares con la bibliografía (Tabla 1).

Por otro lado, Bustamante *et al.* (2013, 2015) modelaron y validaron una nave avícola con ventilación mecánica, encontrando resultados similares de velocidad de aire entre CFD y medidas directas. Asímismo, Mostafa *et al.* (2012), simularon y evaluaron cuatro sistemas de ventilación en naves avícolas para mejorar la ventilación, la distribución de la temperatura y la dispersión de amoníaco dentro de las naves, realizando propuestas de mejora respecto al diseño estándar. Por otro lado, Seo *et al.* (2009) usaron el CFD para mejorar, durante la temporada de frío en Corea, las

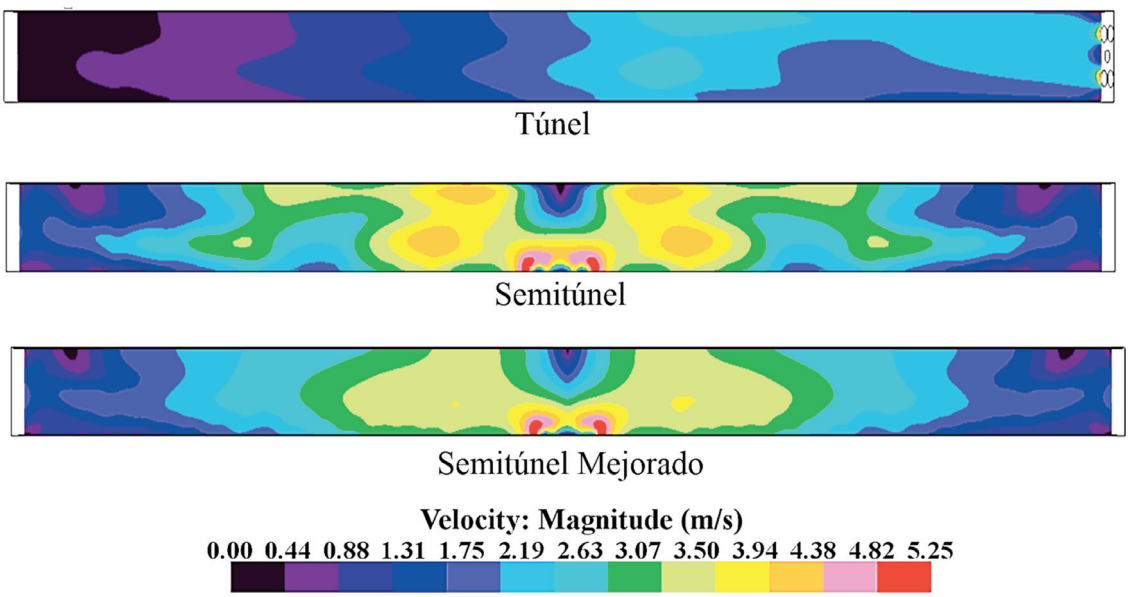


Figura 1. Distribución de velocidad de aire en tres configuraciones de nave: túnel, semitúnel y semitúnel mejorado de sección longitudinal, a 0,20 m de altura.
Fuente: Guerra-Galdo *et al.* (2015).
Figure 1. Air velocity distribution in three building configurations: Tunnel, Semitunnel and Improved Semitunnel of longitudinal section, at 0.2 m height.

Tabla 1. Promedio ± desviación estándar de la velocidad, temperatura y área de confort según criterios de velocidad de aire y temperatura de tres configuraciones de ventanas y ventiladores
Table 1. Average ± standard deviation of air velocity, temperature and comfort area in three configurations of windows and fans

			Área confort (%)	
Configuración	Velocidad (m/s)	Temperatura (°C)	Velocidad	Temperatura
Túnel	1,54 ± 0,74	23,55 ± 1,01	49,95	91,37
Semitúnel	0,83 ± 0,32	23,45 ± 0,82	80,05	93,03
Semitúnel mejorado	0,89 ± 0,30	23,37 ± 0,79	88,45	94,52

Fuente: Guerra-Galdo *et al.* (2015).

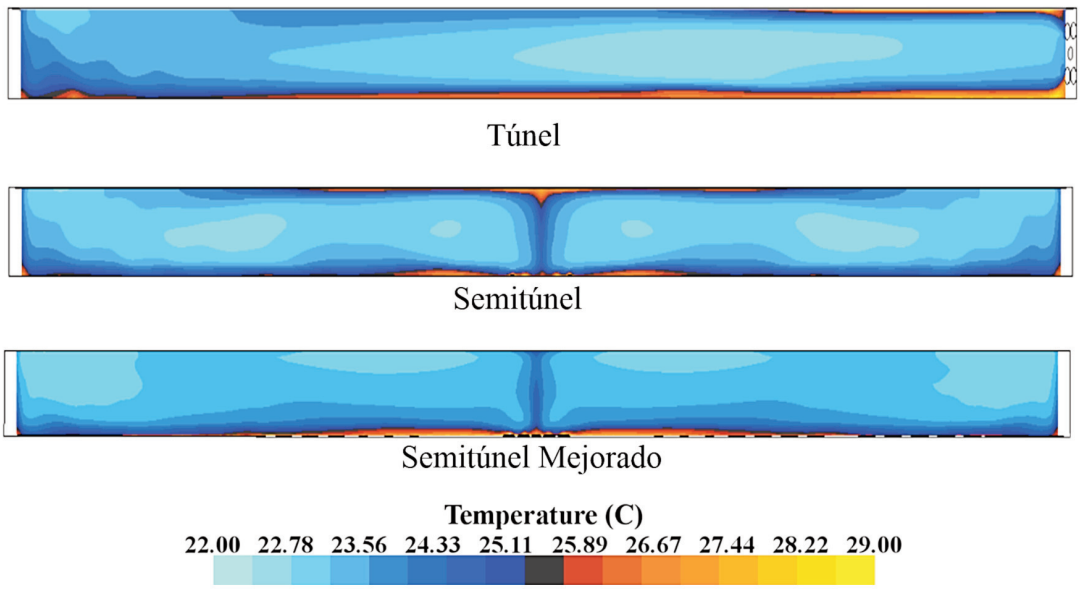


Figura 2. Distribución de temperatura en tres configuraciones de nave: túnel, semitúnel y semitúnel mejorado de sección longitudinal, a 0,20 m de altura. Fuente: Guerra-Galdo *et al.* (2015).

Figure 2. Temperature distribution in three building configurations: Tunnel, Semitunnel and Improved Semitunnel of longitudinal section, at 0.2 m height.

condiciones de temperatura y ventilación de una nave con ventilación natural, utilizando en la cubierta cuatro tipos de aberturas. Osorio *et al*. (2013) evaluaron el ambiente térmico de una nave tipo túnel durante la primera fase de crecimiento de los pollos de engorde, mostrando que no existen diferencias significativas entre los datos experimentales de temperatura medida a la altura de los animales y el modelo en CFD, para las condiciones de día y noche en cada una de las tres semanas. De esta manera la tabla 2 presenta el resumen de simulaciones realizadas con CFD y la validación experimental de naves avícolas en los últimos años.

Así, esta herramienta ha permitido estudiar el comportamiento de la velocidad del aire (Blanes-Vidal *et al.,* 2008; Song *et al.*, 2010; Bustamante *et al.,* 2013 y Guerra-Galdo *et al.*, 2015), la temperatura (Seo *et al.,* 2009; Mostafa *et al.*, 2012; Osorio *et al.,* 2013 y Damasceno *et al.,* 2014) o el transporte de gases y partículas (Bjerg *et al.*, 2002; Seo *et al.*, 2009; Mostafa *et al.*, 2012). A pesar de ello, no se ha llegado a desarrollar un diseño estándar óptimo para las naves de pollos de engorde, dada la dificultad técnica y la gran variabilidad en las condiciones ambientales entre las diferentes regiones donde se han desarrollado los estudios, por lo que los modelos CFD no se usan aún en la práctica como herramienta práctica para el diseño de naves comerciales.

Validación de los modelos

La validación del CFD se realiza utilizando métodos de diseño, como las pruebas experimentales y simulaciones numéricas; las prue-

Tabla 2. Estudios de ventilación en naves avícolas con diferente sistema de ventilación analizadas con Dinámica de Fluidos Computacional CFD y experimentalmente
Table 2. Studies of ventilation in poultry houses with different ventilation system analyzed with Computational Fluid Dynamic CFD and experimentally

Autores	Dimensiones L x a x h (m)	Dimensión	Código	Modelo turbulento	Tipo de ventilación
Blanes-Vidal *et al.,* 2008	68,8 x 15.0 x 2,36 h_1, 3,94 h_2	3D	Gambit Fluent	Estándar k- ε	Transversal depresión
Seo *et al.*, 2009	75 x 12 x 2.3 h_1, 4.2 h_2	3D	Gambit, Fluent	RNG k- ε	Ventilación natural
Song *et al*., 2010	50 x 12 x 4.8	3D	Fluent	LES	Túnel depresión
Osorio *et al.*, 2011	126 x 12,8 x 3	2D	Ansys	Estándar k- ε	Túnel-presión negativa, positiva
Mostafa *et al.*, 2012	42 x 9.0 x 2,2 h_1, 3,7 h_2	3D	Gambit	RNG k- ε	Túnel depresión
Zajicek y Kic, 2013	41 x 17,2 x 4	2D	Ansys	RNG k- ε	Túnel
Bustamante *et al.,* 2013	110 x 12.6 x 2,6 h_1, x 4 h_2	3D	Gambit Fluent	Estándar k- ε	Transversal depresión
Osorio *et al.*, 2013	110 x 14 x 2,5	3D	Ansys CEM	Estándar k- ε	Túnel depresión
Kwon *et al.*, 2015	70 x 13,5 x 3,5 h_1, 5,5 h_2	3D	Ansys Fluent	RNG k- ε	Transversal depresión
Bustamante *et al.*, 2015	120 x 12.2 x 2,2	3D	Gambit Fluent	RNG k- ε	Túnel depresión
Rojano et al., 2015	14 x 6 x 1,8 h_1, 2,6 h_2	2D	Ansys	Realizable k- ε	Ventilación natural
Osorio et al., 2015	110 x 14 x 2.45	3D	Ansys	Estándar k- ε	Túnel depresión

L: Largo; a: Ancho; h: Altura; h_1: Altura de pared; h_2: Altura en cumbrera.

bas experimentales necesitan de simulaciones numéricas y viceversa. Las comparaciones de aplicaciones industriales manifiestan que se alcanzan porcentajes máximos hasta 16% entre las mediciones directas y los resultados modelados, siendo éste un valor bastante aceptado a la hora de diseñar y proponer procesos de optimización (Bjerg *et al.*, 2013; Blanes-Vidal *et al.*, 2008).

Para llevar a cabo estas validaciones a través de mediciones directas de los parámetros estudiados, existen diferentes equipos que permiten medir la velocidad, temperatura y humedad en las naves avícolas. En este sentido,

el sistema multisensor desarrollado por Bustamante *et al.* (2013) (equipado con tres tipos de sensores velocidad del aire, temperatura y diferencia de presión) y capaz de adquirir un máximo de 128 señales simultáneas en un intervalo de 5 segundos), obtuvo valores promedios de la velocidad del aire de 0,60 ± 0,56 m/s por CFD y 0,64 ± 0,54 m/s por medida directa, no encontrándose diferencias significativas entre ambos sistemas. Por otro lado, Bjerg *et al.* (2002) utilizaron un termistor multicanal con sensor para medir el flujo vertical y horizontal de la velocidad del aire y un sensor ultrasónico para medir la velocidad del aire a 0,3 m sobre el suelo, encontrando concordancia entre los patrones de flujo de aire medido y simulado. Lee *et al.* (2007), utilizaron la velocimetría de imágenes de partículas (PIV) para conocer la distribución de los patrones de flujo de aire dentro de la granja, encontrando a 3 m/s patrones de flujos de aire muy similares entre PIV y CFD. En el caso del estudio desarrollado por Mostafa *et al.* (2012), utilizaron datos de una estación meteorológica y 30 higrómetros calibrados, encontrando como error aceptable entre la temperatura medida y calculada con CFD de 0,19% y 0,46% a la altura del animal y a 2 m de altura, respectivamente.

Las evidencias recogidas en la literatura demuestran un adecuado grado de ajuste entre los resultados de modelizaciones y sus respectivas validaciones, particularmente en el campo de la distribución de flujos de aire. Así, el grado de desarrollo de las técnicas CFD es suficiente para la realización de análisis previos al diseño definitivo y construcción de las naves. Conviene profundizar, sin embargo, en la modelización de los flujos de calor (Bustamante *et al.*, 2015; Osorio *et al.,* 2013) y su aplicación práctica a condiciones de estrés.

Conclusiones

El diseño y el manejo de los sistemas de ventilación son fundamentales en las granjas de aves de engorde debido a la susceptibilidad de estos animales frente a las condiciones ambientales adversas. No sólo la temperatura, sino la combinación de ésta con la humedad y la velocidad del aire deben tenerse en consideración al diseñar una nave avícola.

Las herramientas CFD se han demostrado como una alternativa para llevar a cabo evaluaciones de diseños constructivos en relación a las condiciones ambientales que se producen en el interior de las naves. A pesar de ello, la validación de estas simulaciones con mediciones reales resulta imprescindible a día de hoy.

Pese a que se han realizado muchos esfuerzos en el diseño y dimensionamiento de las instalaciones para la cría de pollos de engorde, sigue sin existir un modelo óptimo para todas las condiciones climáticas, por lo que debe profundizarse en el estudio de deste modelo de explotación para cada uno de los sistemas productivos en condiciones ambientales diferenciadas.

Agradecimientos

Este trabajo es financiado por el Programa Nacional de Becas y Crédito Educativo del Perú-PRONABEC.

Bibliografía

Abreu VMN, de Abreu PG (2011). Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. Revista Brasileira de Zootecnia. 40: 1-14.

Bartzanas T, Boulard T, Kittas C (2004). Effect of vent arrangement on windward ventilation of a tunnel greenhouse. Biosystems Engineering 88(4): 479-490.

Bjerg B, Svidt K, Zhang G, Morsing S, Johnsen J (2002). Modeling of air inlets in CFD prediction of airflow in ventilated animal houses. Computers and Electronics in Agriculture 34(1-3): 223-235.

Bjerg B, Giovanni C, In-Bok L, Bartzanas T, Norton T, Is-Woon H, Il-Hwan S, Banhazi T, Liberati P, Marucci A, Zhang G (2013). Modelling of ammonia emissions from livestock buildings ventilated naturally. Part 2: CFD modelling. Biosystems Engineering 116: 259-275.

Blanco OA, Gous RM, Savage MJ (2004a). A simulation model for estimating the effect of warm micro-environmental conditions on the heat balance of a broiler. XII World Poultry Congress, 8-12 junio, Estanbul, Turquía, pp. 123-138.

Blanco OA, Gous RM, Savage MJ (2004b). Modelling the physiological responses of a broiler exposed to micro-environmental conditions above thermoneutrality. 23rd Scientific Day, World Poultry Science Association Southern African Branch, 12 octubre, Pretoria, Sudáfrica, pp. 10-23.

Blanes-Vidal V, Guijarro E, Balasch S, Torres AG (2008). Application of computational fluid dynamics to the prediction of airflow in a mechanically ventilated commercial poultry building. Biosystems Engineering 100(1): 105-116.

Bligh J, Johnson KG (1973). Glossary of terms for thermal physiology. Journal of Applied Physiology 35(6): 941-961.

Buffington DE, Colazzo-Arocho A, Canton GH (1981). Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. Transaction of the American Society of Agricultural Engineering ASAE 24: 711-714.

Bustamante E, García-Diego F.-J, Calvet S, Estellés F, Beltrán P, Hospitaler A, Torres AG (2013). Exploring ventilation efficiency in poultry buildings: The validation of Computational Fluid Dynamics (CFD) in a cross-mechanically ventilated broiler farm. Energies 6(5): 2605-2623.

Bustamante E, García-Diego F-J, Calvet S, Estellés F, Torres AG, Hospitaler A (2015). Measurement and numerical simulation of air velocity in a tunnel-ventilated broiler house. Sustainability 7(2): 2066-2085.

Chepete J, Xin H, Puma CM, Gates RS (2004). Heat and Moisture Production of Poultry and their Housing Systems: Pullets and Layers. Agricultural Biosystems Engineering 10: 286-299.

Cordeiro MB, de Fátima FTI, da Silva JN, Vigoderis RB, de Carvalho PF, Cecon PR (2010). Conforto térmico e desempenho de pintos de corte submetidos a diferentes sistemas de aquecimento no período de inverno. Revista Brasileira de Zootecnia 39(1): 217-224.

Collins KE, Kiepper, Ritz CW, McLendon BL, Wilson JL (2014). Growth, livability, feed consumption, and carcass composition of the Athens Canadian Random Bred 1955 meat-type chicken versus the 2012 high-yielding Cobb 500 broiler. Poultry Science 93: 1-10.

Damasceno FA, Osorio SJA, Barreto ML, Martin S, Arêdes MM (2014). Evaluation of a heating system in poultry houses using a CFD model. Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín 67(2): 7355-7363.

Dozier WA, Purswell JL, Branton SL (2006). Growth responses of male broilers subjected to high air velocity for either twelve or twenty-four hours from thirty-seven to fifty-one days of age. Agriculture Poultry Research 15: 362-366.

Estrada MM, Márquez MGS (2005). Interacción de los factores ambientales con la respuesta del comportamiento productivo en pollos de engorde. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 18(6): 246-257.

Estrada-Pareja M, Márquez-Girón SM, Restrepo BL (2007). Efecto de la temperatura y la humedad relativa en los parámetros productivos y la transferencia de calor. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 20: 288-303.

Furlan RL (2006). Influência da temperatura na produçao de frangos de corte. VII Simpósio Brasil Sul de Avicultura, 04 a 06 de abril de 2006, Chapecó, SC- Brasil, pp. 104-135.

Genç L, Portier KM (2005). Sensible and latent heat productions from broilers in laboratory conditions. Turkish Journal Veterinary Animal Sciences, 29: 635-643.

Guerra-Galdo EH, Calvet SS, Estellés BF, López-Jiménez PA (2015). CFD model for ventilation assessment in poultry houses with different distribution of Windows. International Journal of Energy and Environment. 6(5): 411-424.

Harral B, Boon C (1997). Comparison of predicted and measured air flow patterns in a mechanically ventilated livestock building without animals. Journal of Agricultural Engineering Research. 66(3): 221-228.

Humbert U, Wessels GJC, Smit JE, Ubbink O (2014). Improving broiler lifestyle: a CFD approach. 9th South African conference on computational and applied mechanics somerset west. 14-16 enero de 2014. Sudáfrica, pp. 1-7.

Ipek A, Sahan U (2006). Effects of cold stress on broiler performance and ascites susceptibility. Journal Animal Science, 19(5): 734-738.

Kwon K-S, Lee IB, Zhang GQ, Ha T (2015) Computational fluid dynamics analysis of the thermal distribution of animal occupied zones using the jet-drop-distance concept in a mechanically ventilated broiler house. Biosystems Engineering. 136: 51-68.

Lee IB, Sase S, Sung SH (2007). Evaluation of CFD accuracy for the ventilation study of a naturally ventilated broiler house. Japan Agricultural research quarterly JARQ 41(1): 53-64.

Li C, Wang X, Li N, Wu C (2011). Expression analysis of global gene response to chronic heat exposure in broiler chickens (Gallus gallus) reveals new reactive genes. Poultry Science 90: 1028-1036.

Lin H, Zhang HF, Du R, Gu XH, Zhang ZY, Buyse J, Decuypere E (2005). Thermoregulation responses of broiler chickens to humidity at different ambient temperatures. II. Four Weeks of Age. Poultry Science 84: 1173-1178.

Lott BD, Simmons JD, May JD (1998). Air velocity and high temperature effects on broiler performance. Poultry science 77(3): 391-393.

Mazanowski A (2011). Modern broiler chicken production. Ed. Pro Agricola, Gerzwald, 246.

Medeiros CM, da Costa BF, de Oliveira RFM, Tinôco Ide FF, Albino LFT, Cecon PR (2005a). Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. Engenharia na Agricultura 13(4): 277-286.

Medeiros CM, da Costa BF, de Oliveira RFM, Tinôco I de FF, Albino LFT, Cecon PR (2005b). Índice térmico ambiental de produtividade para frangos de corte. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 9(4): 660-665.

Mickelberry WC, Rogler JC, Stadelman WJ (1966). The influence of dietary fat and environmental temperature upon chick growth and carcass composition. Poultry Science 45: 313-321.

Moraes VMB, Malheiros RD, Furlan RL, Bruno LDG, Malheiros EB, Macari M (2002). Efeito da temperatura ambiente durante un primeira semana de vida de frangos sobre o peso vivo, desenvolvimento de vísceras e crescimento osseo. Revista Brasileira de Ciências Avícolas, 4 (1): 1-8.

Mostafa E, Lee IB, Song SH, Kwon KS, Seo IH, Hong SW, Hwang HS, Bitog JP, Han HT (2012). Computational fluid dynamics simulation of air temperature distribution inside broiler building fitted with duct ventilation system. Biosystems Engineering 112(4): 293-303.

Mount LE (1968). The climatic physiology of the pig. Edward Arnold, London.

Olanrewaju HA, Purswell JL, Collier SD, Branton SL (2010). Effect of ambient temperature and light intensity on physiological reactions of heavy broiler chickens. Poultry Science 89: 2668-2677.

Oliveira RF, Lopes DJ, Teixeira de AM, Ferreira RA, Marçal VVR, Segatto CP (2006). Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. Revista Brasileira Zootecnia. 35(3): 797-803.

Olsen JWW (2012). Improving commercial broiler attic inlet ventilation through data acquisition coupled with cfd analysis. Master's thesis, Mississippi State University. EE.UU.

Osorio SJA, Ferreira TI, Oliveira R, Aredes M, De Paula MO (2011). Modeling and experiental validation to estimate the energy balance for a poultry house with misting cooling. Dyna, 170: 167-174.

Osorio HR, Ferreira TIF, Osorio SJ, Oliveira RKS, Guerra GLM (2013) Modeling of the thermal environments in shed negative pressure tunnel type of chicks. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín 66 (2): 7085-7093.

Osorio HR, Guerra GLM, Barreto ML, Barbari M (2015) CFD modeling of the thermal environment in a negative pressure tunnel ventilated broiler barn during the first week of life. Conferencia 19 septiembre, Brazil, pp. 1-8.

Oviedo-Rondón EO (2014). Efecto de la temperatura y de la velocidad del aire en naves de pollos. PV ALBEITAR 29: 109-1111.

Purswell JL, Dozier III WA, Jeremiah DD, Olanrewaju HA, Xin H, Gates RS (2012). Effect of temperature-humidity index on live performance in broiler chickens grown from 49 to 63 days of age. AKNOWETH Conference Presentation, 8-12 julio 2012, Valencia, España, pp. 1-9.

Reece FN, Lott BD (1982). The effect of environmental temperature on sensible and latent heat production of broiler chickens. Poultry Science, 61: 1590-1593.

Rojano F, Bournet P-E, Hassouna M, Murat KR, Choi CY (2015) Modelling heat and mass transfer of a broiler house using computational fluid dynamics. Biosystems engineering, 136: 25-38.

Seo IH, Lee IB, Moon OK, Kim HT, Hwang HS, Hong SW, Bitog J, Yoo JI, Kwon KS, Kim YH, Han JW (2009). Improvement of the ventilation system of a naturally ventilated broiler house in the cold season using computational simulations. Biosystems Engineering 104(1): 106-117.

Simmons JD, Lott BD, May JD (1997). Heat loss from broiler chickens subjected to various air speeds and ambient temperatures. Applied Engineering Agriculture, 13: 665-669.

Song S-H, Lee I-B, Hwang H-S, Hong S-W, Seo I-H, Bitog JP, Kwon K-S, Choi J-S (2010). CFD analysis and comparison of forced-ventilation systems of poultry houses in Korea XVIIth World Congress of the International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering (CIGR), 13-17 junio de 2010, Québec, Canada, pp. 1-9.

Tao X, Xin H (2003). Temperature-humidity-velocity index for market-size broilers. American Society of Agricultural Engineering ASAE, 27-30 de julio de 2003, Las Vegas, Nevada, EE.UU., pp. 1-12.

Teeter R, Smith M (1986). High chronic ambient temperature stress effects on broiler acid-base balance and their response to supplemental ammonium chloride potassium chloride and potassium carbonate. Poultry Science 65(99): 1777-1781.

Teixeira da Silva E (2007). Índice de temperatura e umidade (itu) na Produção de aves para mesorregião do Noroeste e norte pioneiro paranaense. Revista Académica Curitiba 5(4): 385-390.

Temin S, Chagneau AM, Guillaumin S, Michel J, Peresson R, Tesseraud S (2000). Does excess dietary protein improve growth performance and carcass characteristics in heat-exposed chickens? Poultry Science 79(3): 312-317.

Thom EC (1959). The discomfort index. Weatherwise 12(1):57-60.

Yahav S, Straschnow A, Luger D, Shinder D, Tanny J, Cohen S (2004). Institute ventilation, sensible heat loss, broiler energy, and water balance under harsh environmental conditions. Poultry Science 83: 253-258.

Yahav S, Straschnow A, Vax E, Razpakovski V, Shinder D (2001). Air velocity alters broiler performance under harsh environmental conditions. Poultry science 80(6): 724-726.

Yahav S, Hurwitz S (1996). Induction of thermotolerance in male broiler chickens by temperature conditioning at an early age. Poultry Science 75: 402-406.

Yanagi JT, Soares LW, Rabelo G (2014). Predicting rectal temperature of broiler chickens with artificial neural network. Journal of Engineering & Technology 14(5): 29-34.

Zajicek M, Kic P (2013). Improvement of the broiler house ventilation using the CFD simulation. Engineering for rural development, 23-24 mayo, Jelgava, pp. 198-202.

(Aceptado para publicación el 19 de abril de 2016)

Señalización de la calidad y análisis de los beneficios asociados a la trazabilidad. Análisis del mercado del atún en España

H. Metref y D. Calvo-Dopico*

Universidad de A Coruña. Facultad de Economía y Empresa, 15091 A Coruña (España)

Resumen

Como consecuencia de la globalización de los mercados agroalimentarios y pesqueros han aparecido nuevas preocupaciones y demandas por parte de los consumidores. Así, el consumidor no sólo exige productos de pesca con mayores garantías de calidad sino también un producto seguro y que no presente riesgos alimentarios. Estos retos cobran una mayor importancia si el producto debe seguir por diferentes fases de producción y transformación. Un buen ejemplo de este hecho es el atún. Una de las herramientas que tienen las empresas para hacer frente a este reto es la trazabilidad. El objetivo de este trabajo es investigar la percepción de la trazabilidad por los consumidores, el conocimiento que tienen del término y cuáles son los beneficios asociados. Se ha realizado una revisión de la literatura y una investigación de mercados. Los resultados revelan que los consumidores tienen mucho desconocimiento de la trazabilidad y que los principales beneficios asociados a la trazabilidad son la seguridad alimentaria, el control de la cadena y la gestión de la crisis. Asimismo, la mayoría de los consumidores están de acuerdo en implantar programas de trazabilidad puesto que esto supondría cadenas de abastecimiento más seguras, si bien mayoritariamente no están dispuestos a pagar una prima en el precio. Se hace necesario dar a conocer los beneficios asociados a la trazabilidad y el control de la calidad del producto a lo largo de la cadena alimentaria, especialmente si se trata de mercados donde existen diferentes grados de transformación como es el caso del mercado del atún.

Palabras clave: Comportamiento del consumidor, calidad percibida, análisis factorial.

Abstract

Signaling quality and analysis of benefits associated with traceability. An empirical application for Spanish tuna market

Due to the globalization of agro-food and fishery markets, new consumers' concerns and demands have appeared. Thus, consumer not only demands fish products with higher quality guarantees bust also a product without food risks. These challenges are more relevant if the product follow different production processes and degrees of transformation, such as the tuna. One of the mechanisms available to companies to address these challenges is the traceability. Thus, the objective of this paper is to analyse consumers' perception and knowledge about traceability and the benefits associated with the traceability. To do that, a literature review related with traceability and a market research were conducted. Results show that the majority of consumers do not know the meaning of the term "traceability" and the main benefits associated with traceability are food safety, control along the food chain and management of

* Autor para correspondencia: domingo@udc.es

https://doi.org/10.12706/itea.2016.026

food crises. Likewise, the majority of consumers agree with the implementation of traceability programs because the food supply chains will offer a greater guarantee of food safety. Nevertheless, the majority of them are not willing to pay a price premium for it. It is necessary to inform and promote the benefits associated with the traceability and the quality control along the food chain. This challenge is more relevant in global markets where the product has undergone different degrees of transformation such as the case of the market of tuna.

Key words: Consumer behaviour, perceived quality, factor analysis.

Introducción

Las empresas del sector pesquero están afrontando un entorno cada vez más globalizado y competitivo, con un consumidor cada vez más exigente que demanda mayores garantías de calidad. Sin embargo, los consumidores no tienen conocimiento suficiente para percibir o reconocer las características de un producto pesquero (ej. origen, fecha captura, especie, etc,.). Por tanto, se hace necesario no sólo informar a los consumidores sobre estas características sino también garantizar la calidad de los productos. Así, la industria del sector pesquero debe afrontar dos importantes retos, ambos asociados con la calidad. Por un lado, informar a los consumidores sobre las características intrínsecas de los productos. Por otro lado, con el fin de garantizar esas características, hay que controlar la calidad de los productos pesqueros a lo largo de las distintas fases de la cadena de suministro –producción o extracción-transformación-distribución-comercialización–.

Dentro del mercado de la pesca, uno de los mercados que se han globalizado enormemente es el atún. Así, el producto es capturado en una determinada zona FAO, luego puede llegar a un puerto perteneciente a otra zona FAO. Posteriormente, ese producto es transformado o elaborado y llega a un mayorista, el cual, puede de nuevo comercializarlo y por tanto, venderlo a una empresa del sector conservero. Esta empresa procederá a preparar la lata de atún en conserva. Esta cadena de valor es muy compleja. Existen muchos puntos denominados críticos en los cuáles el producto experimenta una importante transformación. En el punto final de la cadena, si el consumidor necesitase saber las propiedades del producto, esto es, su calidad tendría muchas dificultades. Adicionalmente, existe un riesgo de que aparezcan otras materias primas (otros atunes) similares que se introduzcan en el proceso de transformación pero que no sean percibidos por el consumidor.

En este escenario se plantea un gran reto, que es informar al consumidor sobre las características del producto, también denominado como calidad objetiva (Grunert, 2005). Una de las herramientas que le permite a la empresa realizar un rastreo de la trayectoria que ha seguido un alimento a lo largo de la cadena pesquera es la trazabilidad. Debido a que el usuario final es el consumidor, es necesario saber cómo percibe, valora y comprende la trazabilidad.Si bien existen estudios previos sobre la trazabilidad (Verbeke y Ward, 2006; Giraud y Halawany, 2006; Chryssochoidis *et al*., 2006; Van Rijswijk y Frewer, 2006, 2008; Van Rijswijk *et al*., 2008), en lo que se refiere al caso de los productos pesqueros la evidencia empírica es muy escasa. En concreto, debido a las particularidades de cada sector, se demandan estudios sectoriales o específicos más aplicados donde se pueda ver de forma concreta la reacción y percepción del consumidor hacia la trazabilidad. Debido a la relación que existe entre la trazabilidad y la calidad, en el presente trabajo

primeramente se quiere investigar la jerarquía de las señales de calidad que utiliza el consumidor en el proceso de compra. Posteriormente, se investigará la percepción de la trazabilidad. En concreto, su grado de conocimiento espontáneo, los beneficios asociados, la necesidad de implantar un programa de trazabilidad y la disposición a pagar una prima en el precio. Para poder dar una respuesta precisa a estos objetivos, previamente se ha realizado un examen de aquéllos estudios que han analizado tanto la señalización de la calidad como de la trazabilidad.

La contribución de este estudio es ofrecer no sólo una visión y un conocimiento más preciso sobre la trazabilidad en general, sino también identificar los beneficios que se derivan de la implantación de la trazabilidad y la influencia que tiene, para el caso concreto del atún, en la señalización de la calidad o en la disposición a pagar una prima en el precio. Para dar respuesta a los objetivos que se han señalado anteriormente, primeramente se explica de forma detallada los objetivos y la metodología utilizada. Seguidamente, se exponen la revisión de los principales estudios sobre la trazabilidad y sobre la señalización de la calidad. Posteriormente, se explican los resultados de la investigación de mercados y finalmente se exponen las principales implicaciones y conclusiones del estudio.

Investigación previa

Calidad objetiva y calidad percibida

Los expertos saben reconocer perfectamente la calidad que atesora un producto, también denominada como calidad objetiva (Grunert, 2005). Sin embargo, los consumidores no pueden reconocer fácilmente la calidad que un producto atesorar por lo que recurren a indicadores o señales (Grunert *et al*., 1996). Estos indicadores pueden ser intrínsecos o extrínsecos. A su vez, esos indicadores o señales pueden ser percibidos o valorados por el consumidor dependiendo de su nivel de implicación, conocimiento y consciencia de la calidad. Por esta razón, se diferencia entre señales o indicadores de calidad objetiva y señales o indicadores de calidad percibida.

Indicadores intrínsecos

Son las propiedades intrínsecas que dotan de calidad al producto (Grunert *et al*., 1996). Como ya se explicó anteriormente, algunas de estas propiedades pueden ser percibidas por el consumidor como la apariencia física o textura, etc. Sin embargo, existen otras propiedades como el origen geográfico del producto, las propiedades nutricionales, la especie, el método de producción, etc. que no son reconocidas por el consumidor medio a menos que se ofrezca información.

Indicadores extrínsecos

Además de los indicadores intrínsecos, existen otras señales o indicadores para inferir la calidad del producto que no guardan una relación directa con el producto (Grunert *et al*., 1996). Entre esas señales o indicadores extrínsecos destacan el etiquetado, la marca, el establecimiento, el dependiente o el envase. Entre ellos, destacan la marca. Para productos perecederos que no tienen marca (ej. pescado fresco), el consumidor utiliza el etiquetado, el dependiente, o el establecimiento. Igualmente, aparece el precio, el cual puede actuar tanto como una señal de coste como una señal de calidad. Durante la crisis económica, el precio se ha acentuado como una señal de coste, el cual tiene una gran influencia en el proceso de compra (Calvo-Dopico y Rodriguez-Vidal, 2013). Por ello, es preferible investigar el papel del precio no sólo como un indicador o señal de calidad, sino también como señal o indicador de coste que influye en la compra del producto.

Jerarquía de las señales de calidad

En la tabla 2 pueden verse, para cada una de las diferentes dimensiones de la calidad, los indicadores utilizados tanto por los consumidores –calidad percibida– como por los expertos –calidad objetiva–. Lógicamente, los consumidores utilizan muchos menos indicadores o señales para inferir la calidad del producto. Adicionalmente, existen atributos para los cuáles aunque el consumidor perciba una señal informativa no tiene capacidad para reconocer ese atributo. Un claro ejemplo es la seguridad alimentaria. El consumidor necesita no sólo una señal informativa clara sino también que esa señal sea creíble. La señalización de los atributos (sensoriales, nutricionales, higiénico-sanitarias, salubridad, etc.) proporciona un valor adicional al consumidor puesto que le permite inferir la calidad, reducir el riesgo en la compra y reducir la búsqueda de información (Erdem y Swait, 1998). Esto le proporciona seguridad al consumidor y un valor adicional (Prieto *et al*., 2008).

Una vez se ha expuesto la literatura previa relevante sobre la calidad, ahora se explica otra de las variables relevantes del estudio como es la trazabilidad. En concreto, se examina cuáles son los principales estudios relacionados con la trazabilidad.

Percepción global de la trazabilidad y beneficios asociados

Conocimiento espontáneo de la trazabilidad

De acuerdo a la legislación europea (Reglamento 178/2002, Art. 3), la trazabilidad es la posibilidad de encontrar y seguir el rastro, a través de todas las etapas de producción, transformación y distribución, de un alimento, un pienso, un animal destinado a la producción de alimentos o una sustancia destinados a ser incorporados en alimentos o piensos o con probabilidad de serlo. Los expertos y los técnicos con conocimientos de producción pueden reconocerla e interpretarla correctamente. Sin embargo, los consumidores no tienen capacidad suficiente para comprender este término. De hecho, los principales estudios relacionados con la trazabilidad (Verbeke y Ward, 2006; Giraud y Halawany, 2006) han revelado que los clientes no tienen un conocimiento claro del término. Más en concreto, Chryssochoidis *et al*. (2006) han demostrado que los consumidores mostraban confusión cuando se utilizaba ese término relacionado con productos de pesca.

Beneficios asociados a la trazabilidad

Como ya se ha comentado, el consumidor medio es desconocedor de este término de ahí que la literatura haya abordado la investigación de los beneficios asociados a la trazabilidad. Al proporcionar información al consumidor, el usuario asocia el término de la trazabilidad con la seguridad alimentaria (Van Rijswijk y Frewer, 2006). En ausencia de esta herramienta, las propias empresas podrían ser desconocedoras de qué lotes están contaminados y cuáles descontaminados (Rasmussen 2012). El hecho de que las empresas dispongan de estas medidas permitiría proporcionar al consumidor, ante una alarma sanitaria, una mayor confianza en que las cadenas proporcionarían alimentos seguros (Van Rijswijk y Frewer, 2006).

Existen otros estudios que han asociado los beneficios de la trazabilidad hacia el control de la cadena, lo cuál ha sido también explicado por Chryssochoidis *et al*. (2006) y Van Rijswijk *et al*. (2008). Esto quiere decir que el consumidor espera que exista un control de la cadena alimentaria. Esto supondría un control de los puntos críticos de la cadena alimentaria por parte de los expertos. Ese control ejercido por parte de organismos expertos es el que puede otorgar credibilidad a la señal informativa. Esta credibilidad es la base que permitiría al consumidor reconocer que el alimento tiene garantías de seguridad alimen-

Tabla 2. Dimensiones de la calidad en productos de pesca: Calidad objetiva vs. Calidad percibida
Table 2. Quality dimensions for fish products: Objective quality vs. Perceived quality

	Especificaciones técnicas o propiedades intrínsecas	Señales o indicadores percibidos por el consumidor
Calidad sensorial	Apariencia física	Apariencia o aspecto general
	Fecha de captura	
	Textura	Textura
	Tamaño	Tamaño
	Procedencia	Procedencia*
	Especie (denominación científica)	
	Especie (denominación común)	Especie (denominación común)*
	Brillo de los ojos	Brillo de los ojos
	Frescura	Enrojecimiento de agallas por manchas de sangre
	Claridad	
	Color	
	Aroma	
Calidad organoléptica	Sabor	Sabor
	Aroma	
	Buqué	
	Textura	Textura

* Si al consumidor se le ofrece información puede reconocer el atributo o indicador (ej. etiquetado).

** En muchos casos el consumidor no lee esta información o no le presta atención e interés. En otros casos, muestra mucho interés.

*** Entre los atributos relacionados conla calidad higiénico-sanitaria el consumidor reconoce muy pocas señales informativas (ej. fecha de consumo preferente).

**** Similar al anterior caso. Actualmente, no existe un conocimiento claro de los indicadores para reconocer la trazabilidad del producto.

Fuente: Elaboración propia a partir de Tuma (2011).

Tabla 2. Dimensiones de la calidad en productos de pesca: Calidad objetiva vs. Calidad percibida (continuación)
Table 2. Quality dimensions for fish products: Objective quality vs. Perceived quality (continuation)

	Especificaciones técnicas o propiedades intrínsecas	Señales o indicadores percibidos por el consumidor
Calidad nutricional	Calorías, Grasas, contenido de colesterol, sales minerales, carbohidratos, proteínas, vitaminas	Etiquetado nutricional: Nutrientes**: cantidad de proteínas, grasas, valor proteico, sales minerales y valor energético
Calidad higiénico-sanitaria	Aminas biógenas (histamina y tiramina); Contaminantes químicos (metales pesados, dioxinas, PCB´s) Parásitos (anisakis) Toxinas naturales Microorganismos patógenos (salmonella, escherechia coli, Virus entéricos Presencia de alérgenos Presencia de cuerpos extraños	Etiquetado: Fecha de consumo preferente y/o captura***
Calidad del proceso (aseguramiento de la calidad del producto)	Trazabilidad hacia atrás Trazabilidad interna Trazabilidad hacia delante	Códigos para señalizar la trazabilidad en el etiquetado****

* Si al consumidor se le ofrece información puede reconocer el atributo o indicador (ej. etiquetado).

** En muchos casos el consumidor no lee esta información o no le presta atención e interés. En otros casos, muestra mucho interés.

*** Entre los atributos relacionados conla calidad higiénico-sanitaria el consumidor reconoce muy pocas señales informativas (ej. fecha de consumo preferente).

**** Similar al anterior caso. Actualmente, no existe un conocimiento claro de los indicadores para reconocer la trazabilidad del producto.

Fuente: Elaboración propia a partir de Tuma (2011).

taria. Adicionalmente, para el consumidor, este término podría asociarse a la calidad (Van Rijswijk y Frewer, 2008) y al origen del producto (Giraud y Halawany, 2006). De aquí se deduce que para el consumidor la trazabilidad está asociada fundamentalmente a la seguridad alimentaria, si bien también presenta asociaciones con el origen y con la calidad. En relación a este beneficio de la calidad, desde el punto de vista del consumidor, se refiere al control de la calidad que puede realizar la empresa al implantar un programa de trazabilidad.

La revisión de esta investigación previa ha permitido identificar una cuestión muy interesante. Desde el punto de vista del consumidor, existen puntos de conexión muy importantes entre la trazabilidad y la calidad. Debido a que uno de los posibles beneficios asociados a la trazabilidad es conocer el origen del producto y a que el origen se presenta como una señal de calidad, se detecta una interrelación estrecha entre la calidad y la trazabilidad. Así, la señalización de esos indicadores de calidad en el etiquetado aportaría valor para el consumidor. Ese valor adicional es proporcionado por la implantación de la trazabilidad, la cual le transfiere una mayor seguridad. Por tanto, la aportación de una información más precisa relacionada con el origen o procedencia del producto, así como de otros atributos relacionados directamente con él (método de captura, método de producción, etc.) aportaría un mayor valor al uso del etiquetado por parte del consumidor.

Trazabilidad y disposición a pagar

Por último, se ha realizado una revisión de la literatura para identificar la relación entre la trazabilidad y la disposición a pagar. En cuanto a la disposición a pagar, es variable según las características socio-demográfica. Así, la voluntad de pagar una prima en el precio por la implantación de este sistema varía en función del nivel de ingresos de los consumidores, la educación o por la sensibilidad hacia la seguridad alimentaria (Wu *et al*., 2012).Igualmente, se percibe que existe una importante variabilidad según los países analizados. Así, en países de Europa como Francia o Alemania estarían dispuestos a pagar un sobreprecio por la implantación del sistema de trazabilidad. Sin embargo, en otros países, como España, la mayoría de consumidores están dispuestos a pagar por una calidad superior, pero no por un sistema de trazabilidad (Giraud y Halawany, 2006).

Material y métodos

Fuentes de información

Para encontrar las respuestas a las cuestiones planteadas se ha recurrido a diferentes fuentes de información. Distinguimos entre dos tipos de fuentes de información: las fuentes de información primaria y las fuentes de información secundaria. Dentro de las fuentes de información secundarias, que ya fueron comentadas anteriormente, destacan los estudios previos relacionados con la trazabilidad y la señalización de calidad de productos agroalimentarios y pesqueros. Además, están las fuentes de información primarias. En este caso se trata de un cuestionario de preguntas cerradas, excepto las relativas a los atributos de compra –que se ha utilizado para analizar la jerarquía de señales en la compra– y para la pregunta del conocimiento de la trazabilidad. El cuestionario se ha organizado de acuerdo a la siguiente estructura. El primer bloque se centra en analizar los hábitos de compra de productos pesqueros. En este apartado se solicitaba al encuestado que indicase los hábitos de compra para las diferentes categorías de pescado así como el lugar en el que habitualmente compraba el producto. Asimismo, se preguntaba sobre los hábitos de compra de atún y el lugar de com-

pra. En el segundo bloque se analizan las señales de calidad y su influencia en la compra. En concreto, se preguntaba sobre los criterios que más influyen en la decisión de compra. En este apartado, se le pedía al encuestado que estableciese un orden de importancia –desde el primero hasta el cuarto– para los diferentes atributos –ya se tratasen de atributos o intrínsecos (ej. color, textura, origen, etc.) o extrínsecos (marca, dependiente, etiquetado, envase, etc.)–. Adicionalmente, se le pedía que repartiese cien puntos entre los diferentes criterios utilizados en la compra. Esta información fue utilizada para evaluar la jerarquía de atributos en la que se basa el consumidor en la compra de las diferentes categorías de atún. El tercer apartado trata sobre la trazabilidad. En concreto, se analiza i) el conocimiento espontáneo de la trazabilidad; ii) cuáles son los beneficios esperados; iv) la importancia de implantar un sistema de trazabilidad; v) la disposición a pagar un sobreprecio por la implantación del mencionado sistema de trazabilidad. Finalmente, el último apartado pretende analizar el perfil socio-demográfico del responsable de compras. Para ello, se analiza la tipología del hogar, la edad, el género o el nivel de estudios.

Muestreo: Unidad muestral, lugares de muestreo, procedimiento de selección y test previo

A continuación se explica con más detalle las cuestiones referidas al muestreo. La selección de hogares fue realizada por una empresa especializada en realizar trabajo de campo e investigación de mercado y de opinión (Agora Estudios de mercado y de opinión). Los apartados que se comentan son la unidad muestral, los lugares de muestreo, el procedimiento de selección, el tamaño de la muestra y error muestral y el test previo.

Unidad muestral

El cuestionario ha sido dirigido al responsable de las compras de pescado en el hogar. Para poder conocer bien el proceso de compra así como de aquellas variables que se manifiestan durante el proceso de compra como son la percepción, los motivos de compra o consumo, la disposición a pagar o satisfacción se recomienda optar por el responsable de compras del hogar. Además, debido a que el estudio también pretende examinar los hábitos de compra de productos pesqueros en general y del atún en particular, el agente seleccionado fue el responsable de compras del hogar.

Lugares de muestreo y proceso de selección de los hogares

Debido a que el mercado que se quiere investigar es el mercado español, se estableció primeramente las grandes áreas geográficas de España. Se distinguen las siguientes grandes áreas: Zona Noroeste; Zona Norte-Centro; Zona de Cataluña, Aragón y Baleares; Zona Centro; Zona Levante y Zona Sur. La zona de Canarias fue descartada. De estas seis grandes zonas geográficas se seleccionaron cinco de tal manera que Zona Noroeste y Zona Norte-Centro quedaron representadas en una sola zona. A continuación, se escogieron los puntos de muestreo. Se estableció un reparto de afijación simple. Así, el reparto de los cuestionarios válidos quedó de la siguiente manera: Galicia (Coruña = 30 y Orense = 30) –Zona Norte y Noroeste–; Madrid (61) –Zona Centro–; Zaragoza (60) –Zona de Cataluña, Aragón y Baleares–; Valencia (60) –Zona de Levante–; Sevilla (60) –Zona Sur–. Como se puede ver, se buscaron localidades representativas de las grandes áreas geográficas. El cuestionario se realizó de forma personal y directa en el hogar y, ante cualquier pregunta del encuestado, se aclaraban sus posibles dudas o inquietudes, mediante un ejemplo o una explicación más coloquial. El procedimiento de selección fue de rutas aleatorias.

Tamaño, estructura de la muestra y cálculo del error

Este procedimiento permitió la identificación de una muestra heterogénea de la población objeto de estudio en la que se identificaron diferentes perfiles socio-demográficos. Contamos con un tamaño muestral de 301 responsables de la compra de sus hogares en toda España. El error muestral fue del 5,66%, el cual fue calculado atendiendo a una población infinita (la que supera los 100.000 habitantes) y con un intervalo de confianza del 95%, siendo p = q = 0,5.

Test previo y reunión previa con los entrevistadores

Se ha realizado un test previo en Galicia con el fin de conocer los posibles fallos que tuviese la encuesta. Para ello se han realizado 8 cuestionarios de prueba a responsables de la compra del hogar. Al final, se les preguntaba qué les habían parecido las preguntas y si había alguna de ellas que no la tuviesen demasiado clara. De esta forma, a la vez que les iba realizando el cuestionario, se anotaron no solo aquellas preguntas que no estaban suficientemente claras sino también el tiempo transcurrido con cada bloque de preguntas. Como consecuencia de este test previo, se mejoró la pregunta de jerarquía de señales (P.4). En esta pregunta se decidió preguntar de forma abierta por la categoría de atún habitualmente comprada y en la que el entrevistador debía identificar primero cuál era el orden de los atributos de compra (1º, 2º, 3º –si lo hubiese–, 4º –si lo hubiese–) y luego saber la ponderación de cada uno de los atributos. También se ha redactado de forma más clara algunos ítems relativos a los beneficios asociados a la trazabilidad si bien aquí el entrevistador tenía que aclarar al entrevistado si tenía alguna duda. Las conclusiones de este test previo han servido para la posterior reunión con los entrevistadores.

Resultados y discusión

Percepción de la calidad y su influencia en la compra

Este apartado quiere dar respuesta al primer objetivo que se ha planteado en la investigación cuantitativa. El primer objetivo consiste en analizar, para las diferentes categorías de atún, las señales que utiliza el consumidor para inferir la calidad y cómo influyen en la compra. Para realizar este análisis se procedió a calcular la media ponderada de los atributos intrínsecos y extrínsecos. Esto llevó un procedimiento de cálculo en varias etapas. Primeramente se estableció la jerarquía de los atributos que los consumidores señalaban en la compra. Esto pudo ser realizado porque los entrevistadores identificaban el orden de esos atributos. Una vez se identificó el listado se procedió a codificar todas las variables. Esto fue un proceso muy laborioso puesto que había que identificar los diferentes términos con los que los consumidores identificaban los diferentes atributos. Por ejemplo, el término apariencia física o aspecto fue identificado como "pinta", "aspecto", "apariencia" o "buena presencia". Todos ellos fueron codificados con el mismo nombre: apariencia física. A continuación se calculaba el porcentaje de veces que aparecía cada uno de los atributos en primer, segundo, tercer y cuarto lugar, respectivamente. Posteriormente, se estableció el peso o ponderación que el consumidor daba a cada uno de esos atributos. Con el porcentaje y la ponderación se calculó los porcentajes medios ponderados. A continuación se explican los resultados más sobresalientes.

Como se puede ver en la figura 1, para el atún fresco, se puede comprobar que los atributos o indicadores intrínsecos ejercen una influencia muy notable en el proceso de compra, tal y como la investigación previa ha señalado. En concreto, destaca la apariencia física o el aspecto. Adicionalmente, y en la línea

Tabla 1. Estructura socio-demográfica de la muestra
Table 1. Socio-demographic structure of sample

Categorías de respuesta	Frecuencia relativa
Tipología del hogar	
Joven independiente	9,6%
Jubilados	8,6%
Adulto independiente	9,8%
Hogares monoparentales	9,6%
Unidad familiar con hijos pequeños a su cargo	18,9%
Unidad familiar con hijos adolescentes a su cargo	11,6%
Unidad familiar con hijos mayores a su cargo	11,3%
Unidad familiar con hijos pero no están a su cargo	6,0%
Unidad familiar (pareja joven) sin hijos	8,0%
Unidad familiar (pareja adultos) sin hijos	6,60%
Renta Neta mensual de la familia	
Menos de 1.000 €	21,3%
De 1.000 a 2.000 €	40,5%
De 2.000 a 3.000 €	17,3%
De 3.000 a 4.000 €	3,0%
De 4.000 a 5.000 €	1,0%
Más de 5.000 €	1,3%
No sabe/no contesta	15,6%
Género	
Hombre	24,9%
Mujer	75,1%
Edad	
18 – 28	8,5%
29 – 38	18,7%
39 – 48	26,2%
49 – 58	28,2%
59 – 68	12,6%
69 – 78	3,4%
>78	2,4%
Nivel de estudios	
Sin estudios	0,7%
Estudios primarios incompletos (Preescolar)	0,7%
Enseñanza de primer grado (EGB primera etapa)	3,0%
Enseñanza de segundo grado/1ºciclo	25,6%
Enseñanza de segundo grado/2º ciclo	38,5%
Enseñanza de tercer grado medio	19,6%
Enseñanzas de tercer grado superior	12,0%

de los últimos resultados ya comentados en la investigación previa, el precio está cobrando una gran relevancia en la compra. En efecto, el precio está cobrando cada vez una mayor importancia debido al contexto actual de crisis económica (Quintanilla, 2010). De aquí se deduce que el precio actúa, en muchos casos, además de señal de calidad, como una señal de coste. Este resultado se ratifica tanto para el atún congelado como el atún en conserva.

En el caso del atún congelado (ver figura 1), los atributos de aspecto o apariencia física y precio actúan como los principales indicadores. Entre los indicadores extrínsecos destaca el precio, el cuál es el que lidera el ranking. Al igual que en el caso del atún fresco y, como se explica a continuación, en el atún en conserva, el precio ha actuado como señal de coste. Por ello, se deduce que ese indicador ha sido utilizado pocas veces como un indicador de calidad por lo que el precio puede ser utilizado para conseguir promocionar el consumo e incentivar la compra del producto.

Para el atún en conserva, las señales que más influyen en la compra son los indicadores extrínsecos, especialmente el precio y la marca. Este hallazgo corrobora la investigación previa en el que se explica que para los productos más transformados o elaborados, la influencia de las señales extrínsecas es muy

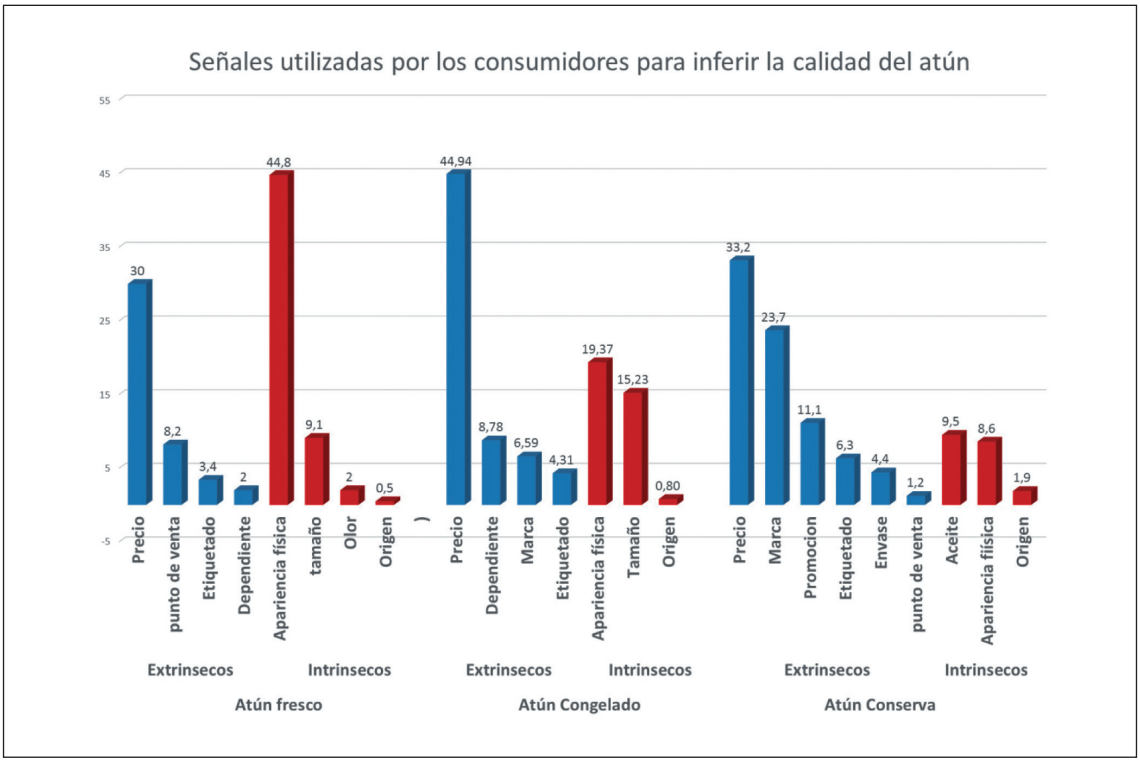


Figura 1. Jerarquía de señales utilizadas para inferir la calidad (n = 301) – Porcentaje medio ponderado de las diferentes señales de calidad intrínsecos y extrínsecossegún la categoría de atún.
Figure 1. Hierarchy of quality indicators used to infer quality (n = 301) – Average weighted of different intrinsic and extrinsic quality signals by tuna category.

relevante (Steenkamp y Van Trijp, 1989). Este hallazgo revela que el consumidor asocia un determinado nivel de calidad a los indicadores extrínsecos, principalmente la marca. La marca se convierte en un criterio fundamental en la compra, al que está asociado un determinado nivel de calidad. También es importante destacar que hay determinados atributos intrínsecos como el origen, la familia o especie y la salubridad que son difíciles de evaluar por parte del consumidor. Debido a que estos atributos o señales son determinantes para explicar la calidad objetiva del producto se hace imprescindible que sean señalizados y garantizados (Erdem y Swait, 1998). Este hecho cobra una gran relevancia en el caso del atún en conserva donde se ha detectado casos en los que se han identificado diferentes especies cuando debería haber sólo una especie (Arnaiz-Ronda, 2014).

Percepción de la trazabilidad

Conocimiento espontáneo

Como se puede ver en la figura 2, la mayoría de los encuestados no reconoce lo qué significa el término de la trazabilidad. Este resultado confirma el estudio de Giraud y Halawany (2006), donde afirman que los consumidores no fueron capaces de definir el término "trazabilidad". Además, tan solo una parte de la población percibe posibles beneficios asociados al término de la trazabilidad. En concreto, la percepción global se asocia con la trayectoria que debe seguir el producto, el origen del producto lo asocia a la calidad. Tan solo un pequeño número de consumidores han identificado correctamente el significado completo del término.

Beneficios asociados a la trazabilidad

Una vez se examinó el conocimiento espontáneo se le pidió al consumidor que especificara, a partir de una correcta definición del término, a qué asocia el término de la trazabilidad. Para ello, se ha realizado un análisis factorial de componentes principales, con rotación varimax. Como se puede ver en la figura 3, existen tres factores que explican un sesenta por ciento de la varianza. A partir de los valores de las cargas factoriales, es necesario realizar una interpretación de los factores. Para proceder a la interpretación de los factores se procedió a interpretar los resultados de las variables que cargan en cada uno de los factores (ver figura 3).

En el primer factor aparecen variables asociadas con la seguridad alimentaria, entre los que destacan "*alimento seguro, "la higiene", "asegurar calidad", "autenticidad" o "libre de riesgos*". En segundo lugar aparecen ítems relacionados que encajarían en el con el control de la cadena de producción puesto que recoge ítems del tipo "*control del proceso que sigue un alimento*", "*saber método de procesado*", "*saber ingredientes del producto*" o "*revisión de información*". Los ítems "*identificar el método de elaboración o procesado*" y de "*saber ingredientes*" podrían revelar que el consumidor demanda garantías sobre esos atributos que no son fácilmente percibidos –y que pueden ser denominados como atributos de creencia o atributos de búsqueda–. En tercer lugar aparecen dos ítems relacionados con la gestión de una crisis alimentaria. Son los ítems *"conocer el origen del producto" y "gestionar la crisis alimentaria".* Estos resultados están en la línea de la investigación previa en la que se señaló que los beneficios asociados con la implantación de la trazabilidad están vinculados, desde el punto de vista del consumidor, con la seguridad alimentaria (Van Rijswijk y Frewer, 2006); el control de la calidad (Chryssochoidis *et al*., 2006; Van Rijswijk *et al*., 2008) y el origen (Giraud and Halawany, 2006). En este estudio, la segunda dimensión se aproximaría más al control de la cadena de producción que al control de la calidad.

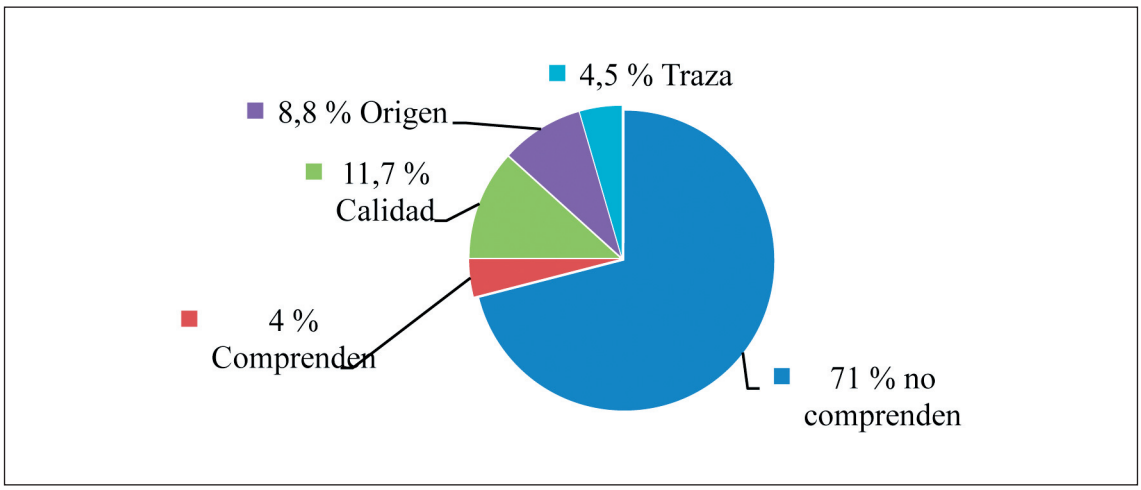


Figura 2. Percepción de la trazabilidad: Conocimiento espontáneo (n = 301).
Figure 2. Perception of traceability: Spontaneous knowledge (n = 301).

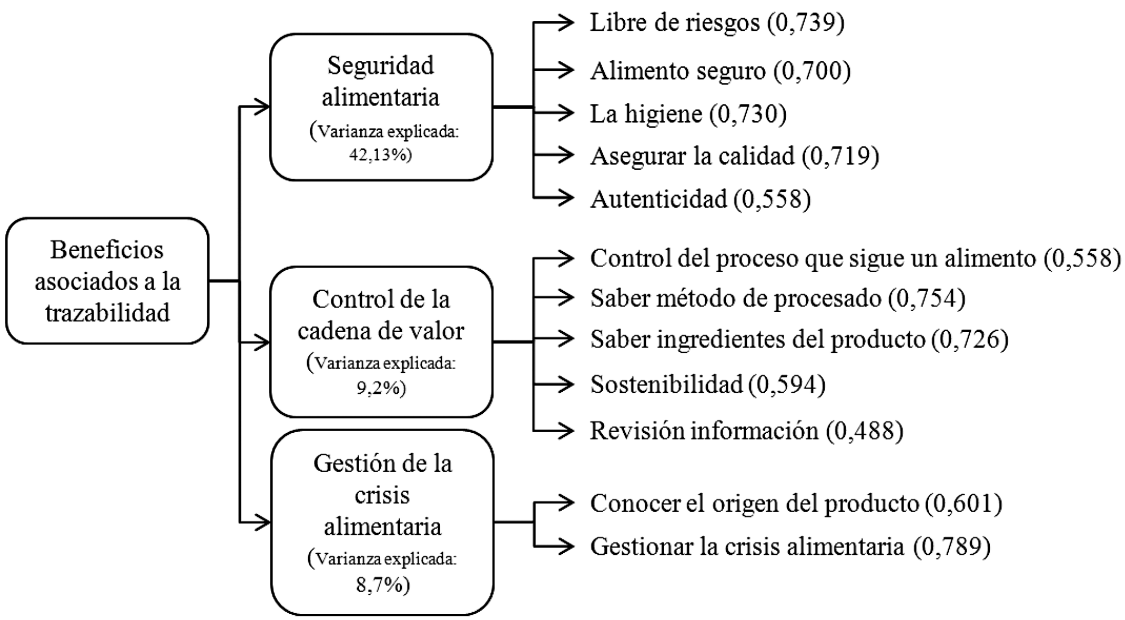


Figura 3. Beneficios asociados a la trazabilidad (n = 301) – Factores extraídos e ítems asociados a cada factor – Método de extracción: Análisis de Componentes Principales y Rotación Varimax.
Figure 3. Benefits associated towards traceability (n = 301) – Factors and ítems associated with each factor).

Implantación de un sistema de trazabilidad y disposición a pagar

En este apartado se analiza cuál es la demanda del consumidor en relación a la implantación de un programa de trazabilidad así como la disposición a pagar por las garantías de calidad implícitas que le proporcionaría la implementación de ese programa. Bajo el supuesto de que el programa de trazabilidad mejorase el aseguramiento de la calidad, es decir que se asegurase el control de la cadena, la mayoría de los consumidores (87%) sí que demanda la implantación de los sistemas de trazabilidad. Sin embargo, los consumidores no están dispuestos a pagar una prima en el precio. De hecho, consideran que el sobreprecio que habría que pagar debería de ser asumido por los productores. Sólo un porcentaje reducido de consumidores sí lo haría (ver figura 4). En la mayoría de los casos (n = 30), el sobreprecio no sobrepasaría la cantidad de 0,25 €. Este grupo de consumidores representa un porcentaje muy reducido sobre el total de la población que demandaría la implantación de la trazabilidad.

Una prima en precio similar se encontró en el estudio realizado por Zheng *et al*., (2012). Además de haber pocos consumidores que están dispuestos a pagar ese precio extra, las primas en el precio son reducidas (Wang *et al*., 2009).

De aquí se derivan dos implicaciones. La primera es que el coste de implantar la trazabilidad tiene que ser asumido por los agentes de la cadena de suministro, el cual debería ser repartido entre los mismos –pescadores-mayoristas-minoristas (transformador o distribuidor)– restauración. Esto supondría una reducción en el margen, el cual si es repartido entre todos los agentes, podría ser asimilado puesto que sería bastante reducido. La otra es que si el consumidor percibiese esas garantías de calidad que proporciona la trazabilidad, entonces podría incluso trasladar una parte de ese coste. Esto encajaría en un escenario en el que el consumidor entendiese lo que significa la trazabilidad y por otro que la cantidad marginal a pagar sobre un precio de referencia de 10 €/kg fuese muy reducido, en concreto entre 0,01 y 0,25 €.

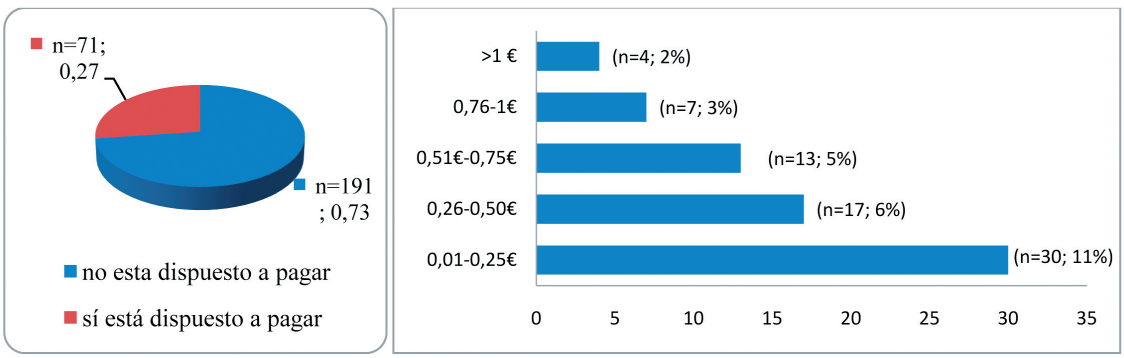


Figura 4. Disposición a pagar por implantar la trazabilidad (N = 262) y distribución porcentual de la prima en precio.
Figure 4. Willingness to pay for implementing a traceability programme (N = 262) and distribution of premium price.

Conclusiones

Este trabajo ha permitido concluir que, tal y como predice la teoría, los indicadores intrínsecos ejercen una gran influencia en la compra para el caso de los productos frescos. Así ha ocurrido en el caso del atún fresco. En este caso destaca el aspecto o apariencia física. Sin embargo, para el caso del atún congelado y conserva son más importantes los indicadores extrínsecos como son el precio, la marca, las promociones, el etiquetado o el dependiente. El precio aparece tanto como una señal de coste como de calidad si bien ha destacado más como señal de coste. Igualmente, la marca cobra una gran importancia, sobre todo en la categoría del atún en conserva. Así, al asociarse la marca a unas propiedades intrínsecas distintivas –como son la textura, la apariencia física o el aceite–, el producto adquiere mayor valor. Asimismo, el etiquetado va a cobrar una mayor importancia debido a que existen atributos como la seguridad alimentaria, la salubridad o la sostenibilidad que están adquiriendo progresivamente una mayor importancia. Esto cobra una mayor relevancia en el caso de los productos de pesca frescos, donde hay ausencia de marcas. La implantación del programa de trazabilidad puede favorecer el control de la calidad a lo largo de la cadena que debería ser realizada y verificada por parte de expertos. Igualmente, también permitiría mejorar el grado de autenticidad de los productos puesto que como se ha comentado, debido a la globalización de los mercados, se están detectando casos (ej. atún en conserva) en los que existen diferentes materias primas que no están correctamente identificadas en el producto.

Este estudio ha revelado que mayoritariamente la trazabilidad no se comprende por lo que la difusión para los usuarios finales debe ser prioritaria la mayoría de consumidores no comprenden el término de la trazabilidad. Por esta razón, se aconseja realizar campañas de comunicación y difusión dirigidas a los usuarios finales. Es imprescindible que se potencie la educación del consumidor y la comunicación por parte de expertos del sector. Los beneficios de implantar un programa de trazabilidad, desde el punto de vista del consumidor, están asociados con la seguridad alimentaria, el origen del producto y el control ejercido a lo largo de la cadena de producción. Por tanto, esta investigación ha aportado evidencia empírica de que los programas de trazabilidad de productos de pesca permitirían, ante una crisis alimentaria, no sólo identificar donde están los ingredientes afectados sino que también aportaría una mayor seguridad para el consumidor final.

Para el mercado español, la mayoría de consumidores no están dispuestos a pagar una prima en el precio por la implantación de un programa de trazabilidad, lo cual es coherente con el estudio de Giraud y Halawany (2006). Para conseguir mejorar los niveles de seguridad alimentaria es vital controlar la calidad de los productos y asegurar que las propiedades intrínsecas se ajustan a los estándares de calidad fijados por los expertos. Es decir, hay que asegurar que los indicadores de calidad relevantes (el origen, la especie, la salubridad, la frescura, etc.) se adapten a los estándares establecidos por los expertos. Este control debería ser realizado por organismos independientes. Finalmente, se hace necesario que los diferentes eslabones de la cadena de abastecimiento de productos de pesca colaboren más para ofrecer un producto más seguro para el consumidor final. Esta implicación es más importante cuando el mercado se hace más global y la cadenas de producción es más larga y compleja, como es el caso del atún.

Por último, se señalan las limitaciones de este estudio así como las futuras líneas de investigación. Aunque la muestra se aproxima bien al conjunto de la población, sería aconsejable aplicar este estudio a otras especies de pescado y en otros países. La otra limitación es que se ha medido la disposición a pagar a partir de la opinión del encuestado. De esta manera, en estudios posteriores se intentará contrastar estos resultados utilizando la experimentación.

Bibliografía

Arnaiz-Ronda C (2014). Perspective of the Spanish agency for consumer affairs about seafood labelling. Official Control. International Symposium on Labelling and Authenticity of Seafood, Vigo 25-26 noviembre, p. 20.

Calvo-Dopico D, Rodríguez-Vidal (2013). Motivación del consumidor y crisis económica: tendencias y nuevos hábitos de consumo. En: Casos de comportamiento del consumidor. Reflexiones para la dirección de marketing, (Eds. Ruiz de Maya, S; Grande Esteban, I), cap. 3, pp. 110-116, Madrid: ESIC Editorial, Pozuelo de Alarcón.

Chryssochoidis GM, Kehagia OC, Chrysochou PE (2006). Traceability: European consumers' perceptions regarding its definition, expectations and differences by product types and importance of label schemes. 98th EAAE Seminar 'Marketing Dynamics within the Global Trading System: New Perspectives', Grecia: 29 Junio – 2 Julio, 2006.

Erdem T, Swait L (1998). Brand equity as a signaling phenomenon. Journal of Consumer Psychology 7(2): 131-157.

Giraud G, Halawany R (2006). Consumers' perception of food traceability in Europe. 98th EAAE Seminar 'Marketing Dynamics within the Global Trading System: New Perspectives', Grecia: 29 Junio – 2 Julio, 2006.

Grunert KG, Larsen H, Madsen T, Baadsgaard A (1996). Market Orientation in Food and Agricultural. Boston: Kluwer Academia Publishers, Boston, EE.UU.

Grunert KG (2005). Food quality and safety: consumer perception and demand, European Review of Agricultural Economics 32 (3): 369-91.

Prieto M, Mouwen JM, López Puente S, Cerdeño Sánchez A (2008). Concepto de calidad en la industria agroalimentaria. Interciencia revue 33 (4): 324-330.

Quintanilla I (2010). Motivaciones del consumidor y crisis económica. Revista Electrónica de motivación y emoción 13 (35-36): 40-61.

Rasmussen M-L Randrup (2012). A study of traceability and quality assurance in fish supply chains. Tesis doctoral, Lyngby: DTU food, Søborg, 154 p.

Reglamento (CE) N° 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo de 28 de Enero de 2002 por el que se establecen los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria, se crea la autoridad Europea de autoridadal imentaria y se fijan procedimientos relativos a la seguridad alimentaria. Diario Oficial n° L31 1.02.2002, p. 1-24.

Steenkamp J, Van Trijp H (1989). Quality guidance: A consumer bases approach for product quality improvement. En: Marketing thought and practice in the 1990's (Eds. Avolinitis G, Papavasilliou N; Kouremenos A), pp. 1191-217, Atenas, Grecia.

Tuma A (2011). Calidad, seguridad alimentaria y trazabilidad de productos pesqueros. Señalización, evaluación y su importancia en la compra y en los hábitos de consumo. El caso de la merluza. Tesis Master no publicada, CIHEAM, Zaragoza, España.

Van Rijswijk W, Frewer, LJ (2006). How consumers link traceability to food quality and safety: An international investigation. 98th EAAE Seminar 'Marketing Dynamics within the Global Trading System: New Perspectives', Grecia: 29 Junio – 2 Julio, 2006.

Van Rijswijk W, Frewer LJ (2008). Consumer perceptions of food quality and safety and their relation to traceability. British Food Journal 110 (10): 1034-1046.

Van Rijswijk W, Frewer LJ, Menozzi D, Faioli G (2008). Consumer perceptions of traceability: A cross-national comparison of the associated benefits. Food Quality and Preference 19 (5): 452-464.

Verbeke W; Ward R. W (2006). Consumer interest in information cues denoting quality, traceability and origin: An application of ordered probit models to beef labels. Food Quality and Preference 17 (6): 453-467.

Wang F, Zhang J, Mu W, Fu Z, Zhang X (2009).Consumers' perception toward quality and safety of fishery products, Beijing, China. Food Control 20 (10): 918-922.

Wu L, Xu L, Zhu D, Wang X (2012). Factors affecting consumer willingness to pay for certified traceable food in Jiangsu Province of China. Canadian Journal of Agricultural Economics 60 (3): 317-333.

Zheng S, Xu P, Wang Z, Song S (2012).Willingness to pay for traceable pork: Evidence from Beijing, China. China Agricultural Economic Review 4 (2): 200-215.

(Aceptado para publicación el 15 de septiembre de 2015)

Inmigración y emprendimiento rural: ejes de innovación de las políticas de desarrollo rural

J.R. Murua-Múgica y B. Eguía-Peña*

Dpto. de Economía Aplicada V. Facultad de Economía y Empresa. Universidad del País Vasco (UPV/EHU). Lehendakari Aguirre, 83. 48015 Bilbao

Resumen

El siglo XXI comienza con la ruptura de la trayectoria migratoria en la Comunidad Autónoma del País Vasco, ya que deja de ser una comunidad exportadora de población para convertirse en comunidad receptora. Zonas rurales y urbanas participan de esta tendencia. Al centrarse en el medio rural, el análisis muestra la existencia de una contribución significativa de los aportes de población inmigrante al aumento de la población rural, ya que de forma casi general puede atribuírsele una proporción cercana al 30% del aumento de población habido en el período 2000-2012 y, con ello, su rejuvenecimiento y revitalización demográfica. Sin embargo, no confirma la supuesta mayor capacidad o propensión emprendedora del colectivo inmigrante; en cambio, se observa que el índice de supervivencia de sus establecimientos es sensiblemente inferior al de los nacionales.

Palabras clave: Demografía espacial, desarrollo rural, emprendimiento del inmigrante.

Abstract
Rural immigration and entrepreneurship: drivers of innovation in rural development policies

The twenty-first century begins with the breakdown of the migratory path, the Basque Country shall cease to be an exporting community population to become a host community. Both rural and urban areas take part in this trend. Focusing on rural areas, the analysis shows a significant contribution of immigrants to the increase of rural population, since almost a 30% of the growth in population in the period 2000-2012 can be attributed to them. It helps to make the population younger. However, it does not confirm the expected higher entrepreneurial propensity of the immigrants, instead it is observed that the survival rate of their establishments is significantly lower than the rate of native population.

Key words: Spatial demography, rural development, immigrant entrepreneurship.

Introducción

Aunque de forma más tardía que en otras regiones españolas, la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV) ha devenido en receptora neta de efectivos de población inmigrante extranjera. Algunos proceden de diversos países y otros de las restantes Comunidades Autónomas (CCAA) españolas. A finales del siglo pasado los extranjeros residentes en la CAPV aún no alcanzaban el 1% de la población (0,72% en el año 1998), pero ya en 2012, sólo una década más tarde, la población de origen extranjero representa un 6,9% del conjunto de

* Autor para correspondencia: bego.eguia@ehu.eus
https://doi.org/10.12706/itea.2016.027

su población[1]. De hecho, la recuperación demográfica descansa principalmente en los aportes de esta población inmigrante.

Desde fechas relativamente recientes y a medida que ha ido aumentando su presencia en la sociedad española, las cuestiones relacionadas con los flujos migratorios son motivo de interés renovado, reflejado por la abundancia de estudios que abordan este tema desde ángulos muy diversos. La mayoría de países occidentales necesitan de la inmigración para compensar las consecuencias del envejecimiento de la población y la caída de las tasas de natalidad. La inmigración es, a priori, la principal vía por la cual se considera que puede modificarse ese escenario demográfico. No obstante, acontecimientos recientes suscitan dudas acerca de la disposición de los países para dar acceso a un contingente de población inmigrante capaz de compensar realmente la pérdida de población nativa (Bodvarsson y Van den Berg, 2013). Existe la percepción de que una inmigración fuera de control pudiera dar lugar a una sociedad fragmentada y conflictiva. Frente a esa preocupación Collier (2013) se plantea la pregunta de qué políticas migratorias son las más adecuadas si bien para ello considera necesario responder previamente ciertas preguntas: cómo afecta la inmigración a las poblaciones nativas de los países de acogida o cuánta inmigración puede absorber una sociedad sin arruinar todo el proceso.

Las diferencias de oportunidades o beneficios económicos netos (principalmente diferencias salariales o existencia de oportunidades de empleo, sin perjuicio de otros factores) constituye la principal causa de migraciones (Borjas, 2000). La persistencia de fuertes brechas de oportunidades será un reclamo poderoso para los movimientos migratorios, sean regionales o internacionales. Sin embargo, el estudio de las migraciones es sobre todo el estudio del comportamiento de personas y de colectivos, y su inserción en las economías de los países receptores, lo cual hace que se trate de un tema complejo que aconseja perspectiva de análisis interdisciplinar (Recolons, 2005; Torres, 2007; Ikuspegi, 2008; Irastorza, 2008; Moreno y Aierdi, 2010; Aja *et al.*, 2010; Collantes *et al*., 2013; Bodvarsson y Van den Berg, 2013; Collier, 2013).

Diversos estudios tratan de determinar los efectos demográficos, sociales y económicos de la inmigración en el país receptor: Peri y Sparber (2009) para EE. UU., Levie (2007) para Reino Unido, Muñoz de Bustillo y Antón (2010) para Irlanda, España y Grecia. Centrándonos en el caso español, algunos ejemplos son: Dolado y Vázquez (2008), Lacuesta y Puente (2010), Fundación Ideas (2011) y Serrano *et al*. (2011); o Arriola *et al*. (2008) para el caso particular de la CAPV.

De modo especial, la incidencia de la inmigración en el mercado laboral constituye uno de los campos que atrae la atención de numerosas investigaciones. Gran parte de ellas considera al inmigrante como trabajador o buscador de empleo: Cuadrado *et al*. (2007) o los sucesivos informes elaborados para el Observatorio Permanente de la Inmigración adscrito al Ministerio de Trabajo e Inmigración (Pajares, 2010; Carrasco y García, 2011). No obstante, el análisis de los inmigrantes en el mercado de trabajo también se puede abordar desde la óptica de la creación de nuevas iniciativas empresariales. Así, la literatura que aborda esa perspectiva referida a diversos países no es tan amplia (Findlay *et al*., 2000; Wennekers *et al*., 2005; Constant y Zimmermann, 2006; Levie, 2007; OCDE, 2010; Kalantaridis, 2010; Sahin *et al*., 2011). Aún son relativamente escasos los

1. En el artículo se utilizan indistintamente el término extranjero e inmigrante para referirse a aquellas personas que residen en territorio español pero no tienen nacionalidad española.

estudios referidos al caso español (Solé *et al*., 2007; Irastorza, 2008; Mancilla *et al*., 2010; González-González, 2011; GEM, 2011 y 2012) y más escasos aún los que hacen referencia a la CAPV. Entre ellos, la encuesta Global Entrepreneurship Monitor (GEM, 2011) indica que los inmigrantes en España empiezan a crear empresas y, con ello, tejido productivo en las zonas rurales españolas.

En relación al País Vasco únicamente se han encontrado dos trabajos que hacen alusión al emprendimiento de la población extranjera. Por un lado, según la Encuesta de la Población Inmigrante Extranjera residente en la Comunidad Autónoma de Euskadi, EPIE de 2010 (Gobierno Vasco, 2011), un 14,5% de los ocupados extranjeros aparecen con la condición de empleadores y autónomos. Por otro lado, Irastorza (2008), con datos del periodo 1993-2003, calcula la tasa de supervivencia de las empresas creadas por nacionales y por inmigrantes. Sin embargo, apenas existen otras referencias que aborden el tema de la creación de empresas por parte de la población inmigrante en la CAPV y menos aún centradas en el medio rural. Esta investigación pretender profundizar en el conocimiento del fenómeno del emprendimiento de los inmigrantes en el medio rural vasco. No obstante, existen limitaciones derivadas de la dificultad de disponer de datos estadísticos referidos al emprendimiento de los inmigrantes a nivel municipal.

En diversos países se considera la inmigración extranjera como una alternativa para amortiguar el problema del despoblamiento rural, al tiempo que ayuda para la revitalización económica de esas áreas (Dahlsten, 2004; Stockdale, 2006). De hecho, algunos países (EE.UU., Canadá o Australia, principalmente) cuentan con programas específicos orientados a dirigir la población inmigrante hacia zonas menos pobladas y/o con déficit de mano de obra (OCDE, 2003).

La política de desarrollo rural de la Unión Europea tiene entre sus objetivos crear las condiciones para resolver los problemas de despoblación y envejecimiento, de escasez de oportunidades económicas y desempleo de las zonas rurales. Con ese fin se han habilitado líneas específicas de financiación para favorecer la diversificación productiva, el crecimiento y el empleo en esas zonas. En ese contexto tiene interés estudiar la contribución y la dinámica emprendedora de la población inmigrante, particularmente en las zonas rurales.

Roquer y Blay (2008) consideran la población extranjera como el principal factor de crecimiento demográfico de la mayoría de los municipios rurales españoles. Igualmente Collantes *et al*. (2013) ponen de relieve el papel fundamental de la inmigración para frenar la despoblación de la España rural, y añaden que incluso durante el periodo de crisis los flujos migratorios rurales logran compensar las pérdidas de población nativa si bien con menos fuerza.

Nótese que un continuo abandono de población es incompatible con cualquier pretensión de desarrollo endógeno (Muilu y Rusanen, 2003). La emigración masiva de las áreas rurales limita su capacidad de crecimiento debido a que debilita su tejido productivo y su capital humano y social y, en suma, su capacidad de desarrollo económico (Stockdale *et al*., 2000). La llegada de inmigrantes podría verse en algunos casos como una solución al despoblamiento del medio rural, a pesar de que pueda haber ciertas reservas razonables acerca de la viabilidad de compensar los problemas de despoblamiento y envejecimiento de las zonas rurales apoyados exclusivamente en el recurso a la población inmigrante.

Es objetivo de esta investigación analizar el papel real que desempeña o pudiera desempeñar la población extranjera en la recuperación y rejuvenecimiento de la población rural en la CAPV, así como su aportación a la dinamización del tejido productivo de dichas zonas.

Igualmente, pretende comparar los resultados obtenidos para el País Vasco con la apreciación existente acerca de la propensión emprendedora de los inmigrantes en otras regiones rurales españolas (Mancilla *et al*. 2010; Sánchez-Flores *et al.* 2013), y sus posibles diferencias con respecto a entornos de características estructurales diferenciadas, con el propósito de contribuir a la comprensión del fenómeno del emprendimiento de nacionales e inmigrantes en ámbitos territoriales rurales y urbanos.

El análisis se apoya en fuentes estadísticas de base municipal. Se acude al Instituto Nacional de Estadística (INE) para aspectos relacionados con la demografía. El *Padrón Municipal* (*Estadística del Padrón Continuo,* con referencia a 1 de enero de cada año) proporciona datos de población nativa e inmigrante. La *Estadística de Migraciones* facilita datos con periodicidad anual de los movimientos de población y de los saldos migratorios (externos e internos –interautonómicos e interprovinciales–).

La información de los establecimientos y empresas que ejercen actividades económicas en la Comunidad Autónoma Vasca proviene, sin embargo, del Instituto Vasco de Estadística (Eustat). La explotación de los microdatos del *Directorio de Actividades Económicas* (DIRAE), publicado con carácter anual, permite una aproximación al grado de emprendimiento de la población nativa e inmigrante en los municipios rurales vascos. El análisis se limita a aquellos establecimientos con titulares cuya forma jurídica es la persona física por ser la única manera de poder discernir entre el nativo y el inmigrante (a través de su NIF registrado). Ello supone una limitación en tanto que el análisis ignora establecimientos con otras formas jurídicas; sin embargo, hasta la fecha, no existe ninguna otra fuente que proporcione información de empresas clasificada en función de la nacionalidad del titular.

Los datos se refieren al presente siglo, coincidiendo con el periodo en el que los flujos migratorios han alcanzado cifras significativas. 2012 es el último año para el que se dispone de datos para llevar a cabo este estudio.

En esta fase de la investigación el análisis será fundamentalmente descriptivo y cualitativo y los resultados se apoyarán en el cálculo de diversos índices que permitan captar la contribución demográfica y emprendedora del colectivo inmigrante, y su contraste con resultados de investigaciones comparables de ámbito nacional.

El trabajo se estructura de la siguiente forma: la Sección 2 presenta una breve descripción de la inmigración en el País Vasco, caracterización y distribución espacial, así como su contribución a la recuperación de la población rural. La Sección 3 estudia el potencial de emprendimiento del colectivo inmigrante en las zonas rurales. Finalmente en la Sección 4 se presentan las principales conclusiones y sugerencias que se desprenden de la investigación.

Material y métodos

Caracterización de la población inmigrante en el País Vasco

La población del País Vasco presenta una leve caída durante las dos últimas décadas del siglo pasado, a medida que ha ido consolidando una distribución desequilibrada de la población en el territorio, que ha supuesto un relativo vaciamiento de algunas zonas del interior (zonas rurales principalmente), y una fuerte concentración de población fundamentalmente en áreas próximas a las capitales de provincia y del litoral. Con el cambio de milenio inicia una recuperación continuada que llega hasta la actualidad: en el periodo 2000-2012 la población crece un 4,5%. La entrada neta de efectivos procedente de otros países explica en gran medida este crecimiento.

El siglo XXI comienza con la ruptura de la trayectoria migratoria en el País Vasco, ya que deja de ser una comunidad exportadora de población para convertirse en comunidad receptora. El peso relativo de extranjeros residentes aumenta de forma considerable (pasa de 21.140 empadronados en 2000 a 151.894 en 2012), lo que supone pasar del 1,0% al 6,9% de la población total.

La búsqueda de oportunidades de empleo que permitan sostener un proyecto de vida más satisfactorio constituye la razón fundamental para emigrar. En este sentido, la favorable situación que ha vivido la economía vasca desde 1994, con un mercado laboral en expansión demandando más mano de obra, ha sido el principal factor de atracción de nuevos residentes de países en situación económica más desfavorable. La floreciente situación económica vivida en ese periodo ha hecho también que la mano de obra de origen local haya desechado cierto tipo de empleos que han pasado a ser cubiertos por mano de obra de origen inmigrante. Igualmente ha favorecido un mayor nivel de incorporación de la mujer nativa al mercado de trabajo, promoviendo nuevos empleos para aquellas personas que estuvieran dispuestas a emplearse en la realización de labores domésticas, cuidado de menores y atención a personas mayores.

La estructura de edades de esta población extranjera apenas tiene algún parecido con la nativa. Los efectivos de mayor edad suponen un porcentaje muy reducido (1,8% de mayores de 65 años) y el grueso del colectivo (un 44,4%) se encuentra entre los 25 y los 40 años, de los que un 51,8% son varones. Sólo el 16,3% de las personas extranjeras que residen en el País Vasco tienen más de 45 años. Por contra, la población nativa es una población envejecida con una elevada esperanza de vida y un reducido peso de su población infantil. Más de un 21% supera la edad legal de jubilación (en su mayoría mujeres, un 58,1%) y sólo alrededor de un 13% tiene menos de 14 años.

Siempre que el colectivo de población inmigrante logre estabilizarse, su diferente estructura de edades, sin apenas individuos de edad avanzada, puede constituir un freno al progresivo envejecimiento de la población vasca y una vía de rejuvenecimiento de la población total, ya que además algunos grupos de población inmigrante presentan tasas de natalidad más altas. En términos generales, son 60,75 los niños nacidos por cada 1000 mujeres inmigrantes, siendo únicamente 39,9 para las nativas, lo que se traduce en 1,79 frente a 1,27 niños por mujer en 2012. Este resultado está en consonancia con la estructura por edades de las extranjeras: el 53,5% tiene entre 20 y 39 años, es decir, están más concentradas en el tramo de edad con mayor probabilidad de procrear. Este aspecto es de gran interés si se tienen en cuenta las últimas proyecciones demográficas de *Eustat*, que estiman un 26,5% de mayores de 65 años para 2026.

La presencia de población inmigrante en la CAPV es relativamente menor que en el conjunto de España y además algo más tardía[2]. Boso y Vancea (2011) apuntan que el País Vasco dispone de un sistema de protección social más desarrollado que el de otras comunidades autónomas, y aún así, la proporción de población inmigrante es sensiblemente más baja que en comunidades con más bajo nivel de protección social. Collantes *et al*. (2013) señalan, en este sentido, que la

2. A pesar de la ralentización de nuevas entradas motivada por la crisis económica, la población extranjera en España aún supera el 12% de la población total en 2012, lo que le hace ocupar posiciones de cabeza en este indicador (sólo le supera Alemania en volumen de inmigrantes).

comparación de los mapas de distribución espacial de la población inmigrante de diversos períodos en España pone de manifiesto que ésta va extendiéndose gradualmente hacia el interior de la península y por el Valle del Ebro se adentran hacia el norte. Sin embargo, más hacia el norte y noroeste (Cornisa Cantábrica) la presencia es menor aunque variada, debido tal vez al tipo de hábitat disperso y a la climatología, así como a que el tipo de actividades productivas (agricultura intensiva, construcción y turismo principalmente) que tradicionalmente han demandado este tipo de mano de obra tienen menor peso en la economía de la región cantábrica.

A pesar de esta menor presencia de población inmigrante, desde que comenzó la crisis económica la CAPV es la comunidad autónoma con mayor saldo migratorio interautonómico de población extranjera, es decir, con mayor entrada neta de población inmigrante procedente del resto de comunidades autónomas españolas en el período 2008-2012 (Figura 1).

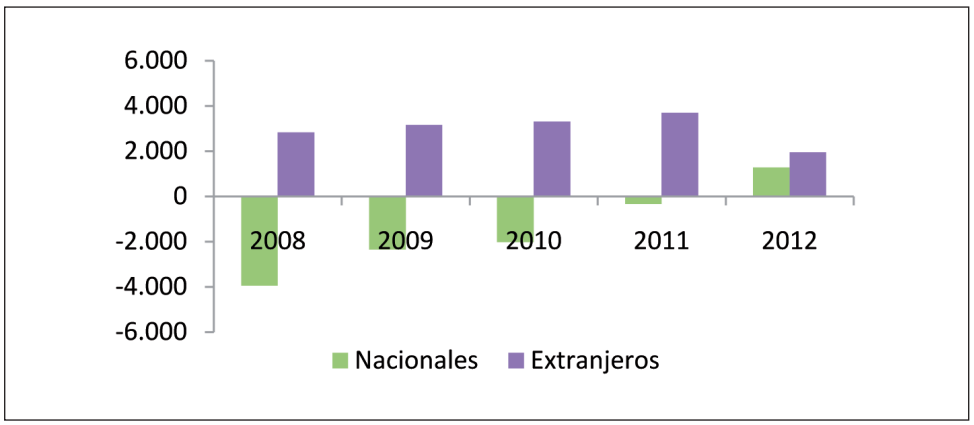


Figura 1. Saldo Migratorio Interautonómico. Población Nacional y Población Extranjera. Comunidad Autónoma del País Vasco. 2008-2012.

Fuente: Estadística de Migraciones. Instituto Nacional de Estadística (INE).

Figure 1. Migratory Balance among Spanish Autonomous Regions. National and Foreign Population in the Autonomous Community of the Basque Country. 2008-2012.

Según señalan Lacuesta y Puente (2010), esta mayor afluencia de inmigrantes se entiende teniendo en cuenta que la CAPV está entre las CCAA con PIB per cápita más elevado y tasa de desempleo más baja; además, de acuerdo a las expectativas económicas es previsible que continúe la afluencia intercomunitaria de inmigrantes hacia el País Vasco.

Por ello parece oportuno considerar la conveniencia de arbitrar políticas de planificación y gestión de los flujos de población inmigrante para orientarlos, de acuerdo a los objetivos de política demográfica y/o de promoción económica, hacia aquellas zonas con mayor necesidad de nuevos efectivos de población como recurso de mano de obra que pueda cubrir la posible demanda para cierto tipo de actividades y ocupaciones.

El interés de arbitrar este tipo de políticas de planificación y gestión es más evidente si

cabe al considerar las últimas proyecciones demográficas de *Eustat*, según las cuales para el año 2026 la CAPV contaría con 100.000 personas menos, es decir, el 5,3% de la población de 2012.

Distribución espacial de la población inmigrante en el País Vasco

Estudios previos (Eguía *et al*., 2013) revelan que una parte importante del territorio está habitado por sólo una cuarta parte de la población total, lo cual conlleva muy bajas densidades de población en esas áreas que engloban principalmente las zonas rurales de la CAPV[3]. El éxodo rural supone predominantemente pérdida de población joven, lo cual tiene, entre sus diversas consecuencias, un progresivo envejecimiento de la población, amén de otros efectos sociales y económicos que conducen a la marginalización creciente de estas áreas dificultando el aprovechamiento de las potencialidades que pudieran albergar[4].

Junto al proceso de concentración de población en la red urbana que emerge en torno a las áreas metropolitanas (OCDE, 2004), aproximadamente desde la década de los 90 se observan en la CAPV tendencias de nuevo signo, debido a las cuales algunas zonas rurales experimentan una cierta estabilización e incluso recuperación de población. Los programas de desarrollo rural impulsados desde la UE, y desarrollados por los países miembros desde la década de los 90 del siglo pasado, podrían ser una de las causas de dicha recuperación demográfica. A ello debe añadirse también la influencia del fenómeno de contraurbanización de cierta importancia en algunos países y regiones.

Dados los desequilibrios existentes en la distribución territorial de la población de la CAPV (Eguía *et al*., 2013), tiene interés analizar las pautas de asentamiento en el territorio de los nuevos efectivos de población de origen inmigrante, máxime teniendo en cuenta el papel que ha desempeñado como freno al despoblamiento de algunas zonas rurales españolas (Collantes *et al*., 2013).

La distribución de la población inmigrante en el territorio sigue patrones no muy distintos a los de la población nativa. Vizcaya concentra el 49,7% de los inmigrantes de la CAPV en 2012, Guipúzcoa el 30,4% y Álava el 19,9%. Estos porcentajes son del 52,8%, 32,5% y 14,7%, respectivamente, para los nativos.

Con carácter general, se observa que la población inmigrante presenta mayores niveles de concentración que la nacional, no obstante, con el paso del tiempo este grado de concentración va disminuyendo. La población inmigrante a medida que alarga el tiempo de residencia, conoce el medio y refuerza su capital social, va encontrando acomodo en nuevos ámbitos y actividades y, como resultado, tiende a extenderse por la geografía, lo cual hace disminuir su concentración en algunas zonas.

De hecho, en términos relativos, la población extranjera de las áreas metropolitanas tiende a reducir su peso incluso con más fuerza que los nativos (Tabla 1). En ese sentido, tiene interés analizar el comportamiento de las zonas rurales de la CAPV como destino y asentamiento de población inmigrante, y su contribución al mantenimiento de la población.

---

3. Son varias las comarcas rurales cuya densidad está por debajo de los 100 hab./km^2 y algunas de ellas se sitúan incluso por debajo de los 20 hab./km^2 (Eustat, 2016).

4. Particularmente algunas comarcas rurales presentan tasas de envejecimiento (% de población mayor de 65 ó 75 años) sensiblemente más altas; así como menor número de niños por centro escolar o de personas por centro de salud, lo cual supone un aprovechamiento menos eficiente de recursos materiales y humanos, así como un encarecimiento de los servicios ofrecidos (Eustat, 2016).

Tabla 1. Peso relativo de la población de las áreas metropolitanas sobre la provincia
Table 1. Relative weight of the population in the metropolitan areas to the province

	Inmigrante				Nacional			
	2000	2008	2010	2012	2000	2008	2010	2012
Área-Álava	90,15	87,26	86,94	86,18	79,65	79,19	79,22	79,40
Área-Guipúzcoa	71,53	65,12	64,45	63,09	62,17	62,44	62,42	62,41
Área-Vizcaya	83,31	80,60	80,48	79,32	81,29	80,68	80,59	80,46
Total-Áreas	80,14	77,16	76,91	75,76	74,89	74,52	74,47	74,42

Fuente: Padrón Municipal. Instituto Nacional de Estadística (INE).

La población inmigrante en el medio rural vasco

Según criterio de la OCDE (2004), las comunidades cuya densidad está por debajo de los 150 hab./km^2 son consideradas rurales, con independencia del tamaño de población. Sin embargo, en otros estudios, aun reconociendo sus limitaciones, el criterio de ruralidad se apoya fundamentalmente en el tamaño de los municipios, municipios menores de 10.000 habitantes (Camarero *et al*, 2009). Otro tipo de criterios de ruralidad descansan más sobre la importancia sectorial de la orientación productiva y de la población ocupada de los municipios considerados.

El ámbito de aplicación de los Planes de Desarrollo Rural (PDR) se acerca más al criterio de orientación productiva dominante y ocupación sectorial de la población en el territorio y, a nuestro modo de ver, los municipios incluidos en los PDR responden más fielmente a la consideración de rurales. En algunas zonas de la CAPV la frontera entre el ámbito urbano y rural es difusa por cuanto que no existe una zona de transición identificable con nitidez. Los municipios contemplados en esos planes (PDR) representan el 44% de los municipios de la CAPV. En esta investigación, el análisis de las pautas de localización de la población inmigrante en el medio rural se ha circunscrito a los municipios del PDR de la CAPV (Figura 2)[5].

La población total de estos municipios rurales representa el 4,2% de la población vasca (y aproximadamente el 53% de la superficie). Durante los últimos años estas zonas han incrementado el número de residentes pasando de 75.829 en 2000 a 91.421 en 2012, lo que supone un aumento del 20,6% (aproximadamente un 1,6% anual). Evidentemente el aumento de residentes se apoya tanto en población nativa como en población inmigrante. Tiene interés, por tanto, diferenciar la contribución de cada uno de los colectivos, nativos e inmigrantes, al crecimiento demográfico de estas áreas rurales.

5. En concreto, se consideran los municipios del Plan de Desarrollo Rural Sostenible de la Comunidad Autónoma del País Vasco 2000-2006. Las actuaciones de este Plan estaban dirigidas a las zonas rurales del objetivo 2 de los Fondos Estructurales para el período 2000-2006 en España, e integradas por municipios que cumplían los criterios de los apartados 6 y 9 del artículo 4 del Reglamento (CE) nº 1260/1999, seleccionadas mediante Decisión de la Comisión 2000/264/CEE de 14 de marzo de 2000 [véase DOCE L84 de 5.4.2000, pág. 26].

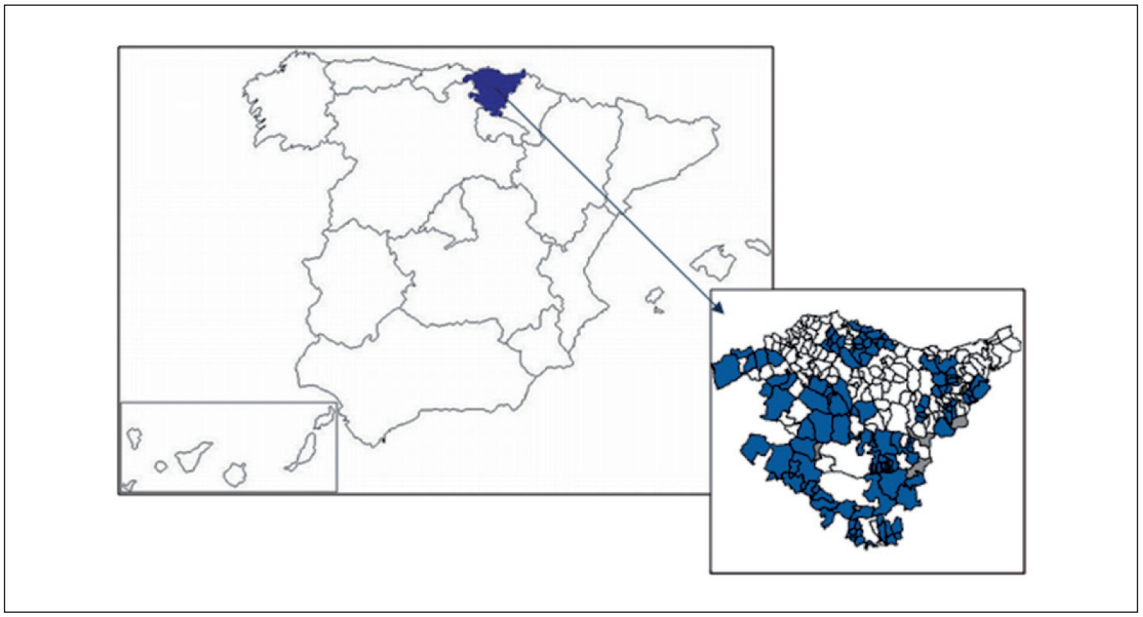


Figura 2. Localización de los municipios rurales de la Comunidad Autónoma del País Vasco.
Figure 2. Location of rural municipalities in the Autonomous Community of the Basque Country.

Los últimos datos ponen de manifiesto que el peso relativo de la población de origen inmigrante en el total de la población de los municipios rurales es ligeramente inferior al que tiene en el conjunto de la CAPV (5,6% frente al 6,9%, ver Tabla 2). En 2012 Álava concentra más de la mitad de la población inmigrante de las áreas rurales (un 52,9%). Sólo en la comarca de Rioja Alavesa residen más del 20% de los extranjeros. Las tareas del campo y otras actividades productivas relacionadas con la viticultura tienen gran importancia en Rioja Alavesa, siendo las principales demandantes de mano de obra de origen inmigrante; de ahí la mayor presencia de población extranjera en esa comarca. A ello tal vez pudiera añadirse el efecto desplazamiento extendiéndose por el Valle del Ebro alimentado por la influencia de las propias redes sociales y de acogida de inmigrantes.

Para analizar la importancia relativa de la población inmigrante en las zonas rurales, se determina el grado de contribución de los aportes de población inmigrante al mantenimiento y recuperación demográfica de estas zonas. Para el cálculo de dicha contribución se procede del siguiente modo: sea *pobT* la población total obtenida como agregación de la población con nacionalidad española *pobN* y la población con nacionalidad extranjera *pobX*. Considérense dos periodos *t* y *s* cualesquiera, entonces se puede escribir

$$\frac{pobT_t - pobT_s}{pobT_s} = \left(\frac{pobN_t - pobN_s}{pobN_s} \times \frac{pobN_s}{pobT_s} \right) + \left(\frac{pobX_t - pobX_s}{pobX_s} \times \frac{pobX_s}{pobT_s} \right)$$

para recoger precisamente el crecimiento de la población total como suma ponderada del crecimiento de la población nacional y de la población inmigrante en un determinado periodo ($t - s$). Se analiza 2000-2012 ya que es desde comienzos del nuevo siglo cuando los flujos migratorios presentan cifras significativas.

Tabla 2. Proporción de población inmigrante en las zonas rurales
Table 2. Proportion of immigrants in rural areas

Zona Rural	2000	2008	2010	2012
Vizcaya	0,44	3,6	4,2	4,7
Álava	1,06	5,1	6,0	6,8
Guipúzcoa	0,96	3,4	4,4	4,9
CAPV rural	0,80	4,2	5,0	5,6
CAPV TOTAL	1,01	5,44	6,40	6,93

Fuente: Padrón Municipal. Instituto Nacional de Estadística (INE).

Resultados y discusión

Contribución de nacionales e inmigrantes al crecimiento de la población rural

La contribución de los aportes de población inmigrante al mantenimiento o aumento de la población rural es significativa, ya que de forma casi general puede atribuírsele una proporción cercana al 30% del aumento de población habido en ese período (ver Tabla 3). Por supuesto se trata de una contribución sensiblemente más modesta que la obtenida por Collantes *et al*. (2013) para las zonas rurales españolas que oscila entre el 69% y el 90%. No obstante, la contribución resultante para las zonas rurales de la CAPV, aunque de menor importancia cuantitativa, es muy significativa[6]. Esa diferencia en parte pudiera ser atribuible a que en Collantes *et al*. (2013) la calificación de municipio rural responde al criterio de tamaño de la población, menos restrictiva que la utilizada en esta investigación.

Tabla 3. Crecimiento de la población rural, 2000-2012.
Contribución de la población nacional e inmigrante al crecimiento (%)
Table 3. Rural population growth, 2000-2012.
Contribution of national and immigrant population to the growth (%)

Zona Rural	Crecimiento de Pobl. Total	Contribución de Pob. Nacional	Contribución de Pob. Inmigrante	Contribución Pobl. Inmigrante/Crecimiento de Pobl. Total
Álava	28,20	20,56	7,64	27,08
Guipúzcoa	15,89	11,17	4,72	29,73
Vizcaya	14,79	9,87	4,92	33,24
CAPV	20,56	14,56	6,00	29,19

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Estadística del Padrón Continuo del Instituto Nacional de Estadística (INE).

6. Sí ha resultado decisiva, sin embargo, su contribución para el conjunto de la CAPV. La población crece un 4,5% entre 2000 y 2012, pero la aportación de la población nacional ha sido negativa, por lo que sin los aportes de población inmigrante la CAPV habría perdido población.

Además, debe subrayarse que se ha producido de forma espontánea, es decir, no ha sido fruto de ningún programa que haya contado de una planificación previa ni de medios especiales. Esto último sugiere que si se diseñaran y planificaran programas que dispusieran de medios para su popularización y planificación, probablemente se podrían alcanzar mayores niveles de atracción de población, en beneficio tanto de los colectivos de población inmigrante como de los objetivos de desarrollo rural.

Aunque el medio rural tiene un potencial limitado como generador de empleos, sin embargo, existen ciertos segmentos con una demanda de mano de obra no satisfecha que ofrecen empleos que pudieran resultar atractivos para la población inmigrante. El ámbito del empleo verde en el medio rural, reformas y rehabilitación de viviendas, hostelería, servicio doméstico y/o cuidado de mayores, etc. son nichos de empleo a los que se atribuye cierto potencial. Además, se trata de actividades que no sólo demandan mano de obra sino que se prestan al emprendimiento de nuevas iniciativas empresariales sin barreras de entrada excluyentes en términos de inversión y cualificación profesional. Como cualquier colectivo, la población inmigrante bien sea como forma de autoempleo o por su experiencia profesional en el país de origen, tiene potencial de emprendimiento que podría desempeñarlo en el país de destino.

Inmigración y Emprendimiento: Innovación de las Políticas de Desarrollo Rural

Algunas zonas rurales de países desarrollados son así mismo receptoras de nuevos contingentes de población, nacional o extranjera, bien como resultado de programas diseñados para atraer nueva población (Stockdale, 2006) o bien porque la población llega de forma más o menos espontánea. La llegada de esos nuevos efectivos no sólo compensa las pérdidas de población, sino que supone una importante reposición del capital humano perdido como consecuencia del éxodo rural. Además, esa nueva población potencia la demanda de servicios, lo cual contribuye a su mantenimiento junto con los empleos, así como a la supervivencia de las comunidades rurales debilitadas. De ese modo se refuerza lo que Camarero *et al.* (2009) denominan *generación soporte,* es decir, aquellas personas o colectivos que por su posición en el ciclo vital constituyen la generación más activa tanto desde el punto de vista de actividades productivas como reproductivas.

La población extranjera es población predominantemente joven, con un nuevo proyecto vital y con un importante potencial para contribuir de una u otra forma al desarrollo del área donde se ha asentado, máxime si emprende su empresa o negocio. Sus tasas de actividad superan con creces a las de los nacionales: 78,6 frente a 56.83 en 2012, lo cual indica que casi 80 de cada 100 inmigrantes en edad de trabajar está ocupado o buscando activamente un empleo. El desarrollo de sus capacidades profesionales sería, por tanto, útil para contribuir al desarrollo rural. Aún así, la atracción de nuevos efectivos de población, sean estos inmigrantes o no, puede que no tenga un efecto económico y dinamizador inmediato.

Algunos estudios señalan que los extranjeros en España aparecen como más emprendedores que la población local (Irastorza, 2008; Mancilla *et al*., 2010; GEM, 2011, 2012). Igualmente, Keeble y Tyler (1995) y Levie (2007), refiriéndose al Reino Unido, sostienen que los inmigrantes tienen mayor propensión a establecer nuevos negocios.

La encuesta Global Entrepreneurship Monitor (GEM, 2012) referida a España señala que el desempleo alienta la intención emprendedora en una proporción superior a la que cabría esperar en clima de bonanza económica. No obstante, algunas opiniones restan valor a cierto tipo de emprendimiento, dándole la consideración de autoempleo, y señalando que frecuentemente resulta difusa

su distinción. Es comprensible que en su fase inicial la motivación fundamental de parte de las iniciativas de emprendimiento sea procurarse un empleo, pero no es menos cierto que en muchos casos constituye un ensayo que, caso de resultar exitoso, acabará como nueva creación empresarial, expectativa ésta ya contemplada en el proyecto de emprendimiento. En esta línea, Sternberg y Wennekers (2005) distinguen entre emprendizaje ocupacional y de comportamiento. El primero se acercaría más a la noción de autoempleo mientras que el segundo estaría más en línea con la idea de oportunidad empresarial. No obstante, señalan que son nociones no mutuamente excluyentes y que puede haber un notable solapamiento entre ellas.

En relación al emprendimiento de las mujeres rurales en España, Sánchez-Flores *et al.* (2013) señala que la motivación de la elección de la vía empresarial gira alrededor de la necesidad de crear un puesto de trabajo que el mercado no proporciona y al deseo de compatibilizar la vida laboral y familiar, ya que en el medio rural existen menos oportunidades laborales para las mujeres.

Diversos autores hacen referencia a la existencia de una relación positiva entre emprendimiento y crecimiento económico, señalando que el emprendimiento propicia el desarrollo económico de los países (Acs *et al*., 2008; Naudé, 2010; Mancilla *et al*., 2010; Lupiañez *et al*, 2014). Aun aceptando la relación positiva entre actividad emprendedora y crecimiento económico, sin embargo tal como señala Minniti (2012), no se conoce con precisión la naturaleza de esa relación y los canales que la propician, de modo que la evidencia empírica existente no es concluyente (Wennekers *et al*. 2005; Carree *et al.* 2007).

La contribución de las pequeñas iniciativas al crecimiento y desarrollo en el medio rural es más limitada y modesta que la de iniciativas emprendedoras de naturaleza más empresarial. Sin embargo, es innegable que promueven actividad económica y ayudan a diversificar tejido productivo ampliando la variedad de servicios ofrecidos y contribuyendo a mejorar la calidad de vida. El medio rural no constituye el marco más atractivo para atraer y albergar iniciativas emprendedoras innovadoras con sólido soporte financiero (Capelleras *et al*., 2013). Es esa carencia precisamente la que anima y justifica tratar de obtener el máximo aprovechamiento de las iniciativas existentes, aun siendo conscientes de que muchas de ellas a priori serán iniciativas modestas e incluso algunas de ellas abocadas al fracaso. Pero esto último no es privativo de las iniciativas emprendedoras rurales, en el medio rural existen múltiples casos de éxito que en su origen tuvieron un arranque modesto.

Dada la significativa presencia de población inmigrante en las zonas rurales, unida a su aparente impronta emprendedora, es pertinente su estudio a fin de profundizar en el conocimiento de ese fenómeno y determinar su contribución no sólo a la regeneración demográfica sino también a la recomposición del tejido productivo y promoción de la actividad económica en dichas zonas.

El estudio del emprendimiento de los inmigrantes en las zonas rurales vascas se basa en el análisis de los microdatos del Directorio de Actividades Económicas del Instituto Vasco de Estadística (Eustat) para los años 2003, 2006, 2009 y 2012. Existen algunas limitaciones pues la serie no es homogénea, ya que en el año 2012 se incorporan por primera vez establecimientos antes no considerados[7]. Ade-

7. Por razones de homogeneidad en la información, no se considera el sector primario. Aparece publicado por primera vez en 2012, y para algunos otros años hay datos disponibles pero no verificados. Incorporarlo supondría detectar en los datos una masiva creación de empresas en el sector no real (las empresas existían pero no estaban contabilizadas).

más, debido a las limitaciones de los datos, se seleccionan únicamente las empresas creadas por personas físicas por ser la única manera de poder discriminar entre establecimientos creados por nacionales y por inmigrantes[8].

Los establecimientos regentados por inmigrantes en el conjunto de la CAPV suponen una proporción muy baja en 2003, un 2,3%, proporción que crece hasta cerca del 6% en 2012 (ver Tabla 4). Son cifras acordes con el peso de la población inmigrante que para ese año es del 6,9%.

Los valores resultantes para las zonas rurales no son muy distintos de los del conjunto de la CAPV: pasan del 2% en 2003 al 5% en 2009, para retroceder hasta cerca del 4% en 2012. Son cifras ligeramente inferiores a la proporción de población inmigrante de las zonas rurales, 5,6% en 2012, de donde puede concluirse que, de acuerdo a los datos del DIRAE, el potencial de emprendimiento de los inmigrantes en las zonas rurales del País Vasco es incluso algo más débil que el de las zonas urbanas. En el caso del País Vasco no se confirma,

Tabla 4. Establecimientos según el origen del titular y localización rural o urbana, CAPV 2003-2012 (%)
Table 4. Establishments according to their holder origin and their rural or urban location, ACBC, 2003-2012 (%)

	CAPV				CAPV RURAL		CAPV URBANA	
	Nacional	Inmigrante	Rural	Urbano	Nacional	Inmigrante	Nacional	Inmigrante
2003	97,7	2,3	3,1	96,9	97,6	2,3	97,7	2,3
2006	97,2	2,7	3,1	96,8	97,4	2,6	97,2	2,7
2009	93,9	6,0	3,2	96,7	95,0	5,0	93,9	6,1
2012	94,3	5,7	3,4	96,6	96,1	3,9	94,2	5,7

Fuente: Elaboración propia a partir de microdatos del DIRAE (Eustat).

pues, la supuesta mayor capacidad o propensión emprendedora del colectivo de inmigrantes. Esta aseveración se confirma con los valores resultantes del índice de Actividad Emprendedora Total (Total Entrepreneurial Activity index, TEA), calculado como el número de establecimientos creados por cada 100 habitantes de entre 16 y 64 años (Tabla 5).

Los índices de actividad emprendedora se mantienen relativamente estables en torno al 6%-7% en el caso de los nacionales y 4%-6% en el de inmigrantes (con un ligero descenso para estos últimos en 2012). Sin embargo, los índices muestran que el número de establecimientos regentados por nacionales es superior al de los inmigrantes: 6,8% de los nacionales frente al 4,3% de los inmigrantes para el año 2012.

En el caso de la población nativa, el ratio de establecimientos de las zonas urbanas es sólo li-

8. Debido a las limitaciones de los datos tampoco se ha podido tener en cuenta el efecto frontera. No obstante, los inmigrantes fronterizos apenas tienen presencia en el medio rural.

Tabla 5. Índice de Actividad Emprendedora Total (TEA)
Table 5. Total Entrepreneurial Activity Index (TEA)

	TEA-Nacionales			TEA-Inmigrantes		
	CAPV	CAPV rural	CAPV urbana	CAPV	CAPV rural	CAPV urbana
2003	6,88	6,01	6,91	5,60	6,39	5,57
2006	7,20	5,95	7,25	3,98	3,92	3,98
2009	7,55	6,14	7,61	5,93	5,13	5,96
2012	6,84	5,63	6,89	4,33	3,08	4,38

Nota: TEA-nacionales: establecimientos de nacionales en relación a población nacional entre 16 y 64 años (por 100). TEA-inmigrantes: establecimientos de inmigrantes en relación a población inmigrante entre 16 y 64 años (por 100).

Fuente: Elaboración propia a partir de microdatos del DIRAE (Eustat, 2003, 2006, 2009, 2012).

geramente más alto que el de las zonas rurales: 6,9% frente a 5,6% de las zonas rurales para el año 2012. Por lo que respecta al colectivo de inmigrantes, las diferencias de los ratios de las zonas urbanas respecto de las rurales son igualmente poco significativas, 4,4% para las urbanas frente a 3,1% para las rurales. De acuerdo con los valores resultantes, no se confirma la percepción de una superior propensión emprendedora del colectivo de inmigrantes.

Tan significativo como el ritmo de creación de negocios es su mantenimiento medido por su índice de supervivencia o de fracaso (porcentaje de establecimientos que siguen activos en el período siguiente o porcentaje de establecimientos que han cerrado). Al disponer del censo de establecimientos para los distintos años, se ha podido hacer un seguimiento individualizado de cada empresa, lo que ha permitido calcular precisamente esta tasa de supervivencia (y de fracaso) para las empresas de las zonas rurales (Tabla 6).

Los resultados revelan que la tasa de fracaso de los negocios regentados por inmigrantes es sensiblemente superior a la de los nacionales. Esta tasa además ha crecido en ambos colectivos emprendedores, aunque con la crisis se ha agudizado más para los inmigrantes: si para los nacionales pasa del 21% del período 2006-2009 al 35% de 2009-2012, para los inmigrantes casi se duplica, pasando del 36% al 62%[9]. Con independencia de la mayor o menor capacidad de emprendimiento de los inmigrantes, se observa que el índice de supervivencia de los negocios regentados por este colectivo es más bajo. Como se verá, las ramas de actividad en las que se ocupan estos emprendedores son frecuentemente actividades relacionadas con la construcción, y rehabilitación y reformas en general, ramas más severamente afectadas por la crisis, lo cual probablemente constituye la principal explicación del superior índice de fracaso de los negocios regentados por inmigrantes.

9. Dado que se trata de muestras de reducido tamaño, pequeñas alteraciones en valores absolutos se traducen en cambios relativos importantes.

Tabla 6. Tasa de Supervivencia y de Fracaso en los negocios de las Zonas Rurales de la CAPV
Table 6. Business Survival and Failure Rates in Rural Areas

	TOTAL		NACIONAL		INMIGRANTE	
	Tasa Supervivencia	Tasa Fracaso	Tasa Supervivencia	Tasa Fracaso	Tasa Supervivencia	Tasa Fracaso
2003-2006	77%	23%	78%	22%	55%	45%
2006-2009	79%	21%	79%	21%	64%	36%
2009-2012	63%	37%	65%	35%	38%	62%

Fuente: Elaboración propia a partir de microdatos del DIRAE (Eustat, 2003, 2006, 2009, 2012).

Se observa además que el ritmo de creación neta de establecimientos es mayor en los años de bonanza económica (es decir, hasta el año 2009). Sin embargo, en el último tramo 2009-2012, en la fase de recesión, se vuelve incluso negativo, destruyéndose más que los que se crean (ver Tabla 7). Igualmente, el índice de supervivencia de establecimientos es superior en los años de mayor crecimiento económico, pero decrece en el periodo de crisis, aumentando de modo notable la tasa de fracaso, especialmente la referida a establecimientos regentados por extranjeros. Puede concluirse, por tanto, que el emprendimiento se muestra más vigoroso en coyunturas económicas favorables y que la existencia de empleos alternativos no necesariamente constituye un freno para iniciativas emprendedoras. Cuando la economía se encuentra en fase de crecimiento las iniciativas emprendedoras se multiplican, contribuyendo así a la consolidación del crecimiento económico. Ello sugiere que las políticas de acompañamiento al emprendimiento deberán tener en cuenta la coyuntura económica, intensificándolas cuando la economía se encuentre en su fase más baja.

Tabla 7. Creación neta de establecimientos en relación a la población de cada colectivo (por 1000 hab)
Table 7. Net creation of establishments by each group according to their population (per 1,000 inhabitants)

	Nacionales			Inmigrantes		
	CAPV	CAPV rural	CAPV urbana	CAPV	CAPV rural	CAPV urbana
2003-2006	1,2	1,6	1,2	6,3	3,9	6,4
2006-2009	1,0	2,6	1,0	28,1	22,4	28,3
2009-2012	-6,0	-3,1	-6,1	-7,9	-10,6	-7,8

Nota: Creación neta de establecimientos del periodo en relación a la población del colectivo *i* en el periodo final (por 1000), siendo *i* = nacional, inmigrante.

Fuente: Elaboración propia a partir de microdatos del DIRAE (Eustat, 2003, 2006, 2009, 2012).

Sean establecimientos regentados por nacionales o por inmigrantes, el grueso de los establecimientos rurales se concentran en un número reducido de actividades: Agricultura, Hostelería, Construcción, y Comercio y Reparación concentran el 72% y 75% respectivamente de los establecimientos en 2012. La principal diferencia estriba en la construcción. El 40% de los establecimientos de los inmigrantes pertenecen a este sector, pero el porcentaje se reduce al 10% cuando se trata de nacionales. Al margen de otro tipo de consideraciones, la construcción es una de las ramas más afectadas por la crisis, lo cual puede ser una explicación importante, sin ser la única, del superior índice de fracaso de los negocios regentados por inmigrantes.

Las políticas de desarrollo rural tienen como objetivos fijar población en las zonas rurales, diversificar su economía y promover el empleo y el crecimiento económico. Las políticas aplicadas hasta el presente han tenido efectos relativamente positivos aunque no suficientemente satisfactorios según señala el informe del Tribunal de Cuentas Europeo (Tribunal de Cuentas Europeo, 2013). De acuerdo a dicho *Informe,* los objetivos perseguidos se han alcanzado sólo parcialmente debido, entre otras razones, a que los programas de desarrollo rural han estado frecuentemente más guiados por la necesidad de agotar el presupuesto que por la idoneidad de los proyectos, sin definir siquiera los resultados que se esperaba alcanzar.

Atraer población inmigrante es una de las pocas vías factibles para la revitalización demográfica de las zonas rurales. En ese sentido, puede sostenerse que las políticas de desarrollo rural adolecen de políticas planificadas con objetivos definidos para la inmigración en el medio rural, salvo posibles programas de integración social orientados principalmente a preservar la convivencia social en aquellas zonas con importante presencia de trabajadores inmigrantes. Más allá de la retórica general, apenas existen programas orientados a potenciar y canalizar el potencial del capital humano y emprendedor de la población inmigrante; constituye una vía poco explorada en nuestro ámbito que, como se ha señalado (OCDE, 2003), sí se aplica en otros ámbitos con resultados positivos en algunos casos.

A pesar de la ausencia total de programas de apoyo, la población inmigrante de las zonas rurales vascas muestra cierta capacidad de emprendimiento. A falta de estudios más precisos, es innegable que genera actividad y empleos, aunque en muchos casos se trate de microempresas y autoempleo, desarrollan así tejido productivo que será útil para ir sentando las bases de un nuevo impulso al desarrollo económico. Existe evidencia de que el conocimiento del idioma favorece la integración y las posibilidades de éxito de los emprendedores inmigrantes. Algunos nichos de negocio no presentan barreras de entrada excluyentes, así actividades ligadas al empleo verde, servicios asistenciales para personas mayores o construcción-rehabilitación se prestan a este tipo de emprendimiento.

Conclusiones

A pesar de la crisis, la CAPV continúa siendo receptora de nuevos efectivos de población inmigrante, si bien durante los últimos años ha aumentado notablemente la inmigración extranjera procedente de otras regiones españolas más severamente castigadas por la crisis económica y con amplia presencia de extranjeros; además se mantiene con el mayor saldo migratorio interautonómico de este colectivo. Ello es debido a que el País Vasco está entre las comunidades autónomas con PIB per cápita más elevado y con más baja tasa de desempleo (15,6% frente al 24,8% de España en 2012), de ahí que previsiblemente se mantenga la afluencia intercomunitaria de inmigrantes, aunque probablemente más atenuada.

Por lo que respecta a su localización y distribución espacial, el comportamiento de la población inmigrante no es muy distinto del

de los nacionales. Si bien en un primer momento su destino principal son las áreas metropolitanas que ofrecen más oportunidades de empleo, con el paso del tiempo y a medida que las redes de acogida se amplían, la población inmigrante tiende a extenderse por toda la geografía. En lo que respecta a la decisión de fijar la residencia en el medio rural, resulta determinante la existencia de empleos, accesibilidad a la vivienda y fácil acceso al lugar de trabajo y de residencia.

A pesar de que la población inmigrante mayoritariamente fija su residencia en las grandes áreas urbanas, sin embargo, su contribución al mantenimiento o aumento de la población rural es significativa, ya que de forma casi general puede atribuírsele una cifra cercana al 30% del aumento de población habido en la última década, siendo su participación de menos del 7% en la población total de la CAPV. Se trata de una contribución más modesta que la observada en otras regiones españolas, aunque muy significativa; no obstante, en parte la diferencia puede ser debida a que la definición de ámbito rural descansa en criterios no homogéneos.

Con un mínimo de planificación y programas específicos, previsiblemente se podrían superar los niveles alcanzados de atracción de población inmigrante hacia estas zonas. Se trata de una de las pocas vías factibles para el rejuvenecimiento y la revitalización demográfica de las zonas rurales, lo que además reforzaría la denominada *generación soporte*. El 53,5% de las extranjeras afincadas en la CAPV está en edad de procrear (20-39 años) y además cuentan con una tasa de fecundidad del 60,75%, cifra elevada si se compara con la de sus homologas nacionales (39,9%).

Además como el colectivo inmigrante cuenta con elevadas tasas de actividad (78,6% en 2012), esta revitalización demográfica vendría acompañada de una dinamización económica.

La contribución de este colectivo se ve reforzada por su aportación a la regeneración del tejido productivo de las zonas rurales. No obstante, en contra de lo observado en otras regiones, no se confirma una superior propensión emprendedora del colectivo inmigrante, ni el hecho de que sea mayor en el medio rural pues es incluso algo más débil que en las zonas urbanas. Aún así, los índices de actividad emprendedora de los inmigrantes se mantienen relativamente estables en torno al 4%-6%.

La participación de los inmigrantes rurales en iniciativas emprendedoras se mantiene acorde a su participación en la población total, aunque el índice de supervivencia es sensiblemente inferior al de los nacionales. Probablemente la circunstancia de que una proporción importante de emprendedores desarrolle su actividad profesional en sectores muy castigados por la crisis pudiera explicar en gran medida su superior índice de fracaso.

Las políticas de desarrollo rural que fueron concebidas, entre otros objetivos, para impulsar la dinamización y diversificación productiva del medio rural no han tenido efectos suficientemente satisfactorios, por lo que reclaman una profunda revisión e innovación en su orientación y diseño. En ese contexto, las políticas planificadas de inmigración y apoyo al emprendimiento de este colectivo constituyen vías apenas exploradas en nuestro ámbito y que sí se aplican en otros ámbitos con resultados bastante positivos. Es verosímil considerar que el diseño y aplicación de programas específicos permitiría aspirar a objetivos más ambiciosos que los ya alcanzados de modo espontáneo.

Aunque en el País Vasco existe una red de entidades locales con planes municipales de acogida, y se han desarrollado políticas asistenciales que acogen al colectivo inmigrante y que permiten una gestión de la diversidad (III Plan Vasco de Inmigración, Ciudadanía y Convivencia Intercultural), no se han propuesto políticas activas orientadas al mejor aprovechamiento de las potencialidades del colectivo inmigrante. En este sentido, políticas más decididas orientadas a estos nuevos colectivos

y a promover otro tipo de actividades más allá de las tradicionales podrían responder a las carencias del medio rural y de su población (empleo verde, empresas de atención domiciliaria y de otros servicios a domicilio…).

A pesar de que la llegada de población inmigrante se ha visto frenada por la crisis económica, sin embargo el stock de efectivos inmigrantes sigue siendo muy importante, de modo que los flujos interregionales desde regiones con más altas tasas de desempleo hacia regiones con mejores alternativas de empleo se mantendrán. El coste de emigrar a otro país o de retornar al país de origen será mayor que desplazarse a otra región con alternativas de empleo y donde se conocen las redes de acogida. A medida que aumenta el stock de población inmigrante se refuerza el papel de la red de acogida; por tanto, a menor tasa de desempleo y mejores oportunidades de empleo, junto con el reforzamiento del papel de las redes de acogida, se refuerza el efecto de atracción puesto que el coste de emigrar a esa región es menor.

La caída de población contemplada en las últimas proyecciones demográficas sugiere que a medida que se vayan superando los efectos más negativos de la crisis, las políticas dirigidas a planificar y gestionar las migraciones en el futuro inmediato van a estar llamadas a desempeñar un papel más activo.

Agradecimientos

Los autores agradecen la ayuda financiera recibida de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, UPV/EHU (proyecto de investigación EHU14/46). Igualmente agradecen los comentarios de dos revisores anónimos que han contribuido a mejorar el artículo. Cualquier posible error es responsabilidad exclusiva de los autores.

Bibliografía

Acs ZJ, Desai S, Hessels J (2008). Entrepreneurship, economic development and institutions. Small Business Economics 31(3): 219-234.

Aja E, Arango J, Alonso J O (2010). Inmigración y crisis económica: impactos actuales y perspectivas de futuro. Anuario de la Inmigración en España, edición 2010. Edicions Bellaterra, S.L, 415 pp.

Arriola J, Gómez C, Andrés X (2008). El impacto económico de la inmigración extracomunitaria en la Comunidad Autónoma del País Vasco. Departamento de Vivienda y Asuntos Sociales del Gobierno Vasco, 160 pp.

Bodvarsson Ö B, Van Den Berg H (2013). The economics of immigration. New York: Editorial Springer.

Borjas GJ (2000). Economics of migration. En: International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences, Section No. 3.4, Article No. 38.

Boso A, Vancea M (2011). La renta básica de ciudadanía y su posible efecto llamada. Revista Internacional de Sociología 69(3): 699-723.

Camarero L, Cruz F, Gonzalez M, Del Pino J, Oliva J, Sampedro R (2009). La población rural de España. De los desequilibrios a la sostenibilidad social. Colección Estudios Sociales, nº 27, Barcelona: Fundación La Caixa, 199 pp.

Capelleras J, Contin-Pilar I, Martin-Sanchez V (2013). The influence of individual perceptions and the urban/rural environment on nascent entrepreneurship. Investigaciones Regionales 26: 97-113.

Carrasco C, García C (2011). Inmigración y mercado de trabajo. Informe 2011. Observatorio Permanente de la Inmigración. Ministerio de Trabajo e Inmigración, 176 pp.

Carree M, Van Stel A, Thurick R, Wennekers S (2007). The relationship between economic development and business ownership revisited. Entrepreneurship& Regional Development, Volume 19(3), 281-291

Collantes F, Pinilla V, Saez L A, Silvestre J (2013). Reducing depopulation in rural Spain: The Impact of Immigration. Population, Space and Place, DOI: 10.1002/psp.1797.

Collier P (2013). Éxodo. Inmigrantes, emigrantes y países. Editorial Turner Noema. Madrid. 348 pp.

Constant A, Zimmermann, KF (2006). The making of entrepreneurs in Germany: are native men and immigrants alike? Small Business Economics, 26 (3), 279-300.

Cuadrado JR, Iglesias C, Llorente R (2007). Inmigración y mercado de trabajo en España (1997-2005). Informes de Economía y Sociedad de la Fundación BBVA, 170 pp.

Dahlsten S (2004). Key policy coherence issues in agriculture and migration. En: Institutional Approaches to Policy Coherence for Development OECD Policy Workshop. Disponible en http://www.oecd.org/dataoecd/24/26/31744363.pdf (4 febrero 2016).

DOCE (2000), Diario Oficial de las Comunidades Europeas de 5/4/2000, L 84/26 – L84/46. Disponible en http://ec.europa.eu/regional_policy/ sources/docoffic/pdf/espagne/esp_es.pdf (4 febrero 2016).

Dolado JJ, Vázquez P (2008). Ensayos sobre los efectos económicos de la inmigración en España. Colección de Estudios Económicos 01-08. Cátedra Inmigración. Fedea, 161 pp.

Eguía B, Murua JR, Aldaz L, Astorkiza I (2013). La población inmigrante en las zonas rurales del País Vasco. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 109-2: 215-238.

Eustat (2003). Directorio de Actividades Económicas (DIRAE-2003), Instituto Vasco de Estadística.

Eustat (2006). Directorio de Actividades Económicas (DIRAE-2006), Instituto Vasco de Estadística.

Eustat (2009). Directorio de Actividades Económicas (DIRAE-2009), Instituto Vasco de Estadística.

Eustat (2012). Directorio de Actividades Económicas (DIRAE-2012), Instituto Vasco de Estadística.

Eustat (2016). Bandeja de información territorial. Información Municipal y Udalmap. Instituto Vasco de Estadística. Disponible en http://www.eustat.eus/ci_ci/municipal/ datos_estadisticos/info_territorial_eudel_c.html#axzz3zC625i6z (4 febrero 2016).

Findlay AM, Short D, Stockdale A (2000). The labour-market impact of migration to rural areas. Applied Geography 20(4): 333-348.

FUNDACIÓN IDEAS (2011). La contribución de la inmigración a la economía española. Evidencias y Perspectivas de Futuro. Madrid, 100 pp.

GEM (2011). Informe GEM España 2011. Global Entreprenuership Monitor-España. Madrid, 130 pp.

GEM (2012). Informe GEM España 2012. Global Entreprenuership Monitor-España. Madrid, 149 pp.

GOBIERNO VASCO (2011). Encuesta de la población inmigrante extranjera residente en la Comunidad Autónoma de Euskadi, EPIE 2010. Departamento de Empleo y Asuntos Sociales, 122 pp.

González-González JM, Bretones F, Zarco V, Rodríguez A (2011). Women, immigration and entrepreneurship in Spain: A Confluence of Debates in the Face of a Complex Reality. Women's Studies International Forum 34(5): 360-370.

Ikuspegi (2008). Población Extranjera en la CAPV 2008. Panorámica de la inmigración, nº 23. Observatorio Vasco de Inmigración.

Irastorza N (2008). Entrepreneurial activity of immigrants in Spain. Tesis Doctoral TDIVC.001. Orkestra, Basque Institute of Competitiveness. Deusto Foundation, 251 pp.

Kalantaridis C (2010). In-migration, entrepreneurship and rural-urban interdependencies: The case of East Cleveland, North East England. Journal of Rural Studies 26(4): 418-427.

Keeble DE, Tyler P (1995). Enterprising behavior and the urban-rural shift. Urban Studies 32(6): 975-997.

Lacuesta A, Puente S (2010). El efecto del ciclo económico en las entradas y salidas de inmigrantes en España. Documento de Trabajo nº. 1016, Banco de España, 29 pp.

Levie J (2007). Immigration, in-migration, ethnicity and entrepreneurship in the United Kingdom. Small Business Economics 28(2-3): 143-169.

Lupiañez L, Priede T, López-Cozar C (2014). El emprendimiento como motor del crecimiento económico. Boletín Económico del ICE nº 3048.

Mancilla C, Viladomiu L, Guallarte C (2010). Emprendimiento, inmigrantes y municipios rurales: el caso de España. Economía Agraria y Recursos Naturales 10(2): 121-142.

Minniti M (2012). El emprendimiento y el crecimiento económico de las naciones. Economía Industrial, nº 383: 23-30.

Moreno G, Aierdi X (2010). Anuario de la inmigración en el País Vasco 2010. Ikuspegi@k, Observatorio de Asuntos Sociales, 306 pp.

Muilu T, Rusanen J (2003). Rural young people in regional development, the case of Finland in 1970-2000. Journal of Rural Studies 19(3): 295-307.

Muñoz de Bustillo R, Antón JI (2010). From sending to host societies: immigration in Greece, Ireland and Spain in the 21st Century. Industrial Relations Journal 41(6): 563-583.

Naudé W (2010). Entrepreneurship, developing countries, and development economics: new approaches and insights. Small Business Economics 34(1): 1-12.

OCDE (2003). Trends in International Migration 2003. Disponible en (4 febrero 2016) http://www.oecd.org/els/mig/trendsininternationalmigration2003.htm

OCDE (2004). Trends in International Migration. Disponible en (4 febrero 2016) http://www.oecd.org/migration/mig/trendsininternationalmigration2004.htm

OCDE (2010*).* Entrepreneurship and Migrants. Report by the OECD Working Party on SMEs and Entrepreneurship, OECD.

Pajares M (2010). Inmigración y mercado de trabajo. Informe 2010. Observatorio Permanente de la Inmigración. Ministerio de Trabajo e Inmigración, 171 pp.

Peri G, Sparber C (2009). Task specialization, immigration and wages. American Economic Journal: Applied Economics, 1(3): 135-169.

Recolons L (2005). Las migraciones exteriores en la evolución de la población de España, 1950-2004. Migraciones 17: 45-89.

Roquer S, Blay J (2008). Del éxodo rural a la inmigración extranjera: el papel de la población extranjera en la recuperación demográfica de las zonas rurales españolas (1996-2006). Scripta Nova, Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Barcelona: Universidad de Barcelona, vol. XII, nº 270-129.

Sahin M, Nijkamp P, Stough R (2011). Impact of urban conditions on firm performance of migrant entrepreneurs: a comparative Dutch–US study. The Annals of Regional Science 46(3): 661-689.

Sánchez-Flores S, Rojo I, Lacombra J, Marí E, Benlloch C (2013). Mujeres inmigrantes emprendedoras en el medio rural. Factor para la sostenibilidad económica y social de las áreas rurales de la Comunidad Valenciana. Revista de Estudios sobre Despoblación y Desarrollo Rural – Journal of Depopulation and Rural Development Studies.

Serrano F, Eguía B, Ferreiro J (2011). Public pensions' sustainability and population ageing: is immigration the solution? International Labour Review 150 (1-2): 63-79.

Solé C, Parella S, Cavalcanti L (2007). El empresariado inmigrante en España. Colección Estudios Sociales, nº 21, Barcelona: Fundación La Caixa, 200 pp.

Sternberg R, Wennekers S (2005). Determinants and effects of new business creation. Small Business Economics 24(3): 193-203.

Stockdale A, Findlay A, Short D (2000). The repopulation of rural Scotland: opportunity and threat. Journal of Rural Studies 16(2): 243-257.

Stockdale A (2006). Migration: prerequisite for rural economic regeneration? Journal of Rural Studies 22(3): 354-366.

Torres R (2007). Las migraciones internas en el País Vasco durante el periodo 1991-2001. Evidencias de un proceso de contraurbanización. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles 43: 85-106.

TRIBUNAL DE CUENTAS EUROPEO (2013). ¿Han logrado los estados miembros y la comisión optimizar el uso de recursos en las medidas de diversificación de la economía rural?, Informe Especial nº 6, 82 pp.

Wennekers S, Stel A, Thurik R, Reynolds P (2005). Nascent entrepreneurship and the level of economic development. Small Business Economics 24: 293-309.

(Aceptado para publicación el 2 de noviembre de 2015)

Estados claves en el comercio intracomunitario del tomate en la Unión Europea

J. de Pablo[1,*], M.A. Giacinti[2] y T. García[3]

[1] Departamento de Economía y Empresa. Universidad de Almería. Carretera de Sacramento s/n, 04120 Almería, España
[2] Centro de Información Frutihortícola (www.cif-businessintelligence.com) y Gabinete MAG. Centenario s/n, Q8309 Neuquén, Argentina
[3] Instituto de Economía, Geografía y Demografía del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Albasanz, 26-28, 28037 Madrid, España. Solvay Brussels School of Economics and Management. Avenue Franklin Roosevelt 42, 1050 Brussel, Bélgica

Resumen

El presente artículo tiene como objetivo identificar que Estados miembros resultan claves para el comercio intracomunitario del tomate en la Unión Europea para los años 2007-2013. Se va a utilizar la metodología del análisis *input-output* y para ello se van a elaborar dos tablas de transacciones comerciales intersectoriales, una para 2007 y otra para 2013. A partir de las mismas se realizaran las tablas de coeficientes técnicos e inversas. Para estudiar los efectos directos de los encadenamientos se obtendrán los valores de los coeficientes de Streit y de Chenery-Watanabe. Para finalizar se incorporaran los efectos indirectos por medio del coeficiente de Rasmussen. Los resultados señalan como "claves" a los Países Bajos y Bélgica, que precisamente basan su estrategia en la reexportación. España, a pesar de ser el segundo exportador de tomate de la Unión Europea habría dejado de tener la consideración de "Estado clave" en 2013.

Palabras clave: Análisis *input-output*, interdependencia, encadenamientos.

Abstract
Key States in intra-EU tomato trade

This paper identifies which are the key Member States for the intra-Community trade of tomatoes in the European Union in the period 2007-2013. We apply the *input-output* analysis methodology using two tables of commercial transactions across sectors. We calculate/compute technical coefficients, the inverse matrix and, in order to study the productive chain, we obtain the Streit and Chenery Watanabe's coefficients. Finally indirect effects are also incorporated through the Rasmussen coefficients. The results show that the Netherlands and Belgium are the 'key countries' in the tomato market, countries that have a specific strategy based on re-export. Besides this, Spain, the second tomato exporter of the European Union, is no longer considered a "key country" in 2013.

Key words: *Input-output* analysis, interdependence, linkages.

* Autor para correspondencia: jdepablo@ual.es
https://doi.org/10.12706/itea.2016.028

Introducción

Las tablas *input-output* son un instrumento habitual utilizado por las autoridades económicas para analizar el funcionamiento de sus sectores productivos tanto en su vertiente estructural como coyuntural. La aplicación de estas tablas es muy diversa. En su origen, el *Tableau Économique* de Quesnay (Miller y Blair, 1985) demostraba que la vida económica funcionaba como una máquina, como un organismo vivo. Posteriormente, Leontief (1941) utilizó la tabla *input-output* para analizar la estructura productiva de los Estados Unidos. Temas más recientes son los relacionados con el consumo energético (Bojacá *et al.,* 2012), el medioambiente (Hoekstra *et al.,* 2014) o la contabilidad social (Keuning y Ruijter, 1988), entre otros.

La medición del estudio de las relaciones de dependencia entre los sectores se inicia con las denominadas ligazones o eslabonamientos. Estos conceptos fueron introducidos por Hirschman (1958) en sus estudios sobre la economía del desarrollo. La dirección y el peso de las ligazones sectoriales indican la capacidad potencial de un sector para estimular a otros, por lo que la concentración de recursos en aquellas actividades con mayores ligazones impulsaría más rápidamente el crecimiento que la dedicación de dichos recursos a otras actividades.

Sobre países claves podemos destacar los artículos de Andreososso y Yue (2004) para China; Gülsün y Keçeli (2009) para Turquía; Olczyk (2011) para Polonia y Jahangard y Keshtvarz (2012) para Irán, Corea del Sur y Turquía.

El presente trabajo se centra en el comercio exterior, y en concreto en las relaciones de interdependencia (exportaciones/importaciones) que tienen los distintos Estados miembros de la Unión Europea (U.E.) en un producto específico como es el tomate. Se pretende conocer si alguno de los Estados puede ser considerado "clave" en cuanto a sus ligazones y si entre los años 2007-2013 ha supuesto cambios importantes en su jerarquización. Se ha escogido como año de partida para nuestro análisis el 2007 que corresponde con el inicio del cambio de ciclo económico en Europa.

El tomate es la primera hortaliza comercializada en Europa y tiene una importancia significativa en varios Estados miembros, tanto en su aspecto de producción como de comercialización y consumo. Está siendo, además, objeto de una considerable competencia por parte de países terceros, sobre todo en los meses de invierno.

Comercio intra/extra comunitario del tomate en la U.E.

De acuerdo al cuadro 1, los ratios entre el comercio intracomunitario y el extracomunitario han seguido pautas divergentes. Mientras que la relación entre las importaciones extracomunitarias respecto a las intracomunitarias ha descendido, las exportaciones extracomunitarias respecto a las intracomunitarias han aumentado. Francia presenta un valor mayor en cuanto a la relación de sus importaciones extracomunitarias/ intracomunitarias y en general se aprecia que los principales exportadores (Países Bajos, España y Francia) han incrementado ese ratio.

Polonia destaca en la relación entre las exportaciones extracomunitarias/ intracomunitarias con el mayor valor. Como se verá más adelante, se debe tanto a sus ventas al mercado ruso como a su papel como reexportador a otros países.

Importaciones comunitarias

El principal país tercero exportador a la Unión es Marruecos, seguido de lejos por Turquía. Como se aprecia en el cuadro 2, entre los dos, suponen aproximadamente el 83% de las importaciones en el año 2013.

Cuadro 1. Relación entre las importaciones/exportaciones extracomunitarias respecto a las importaciones/exportaciones intracomunitarias (%)
Table 1. Relationship between imports / exports extra EU and imports / exports intra EU (%)

	Importaciones extra/ intracomunitarias		Exportaciones extra/intracomunitaria	
	2007	2013	2007	2013
Países Bajos	8,21	13,13	6,87	6,86
España	11,70	25,22	2,75	5,95
Francia	125,02	117,57	7,44	5,49
Bélgica	5,47	2,13	14,98	11,36
Italia	3,63	1,42	6,12	8,96
Alemania	0,35	0,24	4,19	5,08
Portugal	0,00	1,72	0,04	0,07
Polonia	4,69	1,94	21,33	308,84
Grecia	53,68	82,82	125,08	10,74
Reino Unido	2,69	11,50	7,36	60,88
Otros	31,18	6,84	57,97	263,03
Total	19,61	17,01	7,00	13,74

Fuente: Elaboración propia a partir de Eurostat.

Cuadro 2. Importaciones de países terceros a la Unión Europa (miles de Tm)
Table 2. Imports from third countries to the European Union (thousands of tons)

País	2007	%	País	2013	%
Marruecos	302391	63,41	Marruecos	365694	82,89
Turquía	94224	19,76	Turquía	29310	6,64
Israel	26762	5,61	Senegal	10379	2,35
Macedonia	21346	4,48	Túnez	10217	2,32
Siria	10956	2,30	Macedonia	9299	2,11
Senegal	7299	1,53	Israel	6440	1,46
Jordania	3230	0,68	Albania	3983	0,90
Túnez	3160	0,66	República Dominicana	1801	0,41
Serbia	2877	0,60	Egipto	1601	0,36
Otros	4617	0,97	Otros	2467	0,56
Total	476862	100	Total	441191	100

Fuente: Elaboración propia a partir Eurostat.

De la información suministrada por el cuadro anterior, se aprecia:

– La puerta de entrada del tomate alauita es Francia (concretamente el mercado de Saint-Charles en Perpiñán) aunque luego hay reexportaciones a otros Estados miembros. Supone aproximadamente el 80% de las exportaciones del Reino Alauita. El resto se envía al Reino Unido, España y los Países Bajos.

– Turquía centra sus exportaciones en Rumanía y Bulgaria con un 67% de sus exportaciones. Otros mercados significativos son Polonia, Croacia y Países Bajos.

– A otro nivel inferior están Senegal y Túnez, pero se aprecia un aumento en su participación.

– La República de Macedonia e Israel son exportadores tradicionales a la U.E.

– Analizando su evolución se aprecia como Marruecos es el líder incuestionable y Turquía va perdiendo importancia. El precio de entrada preferencial del que disfruta Marruecos con su acuerdo con la Unión Europea y la reducción significativa de los derechos de aduana para el tomate fuera de cuota, representan dos ventajas comparativas importantes para el reino alauita que este ha sabido movilizar. La existencia de relaciones comerciales tradicionales con operadores franceses (y españoles más recientemente) es otro factor que explica esta divergencia de comportamiento entre ambos suministradores.

Exportaciones comunitarias

El cuadro 3 recoge los principales destinos de las exportaciones comunitarias de tomate.

Cuadro 3. Exportaciones de la Unión Europea a terceros países. Miles de Tm (2007-2013)
Table 3. Export from third countries to the European Union. Thousands of tons (2007-2013)

Países	2007	%	Países	2013	%
Rusia	96385	56,60	Rusia	229584	63,10
Suiza	19178	11,26	Bielorrusia	52884	14,53
Noruega	18887	11,09	Suiza	28238	7,76
Ucrania	9164	5,38	Noruega	23748	6,53
Bielorrusia	8228	4,83	Ucrania	12349	3,39
Estados Unidos	6507	3,82	Emiratos Árabes	3464	0,95
Albania	3010	1,77	Serbia	2597	0,71
Otros	9930	5,83	Otros	10995	3,02
Total	170286	100	Total	363859	100

Fuente: Elaboración propia a partir Eurostat.

Entre otras conclusiones cabría destacar las siguientes:

– Rusia era en el 2013 el principal mercado a la exportación, seguido de Bielorrusia. Estos dos países han incrementado notablemente sus compras en los años de estudio. Sus principales proveedores directos son Lituania y Polonia. La diferencia entre

ellos es que el primero no es productor y el segundo si lo es: exporta en verano y reexporta en invierno. Se comprende porque el embargo decretado por la Federación Rusa en relación a las frutas y hortalizas haya tenido un impacto directo tan importante en estos dos Estados. España y los Países Bajos también tienen significación como proveedores tanto para Rusia como Bielorrusia.

– Suiza y Noruega también son importadores tradicionales de tomate europeo. Sus proveedores son, en el caso de Suiza, Francia, España, Italia y los Países Bajos. Este último domina el mercado noruego.

Material y métodos

A partir de la realización de una tabla de transacciones comerciales intersectoriales entre los distintos Estados miembros en los años 2007 y 2013, se va a efectuar la explotación de la misma utilizando el análisis *input-output*.

Se parte de la tabla de transacciones comerciales que resume las relaciones entre los distintos países (x_{ij}). Las columnas presentan las importaciones (toneladas) y las filas las exportaciones (toneladas). La suma total de las importaciones intracomunitarias coincide con el de las exportaciones intracomunitarias como se puede apreciar en los cuadros cuadro 4 y 5. Los datos han sido obtenidos de Eurostat (Comisión Europea, 2014a) y de los informes del grupo europeo del tomate (Comisión Europea 2014b).

Una vez obtenida la tabla de transacciones comerciales se va a proceder a la obtención de la tabla de coeficientes técnicos. Los componentes de esta tabla representan el esfuerzo comercial directo que lleva a cabo el país i por unidad de consumo del país j. El valor de cada uno de los coeficientes técnicos sería:

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{c_{ij}} \quad [1]$$

Para la obtención de la matriz de coeficientes técnicos se necesita el consumo aparente (CA) de los distintos países que es igual a la producción (P) más las importaciones intracomunitarias (II) menos las exportaciones intracomunitarias (EI) más las importaciones extracomunitarias (IE) menos las exportaciones extracomunitarias (EE) tal y como se puede observar en el cuadro 6.

Las tablas de los coeficientes técnicos se reflejan en los cuadros 7 y 8.

A partir de la matriz de coeficientes técnicos se va a proceder a obtener la matriz tecnológica que es la diferencia entre la matriz identidad y la de coeficientes técnicos.

Con el resultado de la matriz se obtendrá la inversa de la misma. Esta matriz representa las relaciones directas e indirectas entre consumo y flujos comerciales de los países i y j. En este caso sus valores se observan en los cuadros 9 y 10.

Las distintas matrices logradas nos van a dar información sobre las relaciones directas e indirectas entre los Estados miembros.

A través de la matriz de transacciones se van a obtener las relaciones directas, y se van a utilizar dos aplicaciones clásicas del análisis *input-output*, los coeficientes de Streit (1969) y de Chenery-Watanabe (1958).

El coeficiente de Streit mide las relaciones comerciales entre dos países. Y se consigue al ponderar las ligazones directas de un país hacia atrás (importaciones) y las ligazones directas hacia adelante (exportaciones) de los países i y j.

Las ligazones hacia atrás de un Estado j con respecto a otro i nos viene dada por la razón entre las importaciones que j hace de i y el volumen de importaciones totales j.

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} x_{ij}} \quad [2]$$

Cuadro 4. Transacciones comerciales de tomate. Miles de Tm. (2007)
Table 4. Tomato business transactions. Thousands of tons. (2007)

	Países Bajos	España	Francia	Bélgica	Italia	Alemania	Portugal	Polonia	Grecia	Reino Unido	Resto U.E.
Países Bajos	0	7049	28488	22742	30278	376111	149	14499	3154	174265	173305
España	138203	0	128124	21177	24931	158701	29180	44742	7	159568	109599
Francia	6311	3716	0	22508	16189	49390	449	5308	571	8555	16172
Bélgica	21472	2701	44924	0	2102	60145	25	2005	3333	6123	10527
Italia	3759	210	8622	739	0	50398	7	2004	1674	14302	31319
Alemania	14239	36	3855	0	6977	0	2801	7756	3678	16187	30254
Portugal	0	205201	1341	0	160	7	0	0	0	1342	66
Polonia	1210	546	2862	306	996	1768	0	0	2050	26832	37849
Grecia	33	0	16	0	0	437	0	288	0	1613	1747
Reino Unido	1595	474	747	0	0	338	0	32	0	0	5047
Resto U.E.	1038	94	359	1380	292	5044	0	796	312	1356	**0**

Fuente: Elaboración propia a partir Eurostat.

Cuadro 5. Transacciones comerciales de tomate. Miles de Tm. (2013)
Table 5. Tomato business transactions. Thousands of tons. (2013)

	Países Bajos	España	Francia	Bélgica	Italia	Alemania	Portugal	Polonia	Grecia	Reino Unido	Resto U.E.
Países Bajos	0	14195	33206	39547	46763	415675	104	33665	154	176984	273235
España	118008	0	150798	16385	37233	169804	32255	57324	16	143183	130053
Francia	19488	5558	0	29545	20100	68153	626	16739	0	12319	30139
Bélgica	24372	2289	57325	0	5395	47936	0	1306	689	7081	17081
Italia	1759	695	6397	1401	0	35896	0	4141	1175	9759	43478
Alemania	4867	900	4670	5105	7804	0	1141	17888	1608	18296	34469
Portugal	216	58902	1883	118	411	0	0	599	0	2736	107
Polonia	524	4219	915	110	1057	2441	83	0	501	5806	13160
Grecia	0	28	0	0	0	183	0	48	0	0	17803
Reino Unido	2387	1451	913	72	0	131	1	22	0	0	9785
Resto U.E.	2725	179	158	535	247	4405	1	741	363	1117	0

Fuente: Elaboración propia a partir Eurostat.

Cuadro 6. Consumo aparente de cada Estado miembro (Tm)
Table 6. Apparent consumption of each member State (Tm)

	Producción (P)		Importaciones Intracomunitaria (II)		Exportaciones Intracomunitarias (IE)		Importaciones Extracomunitarias (IE)		Exportaciones Extracomunitarias (EE)		Consumo Aparente (CA)	
	2013	2007	2013	2007	2013	2007	2013	2007	2013	2007	2013	2007
Países Bajos	855000	685000	174346	187860	950840	793633	22899	15418	65218	54529	36187	40116
España	2126800	2274000	88416	220027	959630	859733	22298	25734	57056	23605	1220828	1636423
Francia	634600	587000	256265	219338	217807	155658	301279	274218	11953	11584	962384	913314
Bélgica	249800	222600	92818	68852	210488	175871	1977	3763	23920	26345	110187	92999
Italia	840900	1245700	119010	81925	99410	105854	1695	2973	8909	6479	853286	1218265
Alemania	69300	62600	744624	702339	22600	38314	1811	2486	1149	1606	791986	727505
Portugal	189800	182000	34211	32611	97498	181585	590	0	67	68	127036	32958
Polonia	131900	75300	132473	77430	25652	67412	2568	3628	79224	14381	162065	74565
Grecia	614700	809300	4506	14779	18059	1982	3732	7933	1940	2479	602939	827551
Reino Unido	105000	85600	377281	410143	2280	4281	43403	11050	1388	315	522016	502197
Resto U.E.	879900	733700	569310	415885	42974	49845	38939	129659	113035	28895	1332140	1200504
Total	6697700	6962800	2593260	2431189	2647238	2434168	441191	476862	363859	170286	6721054	7266397

Fuente: FAO, Eurostat.

Cuadro 7. Coeficientes técnicos de las transaciones comerciales (2007)
Table 7. Technical coefficients of business transactions (2007)

	Países Bajos	España	Francia	Bélgica	Italia	Alemania	Portugal	Polonia	Grecia	Reino Unido	Resto U.E.
Países Bajos	0,0000	0,0043	0,0312	0,2445	0,0249	0,5170	0,0045	0,1944	0,0038	0,3470	0,1444
España	3,4451	0,0000	0,1403	0,2277	0,0205	0,2181	0,8854	0,6000	0,0000	0,3177	0,0913
Francia	0,1573	0,0023	0,0000	0,2420	0,0133	0,0679	0,0136	0,0712	0,0007	0,0170	0,0135
Bélgica	0,5352	0,0017	0,0492	0,0000	0,0017	0,0827	0,0008	0,0269	0,0040	0,0122	0,0088
Italia	0,0937	0,0001	0,0094	0,0079	0,0000	0,0693	0,0002	0,0269	0,0020	0,0285	0,0261
Alemania	0,3549	0,0000	0,0042	0,0000	0,0057	0,0000	0,0850	0,1040	0,0044	0,0322	0,0252
Portugal	0,0000	0,1254	0,0015	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0027	0,0001
Polonia	0,0302	0,0003	0,0031	0,0033	0,0008	0,0024	0,0000	0,0000	0,0025	0,0534	0,0315
Grecia	0,0008	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0006	0,0000	0,0039	0,0000	0,0032	0,0015
Reino Unido	0,0398	0,0003	0,0008	0,0000	0,0000	0,0005	0,0000	0,0004	0,0000	0,0000	0,0042
Resto U.E.	0,0259	0,0001	0,0004	0,0148	0,0002	0,0069	0,0000	0,0107	0,0004	0,0027	0,0000

Cuadro 8. Coeficientes técnicos de las transaciones comerciales (2013)
Table 8. Technical coefficients of business transactions (2013)

	Países Bajos	España	Francia	Bélgica	Italia	Alemania	Portugal	Polonia	Grecia	Reino Unido	Resto U.E.
Países Bajos	0,0000	0,0116	0,0345	0,3589	0,0548	0,5249	0,0008	0,2077	0,0003	0,3390	0,2051
España	3,2611	0,0000	0,1567	0,1487	0,0436	0,2144	0,2539	0,3537	0,0000	0,2743	0,0976
Francia	0,5385	0,0046	0,0000	0,2681	0,0236	0,0861	0,0049	0,1033	0,0000	0,0236	0,0226
Bélgica	0,6735	0,0019	0,0596	0,0000	0,0063	0,0605	0,0000	0,0081	0,0011	0,0136	0,0128
Italia	0,0486	0,0006	0,0066	0,0127	0,0000	0,0453	0,0000	0,0256	0,0019	0,0187	0,0326
Alemania	0,1345	0,0007	0,0049	0,0463	0,0091	0,0000	0,0090	0,1104	0,0027	0,0350	0,0259
Portugal	0,0060	0,0482	0,0020	0,0011	0,0005	0,0000	0,0000	0,0037	0,0000	0,0052	0,0001
Polonia	0,0145	0,0035	0,0010	0,0010	0,0012	0,0031	0,0007	0,0000	0,0008	0,0111	0,0099
Grecia	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0003	0,0000	0,0000	0,0134
Reino Unido	0,0660	0,0012	0,0009	0,0007	0,0000	0,0002	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0073
Resto UE	0,0753	0,0001	0,0002	0,0049	0,0003	0,0056	0,0000	0,0046	0,0006	0,0021	0,0000

Cuadro 9. Cálculo de la Matriz Inversa de Leontief (2007)
Table 9. Leontief´s inverse matrix calculating (2007)

	Países Bajos	España	Francia	Bélgica	Italia	Alemania	Portugal	Polonia	Grecia	Reino Unido	Resto U.E.
Países Bajos	1,7231	0,0225	0,0860	0,4537	0,0511	0,9462	0,1097	0,4702	0,0140	0,6703	0,299
España	7,2938	1,2255	0,5433	2,2259	0,2448	4,2939	1,4920	2,7220	0,0640	3,2556	1,406
Francia	0,6065	0,0141	1,0442	0,4072	0,0326	0,4251	0,0659	0,2583	0,0073	0,2666	0,127
Bélgica	1,0268	0,0167	0,1021	1,2838	0,0335	0,6522	0,0772	0,3225	0,0130	0,4190	0,192
Italia	0,2309	0,0041	0,0222	0,0721	1,0075	0,1983	0,0221	0,0994	0,0044	0,1233	0,070
Alemania	0,7045	0,0214	0,0420	0,1908	0,0271	1,3913	0,1411	0,3052	0,0105	0,3170	0,153
Portugal	0,9157	0,1537	0,0697	0,2798	0,0309	0,5392	1,1872	0,3418	0,0080	0,4114	0,177
Polonia	0,0675	0,0013	0,0069	0,0225	0,0029	0,0406	0,0051	1,0198	0,0031	0,0803	0,044
Grecia	0,0024	0,0000	0,0002	0,0007	0,0001	0,0020	0,0002	0,0046	1,0000	0,0044	0,002
Reino Unido	0,0718	0,0013	0,0045	0,0193	0,0022	0,0401	0,0049	0,0204	0,0006	1,0281	0,017
Resto U.E.	0,0663	0,0011	0,0046	0,0327	0,0023	0,0448	0,0051	0,0303	0,0010	0,0297	1,012

Cuadro 10. Cálculo de la Matriz Inversa de Leontief (2013)
Table 10. Leontief´s inverse matrix calculating (2013)

	Países Bajos	España	Francia	Bélgica	Italia	Alemania	Portugal	Polonia	Grecia	Reino Unido	Resto U.E.
Países Bajos	1,9387	0,0293	0,1260	0,7894	0,1263	1,0925	0,0198	0,5585	0,0053	0,7270	0,457
España	7,0214	1,1219	0,6308	3,0707	0,5102	4,2069	0,3331	2,4324	0,0206	2,9344	1,775
Francia	1,5104	0,0289	1,1166	0,8947	0,1256	0,9588	0,0231	0,5575	0,0049	0,6016	0,389
Bélgica	1,4360	0,0241	0,1549	1,6050	0,1022	0,8774	0,0162	0,4370	0,0053	0,5573	0,355
Italia	0,1521	0,0031	0,0180	0,0794	1,0107	0,1333	0,0023	0,0761	0,0026	0,0785	0,071
Alemania	0,3599	0,0072	0,0317	0,1960	0,0334	1,2079	0,0133	0,2169	0,0039	0,1731	0,114
Portugal	0,3559	0,0544	0,0336	0,1568	0,0263	0,2129	1,0163	0,1263	0,0010	0,1534	0,090
Polonia	0,0598	0,0045	0,0056	0,0266	0,0054	0,0380	0,0022	1,0193	0,0010	0,0348	0,025
Grecia	0,0024	0,0001	0,0002	0,0010	0,0002	0,0016	0,0000	0,0011	1,0000	0,0009	0,014
Reino Unido	0,1398	0,0033	0,0103	0,0582	0,0092	0,0795	0,0018	0,0411	0,0004	1,0529	0,040
Resto U.E.	0,1569	0,0026	0,0107	0,0692	0,0106	0,0944	0,0017	0,0506	0,0011	0,0614	1,037

Las ligazones hacia delante de i con j nos vendrán dados igualmente por el volumen de exportaciones de i a j y las exportaciones totales de i.

$$q_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^{n} x_{ij}} \quad [3]$$

A partir de estos valores se consigue el coeficiente de Streit, que es igual a la media ponderada de los cuatro coeficientes anteriores.

$$ST_{ij} = ST_{ji} = \frac{1}{4}\left(\frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^{n} x_{ij}} + \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} x_{ij}} + \frac{x_{ji}}{\sum_{j=1}^{n} x_{ij}} + \frac{x_{ji}}{\sum_{i=1}^{n} x_{ij}}\right) \quad [4]$$

El resultado debe de interpretarse como un valor promedio que nos indica el peso que tienen las transacciones directas entre dos Estados cualesquiera con respecto a las importaciones y exportaciones intracomunitarias del sistema. Una vez obtenidos los valores se podrá llevar a cabo una jerarquización de las relaciones entre los países estudiados.

Para elaborar una jerarquización de la capacidad de arrastre por países individualizado se van a usar los coeficientes de Chenery-Watanabe, que se definen de la siguiente manera:

– Eslabonamientos anteriores o ligazones de las importaciones. Miden la capacidad de un país de arrastrar directamente a otros ligados a él, por su importación de tomates y, estimulando, a su vez, la actividad de tales Estados:

$$P_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_{ij}}{x_j} (j = 1,2, \ldots, n) \quad [5]$$

– Eslabonamientos posteriores o ligazones de las exportaciones. Miden la capacidad de un Estado de estimular el consumo a otros, en virtud de su capacidad de exportar:

$$Q_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} x_{ij}}{x_i} (i = 1,2, \ldots, n) \quad [6]$$

Los coeficientes de Chenery-Watanabe presentan unas limitaciones importantes (Jahangard y Keshtvarz, 2012):

a) Utilizan los coeficientes directos de la matriz de transacciones sin tener en cuenta los efectos indirectos.

b) Los coeficientes obtenidos representan medidas sin consideración alguna de sus desviaciones.

c) Estos índices no son ponderados.

La matriz inversa nos da información sobre el grado de interdependencia de los componentes del sistema y calcula los efectos totales (directos e indirectos) de un Estado con respecto a los otros. A partir de esta matriz se van a obtener los siguientes coeficientes: interno, de absorción, de difusión y Rasmussem. De esta manera se analiza si hay algún Estado clave tomando en consideración los efectos totales.

Los coeficientes internos corresponden a los valores de la diagonal principal de la matriz inversa y representan el esfuerzo total que debe de realizar un país ante el incremento en una unidad de su demanda final.

Los coeficientes de efectos difusión y absorción se pueden definir como:

El primero señala el efecto final sobre todos los países de un incremento de una unidad en la demanda final del país *j*.

$$ED_j = \sum_{i=1}^{n} A_{ij} \quad [7]$$

El segundo define el efecto final sobre un país *i* cuando se produce un incremento de una unidad en la demanda final de todos los países.

$$EA_i = \sum_{j=1}^{n} A_{ij} \quad [8]$$

Reformulando los efectos difusión y absorción, se obtienen los coeficientes de Rasmussen denominados de poder y sensibilidad de dispersión. Estos coeficientes se utilizan para diferenciar las características de las ramas en función de sus efectos de arrastres. Y mejoran a los de Chenery Watanabe en los tres aspectos que eran limitantes para estos.

El coeficiente de poder de dispersión (u_j) describe la extensión relativa sobre la que un aumento de la demanda final de tomate del país *j* se dispersa a través del sistema de países de la U.E. En otras palabras, es la extensión o alcance que una expansión de un país *j* provoca sobre el sistema. Su expresión matemática es la siguiente:

$$u_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{A_{ij}}{n}}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \frac{A_{ij}}{n^2}} \quad [9]$$

Donde el numerador es la proporción del multiplicador de la producción por país (no ponderado), y el denominador, la media global (promedio de las medias de países) que sirve para normalizar los resultados y facilitar las comparaciones entre los países.

Si $u_j > 1$, significa que los requisitos de importaciones intermedias generados por un aumento unitario de la demanda final del país *j-ésimo* son mayores para este país que para la media de la economía y, por lo tanto, se trata de un país con un fuerte poder relativo de arrastre hacia atrás sobre el sistema productivo.

El coeficiente de sensibilidad de dispersión (u_i) expresa la extensión o medida en que el sistema de países pesa sobre el país i. En otros términos, es la medida en que el país *i* es afectado por una expansión en el sistema.

$$u_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} \frac{A_{ij}}{n}}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \frac{A_{ij}}{n^2}} \quad [10]$$

Donde el numerador es la proporción del multiplicador de una expansión uniforme de la demanda por el país (no ponderado), y el denominador, la media global.

$u_i > 1$ indica que el país *i-ésimo* expande sus exportaciones intermedias en mayor proporción que la media del sistema cuando la demanda final de todos los países aumenta en una unidad, y que, por lo tanto, se trata de un país con un fuerte efecto de arrastre hacia delante.

Los índices calculados hasta ahora son promedios y, por tanto sensibles a los valores extremos. Los efectos pueden estar concentrados en muy pocos países que dependen en gran medida de otros. Parece, sin embargo, razonable seleccionar como país clave aquellos cuyos efectos se reflejan en muchos países, porque sus efectos se difundirán en mayor medida en el sistema.

Para medir la mayor a menor concentración de los efectos de arrastre se calculan los siguientes índices de dispersión, que recogen los coeficientes de variación (desviación estándar con respecto a la media):

$$v_j = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_i (z_{ij} - \frac{1}{n}\sum_i z_{ij})^2}}{\frac{1}{n}\sum_i z_{ij}} \quad [11]$$

$$v_i = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_j (z_{ij} - \frac{1}{n}\sum_j z_{ij})^2}}{\frac{1}{n}\sum_j z_{ij}} \quad [12]$$

A partir de los coeficientes de Rasmussen y sus respectivos coeficientes de dispersión se puede realizar la siguiente clasificación:

- **Claves** ($u_j > 1$ y $u_i > 1$; vi y v_j son bajas). Cuando el efecto de arrastre es superior a la media tanto de un país cualquiera sobre otros países, como de otros países sobre él.
- **Estratégico** ($u_j < 1$ y $u_i > 1$; v_i bajo). Cuando el efecto de arrastre es inferior a la media de un país cualquiera sobre otros países, pero mayor a ésta, en el efecto de otros países sobre él. La denominación de "estratégicos" apunta al hecho de que son países que pueden constituir posibles estrangulamientos del sistema económico.
- **Impulsor de la economía** ($u_j > 1$ y $u_i < 1$; v_j bajo). Cuando el efecto de arrastre es superior a la media de un país cualquiera sobre otros países, pero inferior a ésta, en el efecto de otros países sobre él. Es decir, produce efectos mayores sobre la economía que los efectos que se centran en él.

– **Independiente** (u_j <1 y u_i <1). Países para las cuales ambos índices son menores a la media. Son países poco importantes, dado que no provocan efectos de arrastre significativos en el sistema económico, ni reaccionan en forma importante ante el efecto de arrastre provocado por variaciones en la demanda de otros países.

Resultados

De acuerdo con el cuadro 11, entre los coeficientes de Streit de 2007 y 2013 sobresalen los valores obtenidos por las ligazones entre España-Portugal, lo que indica que existe un verdadero mercado peninsular del tomate.

En el resto de las relaciones, son relevantes las que mantienen los Países Bajos con Alemania, España, el Reino Unido y el resto de los países de la U.E. aunque hayan reducido sus valores en los años de estudio. También destaca la relación Bélgica con Francia.

La relación entre Grecia con el resto de los Países de la U.E. ha pasado a tener una importancia significativa en 2013, ocupando el segundo lugar de los coeficientes de Street.

De acuerdo con el cuadro 12 individualizando la jerarquización por Estados miembros, y utilizando los coeficientes de Chenery-Watanabe, se observa como los Países Bajos se erigen como el Estado miembro con mayores ligazones de importaciones y de exportaciones. Tienen un papel fundamental en el comercio intracomunitario como re-expedidor de frutas y hortalizas al resto de la U.E. (Mellens *et al.*, 2007). El comercio de frutas y hortalizas de este país se centraliza en la empresa The Geenery B.V. Esta inició su andadura en el año 1996 cuando nueve Veiling (subastas con forma jurídica de cooperativas) decidieron unir sus fuerzas con la Oficina Central de Subastas Hortícolas (CBT). La fusión fue impulsada principalmente por el rápido aumento de la escala en el lado de la demanda. Por otra parte el modelo de subasta fue reemplazado por una organización de marketing y ventas con los departamentos auxiliares, entre otras aéreas, de logística, calidad y medio ambiente.

A fin de obtener una tipología de los países en función de los coeficientes de Chenery-Watanabe, reflejados en el cuadro 13, se obtienen los valores de q y p en relación al promedio del sistema. En este caso los valores son 0,3333 para 2007 y 0,3858 para 2013.

Los Países Bajos, Bélgica, Polonia, Portugal y Francia son claves, en cuanto a sus efectos directos, en el comercio intracomunitario. Tienen un fuerte arrastre tanto en sus exportaciones como importaciones y son fundamentales para enfocar en ellas las presiones de desarrollo, por su mayor capacidad de estimular a otros países.

Los Países Bajos y Bélgica son tradicionales re-exportadores en la U.E., no así Portugal y Polonia. Éste último si actúa como re-exportador pero fuera de la UE, y en concreto a la Federación de Rusia.

España y Alemania en 2007 eran claves pero en el año 2013 pasan a ser considerados como Estado con fuerte arrastre el primero (q elevado y p bajo) y Estado base (q bajo y p alto) el segundo.

El resto de la UE y el Reino Unido son Estados base por sus arrastres hacia atrás (importaciones) en los dos años estudiados. Italia y Grecia, en esos años son Estados independientes (q y p bajos).

Los Países Bajos presentan los valores mayores de los coeficientes internos en los años de estudio, con Bélgica en el 2013 ocupando el segundo lugar, como se refleja en el cuadro 14.

Al analizar los coeficientes de difusión se aprecia como Países Bajos, Alemania, Bélgica, Reino Unido, y Polonia tienen los valores más significativos. La mayoría ha incrementado

Cuadro 11. Jerarquización en función del coeficiente de Streit
Table 11. Streit coefficients hierarchical

Relaciones	2007	Relaciones	2013
España-Portugal	0,7123	España-Portugal	0,6401
Países Bajos-España	0,3085	Grecia-Resto U.E.	0,2831
Países Bajos-Alemania	0,3076	Países Bajos-Alemania	0,2597
Italia-Resto U.E.	0,2653	Francia-Bélgica	0,2596
Francia-Bélgica	0,2497	Países Bajos-España	0,2473
Alemania-Resto U.E.	0,2263	Países Bajos-Resto U.E.	0,2270
Países Bajos-Reino Unido	0,2093	España-Francia	0,2138
España-Francia	0,1968	Alemania-Resto U.E.	0,2109
Reino Unido-Resto U.E.	0,1889	Países Bajos-Reino Unido	0,2039
Países Bajos-Resto U.E.	0,1821	Reino Unido-Resto U.E.	0,1975
Polonia-Resto U.E.	0,1711	Países Bajos-Bélgica	0,1883
Italia-Alemania	0,1711	España-Polonia	0,1735
España-Reino Unido	0,1612	España-Reino Unido	0,1654
España-Polonia	0,1606	Polonia-Resto U.E.	0,1391
Países Bajos-Bélgica	0,1530	Italia-Alemania	0,1343
Francia-Alemania	0,1288	Italia-Resto U.E.	0,1294
Bélgica-Alemania	0,1195	Francia-Alemania	0,1236
Grecia-Resto U.E.	0,1193	Bélgica-Alemania	0,1164
Países Bajos-Italia	0,1149	Países Bajos-Italia	0,1162
Bélgica-Grecia	0,1106	España-Alemania	0,1115
Francia-Italia	0,1096	Alemania-Polonia	0,1020
Polonia-Reino Unido	0,1076	España-Resto U.E.	0,0999
España-Alemania	0,1054	Alemania-Grecia	0,0960
España-Resto U.E.	0,1018	España-Italia	0,0927
Alemania-Grecia	0,0995	Países Bajos-Francia	0,0924
Grecia-Reino Unido	0,0985	Francia-Italia	0,0886
España-Bélgica	0,0909	Países Bajos-Polonia	0,0770
España-Italia	0,0845	Italia-Grecia	0,0685
Alemania-Reino Unido	0,0675	Alemania-Reino Unido	0,0617
Países Bajos-Francia	0,0617	Francia-Polonia	0,0611

Cuadro 11. Jerarquización en función del coeficiente de Streit (continuación)
Table 11. Streit coefficients hierarchical (continuation)

Relaciones	2007	Relaciones	2013
Bélgica-Resto U.E.	0,0608	España-Bélgica	0,0589
Polonia-Grecia	0,0599	Polonia-Reino Unido	0,0547
Países Bajos-Polonia	0,0569	Francia-Resto U.E.	0,0543
Países Bajos-Grecia	0,0564	Bélgica-Resto U.E.	0,0479
Alemania-Polonia	0,0542	Francia-Reino Unido	0,0397
Francia-Resto U.E.	0,0498	Bélgica-Grecia	0,0393
Francia-Reino Unido	0,0453	Polonia-Grecia	0,0329
Italia-Reino Unido	0,0404	Italia-Reino Unido	0,0298
Francia-Polonia	0,0403	Italia-Polonia	0,0291
Italia-Grecia	0,0320	Bélgica-Italia	0,0267
Alemania-Portugal	0,0297	Portugal-Polonia	0,0203
Italia-Polonia	0,0173	Bélgica-Reino Unido	0,0170
Bélgica-Italia	0,0142	Francia-Portugal	0,0144
Bélgica-Reino Unido	0,0137	Portugal-Reino Unido	0,0124
Bélgica-Polonia	0,0119	Alemania-Portugal	0,0116
Francia-Grecia	0,0118	Países Bajos-Grecia	0,0086
Francia-Portugal	0,0075	Bélgica-Polonia	0,0057
Portugal-Reino Unido	0,0024	Italia-Portugal	0,0025
Países Bajos-Portugal	0,0012	Países Bajos-Portugal	0,0019
Italia-Portugal	0,0008	España-Grecia	0,0014
Bélgica-Portugal	0,0003	Bélgica-Portugal	0,0008
España-Grecia	0,0001	Portugal-Resto U.E.	0,0005
Portugal-Resto U.E.	0,0001	Francia-Grecia	0,0000
Portugal-Polonia	0,0000	Portugal-Grecia	0,0000
Portugal-Grecia	0,0000	Grecia-Reino Unido	0,0000

sus valores en los años de estudio. En el caso de los Países Bajos y Alemania, un aumento de una unidad en su demanda intermedia motivado por un aumento en el consumo aparente traerá como consecuencia un aumento de su demanda final de un 12,70 y 8,57 veces por unidad respectivamente al que lo originó. Y el Estado miembro más beneficiado sería en ambos casos España con un aumento de un 702,14% y un 429, 24 % respectivamente.

Cuadro 12. Jerarquización en función de los coeficientes de Chenery-Watanabe
Table 12. Chenery-Watanabe´s coefficients hierarchical

	P_j				Q_i			
	2007		2013		2007		2013	
Países Bajos	4,6829	Países Bajos	4,8179	Países Bajos	20,6910	Países Bajos	28,5608
Polonia	1,0384	Alemania	0,9402	Portugal	6,3146	Bélgica	1,4836
Portugal	0,9895	Bélgica	0,8424	Bélgica	1,6490	España	0,7004
Alemania	0,9654	Polonia	0,8174	Polonia	0,9980	Portugal	0,5114
Reino Unido	0,8167	Reino Unido	0,7227	España	0,4976	Francia	0,2106
Bélgica	0,7404	Resto U.E.	0,4274	Francia	0,1414	Polonia	0,1778
Resto U.E.	0,3464	Portugal	0,2693	Alemania	0,1179	Italia	0,1227
Francia	0,2402	Francia	0,2663	Italia	0,0928	Alemania	0,1222
España	0,1345	Italia	0,1395	Reino Unido	0,0164	Grecia	0,0300
Italia	0,0672	España	0,0724	Grecia	0,0089	Reino Unido	0,0283
Grecia	0,0179	Grecia	0,0075	Resto U.E.	0,0079	Resto U.E.	0,0079

Fuente: Elaboración propia a partir de los cuadros 7 y 8.

Observando los coeficiente de Rasmussen que vienen en el cuadro 15, se aprecia como en los valores de los coeficientes de absorción (u_i) sobresale España, seguido de Francia, Países Bajos y Bélgica. Portugal en los años de estudio ha sufrido un descenso significativo.

Tanto en 2007 como en 2013, el valor mayor del coeficiente de absorción lo tienen los Países Bajos y España respecto al coeficiente de poder de difusión.

A partir de los valores de los coeficientes de Rasmussen y sus correspondientes índices de dispersión se puede realizar una jerarquización de los Estados en función de: claves, estratégicos, impulsores de la economía e independientes como se puede observar en el cuadro 16.

De acuerdo con los resultados se consideran claves a los Países Bajos tanto en el año 2007 como en el 2013, no así Bélgica que sólo tiene este calificativo en 2013.

España se caracteriza como estado estratégico en los años de estudio y Francia solamente en 2013.

Alemania, Polonia, Reino Unido y Bélgica se conceptúan como impulsores del sistema en 2007, y en 2013 permanecen los mismos salvó Bélgica.

Francia, Italia, Portugal, Grecia y el resto de países de la U.E. son Estados independientes en 2007. En 2013 permanecen los mismos con la excepción de Francia.

Discusión

El concepto de "país clave", definido según los coeficientes de Rasmussen, nos permite definir los actores más dinámicos e importantes desde la perspectiva del desarrollo económico. Llama la atención que, en contra de lo que intuitivamente podría parecer

Cuadro 13. Clasificación en función de los coeficientes de Chenery Watanabe
Table 13. Chenery-Watanabe´s coefficients classification

P y q elevados		Q elevado y p bajo	
Estados claves		Estados con fuerte arrastre	
2007	2013	2007	2013
Países Bajos	Países Bajos		España
Bélgica	Bélgica		
Polonia	Polonia		
Portugal	Portugal		
Francia	Francia		
Alemania			
España			
Q bajo y p elevado		Q bajo y p bajo	
Estado Base		Estados independientes	
2007	2013	2007	2013
Reino Unido	Reino Unido	Italia	Italia
Resto U.E.	Resto U.E.	Grecia	Grecia
	Alemania		

Cuadro 14. Coeficientes internos de absorción y difusión
Table 14. Absorption and diffusion internal coefficients

País	Interno		Difusión		Absorción	
	2007	2013	2007	2013	2007	2013
Países Bajos	1,72267	1,93870	12,7055	13,1333	4,8370	5,8697
España	1,22545	1,12189	1,4617	1,2794	24,7260	24,0571
Francia	1,04419	1,11663	1,9252	2,1385	3,2514	6,2104
Bélgica	1,28364	1,60500	4,9866	6,9471	4,1329	5,5709
Italia	1,00747	1,01073	1,4348	1,9601	1,8519	1,6269
Alemania	1,39118	1,20790	8,5710	8,9033	3,2991	2,3570
Portugal	1,18719	1,01627	3,1103	1,4298	4,1089	2,2268
Polonia	1,01981	1,01926	5,5927	5,5167	1,2925	1,2219
Grecia	1,00003	1,00002	1,1260	1,0461	1,0166	1,0215
Reino Unido	1,02811	1,05286	6,6040	6,3752	1,2093	1,4369
Resto U.E.	1,01200	1,03731	3,4377	4,3659	1,2299	1,4965

Cuadro 15. Coeficientes de Rasmussem e índices de dispersión
Table 15. Rasmussem´s coefficients.and dispersion indexes

	Coeficientes de Ramussem				Índices de Dispersión			
	Poder de dispersión (u_j)		Sensibilidad de dispersión (u_i)		Difusión (v_j)		Absorción (v_i)	
	2007	2013	2007	2013	2007	2013	2007	2013
Países Bajos	2,7428	2,7209	1,0442	1,2160	0,5511	1,4294	0,0140	0,0683
España	0,3155	0,2651	5,3377	4,9840	0,2164	0,2607	1,3717	1,2599
Francia	0,4156	0,4430	0,7019	1,2866	0,1848	0,1497	0,0943	0,0906
Bélgica	1,0765	1,4393	0,8922	1,1541	0,0242	0,0931	0,0341	0,0487
Italia	0,3097	0,4061	0,3998	0,3370	0,2183	0,1703	0,1898	0,2096
Alemania	1,8503	1,8445	0,7122	0,4883	0,2689	0,3443	0,0910	0,1618
Portugal	0,6714	0,2962	0,8870	0,4613	0,1039	0,2391	0,0357	0,1703
Polonia	1,2073	1,1429	0,2790	0,2532	0,0656	0,0099	0,2280	0,2362
Grecia	0,2431	0,2167	0,2195	0,2116	0,2394	0,2961	0,2468	0,2493
Reino Unido	1,4256	1,3208	0,2611	0,2977	0,1346	0,0497	0,2337	0,2221
Resto U.E.	0,7421	0,9045	0,2655	0,3100	0,0815	0,0044	0,2323	0,2182

Cuadro 16. Clasificación en función de los coeficientes de Rasmussen e índices de dispersión
Table 16. Rasmussem´s coefficients.and dispersion indexes classification

	2007			2013	
	$u_j > 1$	$u_j < 1$		$u_j > 1$	$u_j < 1$
$u_i > 1$	Países Bajos	España	$u_i > 1$	Países Bajos Bélgica	España Francia
$u_j < 1$	Bélgica Alemania Polonia Reino Unido	Francia Italia Portugal Grecia Resto U.E.	$u_j < 1$	Alemania Polonia Reino Unido	Italia Portugal Grecia Resto U.E.

como más lógico, los dos Estados miembros que se han identificado como "claves" no son los principales productores de tomate, incluso segregando las estadísticas del tomate para industria de las del tomate en fresco.

Tanto los Países Bajos como Bélgica centran su estrategia comercial en la re-exportación de tomate a otros Estados miembros y países terceros, lo cual no es contradictorio con el aumento de la producción nacional. Ambos pro-

cesos se han se ha intensificado en los últimos años, sobre todo en el caso del primero que es en la actualidad el principal exportador.

Ambos estados han centrado su estrategia en el mercado y en una mejora en su organización comercial. Ejemplo de esa estrategia y mejora fue la eliminación del sistema de subastas a la baja (auctions) en origen (veiling) que estaban siendo poco eficientes en los Países Bajos (Aramyan *et al.*, 2006). Se han reconvertido en la actual "The Greenery"[1], la mayor cooperativa y organización de productores (OP) de frutas y hortalizas de la U.E.

Las empresas agrarias de los Países Bajos han centrado su estrategia en productos de calidad (Cantliffe y Vansickle, 2012), en la innovación (Belussi y Sedita, 2008), la tecnología (Diederen *et al.*, 2003) y en el abastecimiento durante todo el año de sus clientes, lo que es esencial hoy en día para la gran distribución. Ese abastecimiento continuo se logra por medio de compras a otros Estados miembros y terceros países. En este sentido, la disposición prevista en la actual reglamentación comunitaria para no considerar como volúmenes comprados a terceros, los adquiridos por una OP europea a otra OP europea a efectos del mantenimiento de su reconocimiento, está diseñada para facilitar esta estrategia.

La trayectoria de España, segundo exportador de la U.E., no ha ido en el mismo sentido. El principal productor europeo de tomate para consumo en fresco, el suministrador clave en los meses de invierno, no es Estado "clave" en el comercio intracomunitario. Los datos nos cuentan que sólo tiene fuertes arrastres hacia adelante y no resulta Estado clave en los años de estudio. Se considera como un Estado estratégico y apunta al hecho de que pueden constituir posibles estrangulamientos del sistema económico, sobre todo teniendo en cuenta que las zonas productoras son más proclives a crisis de mercado (Gaetano y Cioffi, 2012).

A mediados de la década pasada, España era el líder indiscutible en el mercado intracomunitario (De Pablo Valenciano y Pérez Mesas, 2004). La dotación de factores (clima, mano de obra, etc.) ya no es tan diferencial.

Por un lado, los terceros países de la Cuenca del Mediterráneo (y, en primer lugar Marruecos) tienen algunas ventajas comparativas, sobre todo en el coste de la mano de obra. Pero esto no explica el por qué las dinámicas de producción son divergentes entre España (a la baja) y los Países Bajos (a la alza).

España no ha sido capaz de aprovechar las posibilidades de re-exportar de productos procedentes de Marruecos, como había hecho Francia (mercado de Perpiñán) y Países Bajos con España. Ha habido que esperar al año 2015 para ver a la primera empresa española, CASI, aliarse con la holandesa Norfresh para cerrar un ciclo de 12 meses[2] y así poder alcanzar la figura de "responsable de compra" de cara a las grandes cadenas de distribución.

A esto se le añade una mala organización comercial que se inicia con el perpetuo problema de la atomización y el mantenimiento con gran importancia de modelos de comercialización pasiva (alhóndigas) frente a modelos comerciales más dinámicos.

Alemania, Polonia, Reino Unido se comportan como Estados impulsores (o motores) con una fuerte eslabonamiento hacia atrás y débil hacia adelante. Hay que tener en cuenta que estamos realizando el análisis intracomunitario, razón por la cual Polonia tiene unos débiles

1. http://en.thegreenery.com/home. Date 10/09/2015.

2. https://joseantonioarcos.wordpress.com/2015/04/03/casi-se-alia-con-la-holandesa-norfresh-para-cerrar-un-ciclo-de-12-meses/. Date 10/09/2015.

encadenamientos hacia adelante. Si se hubiera considerado el comercio extracomunitario, se apreciaría la importancia que tienen sus exportaciones a Rusia.

Portugal, Grecia y resto de la U.E no tienen relaciones intensas con otros Estados miembros y, por tanto, se consideran independientes.

Conclusiones

Como se ha visto al principio de este artículo, las expediciones comunitarias, tanto en su vertiente de exportaciones como de importaciones, tiene mucha más importancia que las exportaciones e importaciones de países terceros. Los encadenamientos entre los Estados miembros son, por lo tanto, muy intensos. El análisis *input-output* nos permite estudiar las ligazones entre los miembros de un sistema (la Unión Europea) para un producto determinado (tomate).

En primer lugar por medio de la matriz de coeficientes se ha analizado los efectos directos que producen esas ligazones en el sistema. Se observa, primero, como por medio de los coeficientes de Streit, España y Portugal actúan como un verdadero mercado peninsular del tomate. Al efectuar la jerarquización por medio de los coeficientes de Chenery- Watanabe, se concluye que los Países Bajos, Bélgica, Polonia, Portugal y Francia pueden ser considerados como claves. Al incorporar los efectos indirectos por medio de la matriz inversa, y reformulando los efectos difusión y absorción, se obtienen los coeficientes de Rasmussen. Se aprecia claramente el papel de los Países Bajos y Bélgica como Países Claves en el comercio intracomunitario del tomate de la Unión Europea.

La desaparición de España en el 2013, comparado con el 2007, de la lista de países claves, demuestra una pérdida de protagonismo comercial preocupante. Después de una época de crecimiento cuantitativo importante, a raíz de la instauración del mercado único y el fin anticipado del periodo de transición prevista en el Acta de adhesión de España a las Comunidades Europeas (el 1 de enero de 1993), el sector tomatero español sufre una crisis de producción primero, pero sobre todo de adaptación a los nuevos tiempos que puede llegar a ser una crisis de identidad.

Como demuestran los casos holandeses y belgas, ventajas comparativas de organización, comercial, de investigación, de innovación pueden compensar con creces otras ventajas comparativas como pueden ser los costes laborales o el acceso a productos fitosanitarios de uso prohibidos en la Unión Europea. El suministrador básico de producto es el que está en peor posición debido a que se está a la espera de que los compradores tengan la bondad de aparecer por las fincas para hacerse cargo del producto. Todo ello en competencia clara con otros suministradores, beneficiándose la gran distribución que cada vez más concentrada.

Bibliografía

Andreososso-O'Callaghan B, Yue G (2004). Intersectoral linkages and key sectors in China 1987-1997. Asian Economic Journal 18 (2): 165-183.

Aramyan LH, Ondersteijn CJ, Lansink, AG, van Kooten O, Wijnands JH (2006). Analyzing greenhouse firm performance across different marketing channels. Agribusiness 22(2): 267-280

Belussi F, Sedita SR (2008). The symbiotic division of labour between heterogeneous districts in the dutch and italian horticultural industry. Urban Studies 45(13): 2715-2734.

Bojacá CR, Casilimas HA, Gil R, Schrevens E (2012). Extending the *input-output* energy balance methodology in agriculture through cluster analysis. Energy 47: 465-470.

Cantliffe DJ, Vansickle JJ (2012). Competitiveness of the Spanish and Dutch greenhouse industries with the Florida fresh vegetable industry. University of Florida. http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/CV/CV28400.pdf. Date 03/05/2013.

Chenery H, Watanabe T (1958). International comparisons of the structure of productions. Econometrica 56: 487-521.

Comisión Europea (2014a). Statistics EU trade flows inside & outside Europehttp://exporthelp.europa.eu/thdapp/display.htm?page=st%2fst_Statistics.html&docType=main&languageId=en. Date 03/05/2013.

Comisión Europea (2014b). Document de travail. Groupe de travails prévisions tomates. http://ec.europa.eu/agriculture/fruit-and-vegetables/product-reports/tomatoes/index_en.htm. Date 09/09/2015.

De Pablo Valenciano J, Pérez Mesas JC (2004). The competitiveness of Spanish tomato export in the European Union. Spanish Journal of Agricultural Research 2 (2): 167-180.

Diederen P, Van Tongeren F, Van DV(2003). Returns on investments in energy-saving technologies under energy price uncertainty in Dutch greenhouse horticulture. Environmental and Resource Economics 24(4): 379-394.

Gürkan GY, Keçeli S (2009). The intersectoral linkage effects in Turkish economy: an application of static leontief model. PANOECONOMICUS 3: 301-326.

Hirschman AO (1958). The strategy of economic development. Yale University Press. New Heaven, EE.UU.

Hoekstra R, Edens B, Zult D, Wilting H (2014). Reducing the variation of environmental footprint estimates based on multiregional input-output databases. Sustainability Accounting, Management and Policy Journal 5 (3): 325-345.

Jahangard E, Keshtvarz V (2012). Turkey economies: a network theory approach. Iranian Economic Review 16 (32): 45-58.

Keuning SJ, Ruijter, WA (1988). Guidelines to the construction of social accounting matrix. Review of Incomes and Wealth 34(1): 71-100.

Leontief W (1941). The structure of the American economy, 1919-1939. Oxford University Press, Reino Unido.

Miller RE, Blaid PD (1985): *Input-Output* Analysis: Foundations and Extensions. Prentice Hall. New Jersey, EE.UU.

Olczyk M (2011): Structural changes in the Polish economy – the analysis of *input-output*. Munich Personal RePec Archive.

Santeramo FG, Cioffi A (2012). Transmission of market crises in the European vegetables sector. Pagri 2/2012 http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/150386/2/Santeramo_Cioffi.pdf. Date 09/09/2015.

Streit ME (1969). Spatial associations and economic linkages between industries. Journal of Regional Science 9: 177-188.

(Aceptado para publicación el 23 de diciembre de 2015)

PREMIOS DE PRENSA AGRARIA 2016
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 2016. Consecuentemente, los originales deberán ser enviados de acuerdo con las normas de ITEA y aprobados por su Comité de Redacción.
3. El jurado estará constituido por las siguientes personas:
   a) Presidente de AIDA, que presidirá el jurado.
   b) Director de la revista ITEA, que actuará de Secretario.
   c) Director Gerente del CITA (Gobierno de Aragón).
   d) Director del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza.
   e) Director de la Estación Experimental de Aula Dei.
   f) Director del Instituto Pirenaico de Ecología.
4. El premio será anual y tendrá una dotación económica.
5. Las deliberaciones del jurado serán secretas, y su fallo inapelable.
6. El fallo del jurado se dará a conocer en la revista ITEA, y la entrega del premio se realizará con motivo de la celebración de las Jornadas de Estudio de AIDA.

INSCRIPCIÓN EN AIDA

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

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

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

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

En _____ , a ___ de _____ de 20__

Firma:

FORMA DE PAGO (CUOTA ANUAL: 42 EUROS)

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

DOMICILIACION BANCARIA

Sr. Director del Banco/Caja

Muy Sr. mío,

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

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

Atentamente,

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

NORMAS PARA LOS AUTORES (2016)

La revista ITEA es una publicación internacional indexada en las bases de datos de revistas científicas. La revista se publica en español en 4 números (marzo, junio, septiembre y diciembre) por año. De acuerdo con los fines de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA), ITEA publica artículos que hagan referencia a la Producción Vegetal, Producción Animal, Economía Agroalimentaria. Se aceptan contribuciones en formato de nota técnica, artículo de revisión o artículo de investigación. El envío de un artículo implicará que el mismo no haya sido publicado o enviado para publicar en cualquier otro medio de difusión o 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, 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 un listado con 4 revisores (nombre completo, dirección postal y correo electrónico), que no deberán estar en conflicto de intereses con los autores o el contenido de manuscrito, en cuyo caso el Comité Editorial podrá negarse a colaborar con dichos revisores.

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

Los autores deberán modificar el manuscrito teniendo en cuenta las modificaciones sugeridas por los editores y revisores. La decisión final se comunicará a los autores, que, en caso de solicitarse, deberán modificar el artículo en el plazo de 3 meses desde su comunicación, antes de que sea aceptado definitivamente. Los autores deberán enviar el manuscrito corregido indicando los cambios realizados (por ejemplo, con la función de control de cambios activada), y deberán adjuntar una carta de respuesta a los evaluadores y editores con los cambios realizados. En caso de desacuerdo, los autores deberán justificar al editor debidamente su opinión. Una vez recibidas las pruebas de imprenta del manuscrito, los autores deberán devolver dicho manuscrito corregido en el plazo de 1 semana. Si el editor no recibe una respuesta por parte de los autores tras 6 meses el artículo será rechazado.

2. Preparación del manuscrito

En la revista ITEA se contemplan tres tipos de manuscritos. Los autores deberán expresar qué tipo de formato han escogido. Todos los manuscritos se presentarán en hojas de tamaño DIN A4 con márgenes de 2,5 cm y numeración de líneas continua. Se utilizará interlineado doble, fuente Times New Roman tamaño 12 (también en tablas y figuras). Las referencias bibliográficas, tablas y figuras se presentarán en hojas separadas.

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

Las notas técnicas, referidas a trabajos experimentales de extensión reducida, no excederán de 2.000 palabras, incluidas Tablas y/o Figuras.

Las revisiones bibliográficas serán una evaluación crítica de una temática que exponga los resultados de otros trabajos, el estado actual de los conocimientos en esa temática y tratará de identificar nuevas conclusiones y áreas de investigación futuras. La extensión máxima será de 30 páginas. Los apartados de una revisión serán los mismos que en artículos de investigación.

Todos los manuscritos incluirán en la primera página:

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

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

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

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

Ejemplo:

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

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

*autor para correspondencia: gpardos@aragon.es

El manuscrito incluirá a continuación:

- Resumen, que deberá tener un máximo de 250 palabras, e incluirá brevemente los objetivos del trabajo, la metodología empleada, los resultados más relevantes y las conclusiones. Se evitará el uso de abreviaturas.
- Palabras clave, un máximo de 6, evitando las ya incluidas en el título.
- En Inglés: Título del artículo, Resumen, Palabras clave

3. Apartados del manuscrito

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

- **Introducción**: deberá explicar la finalidad del artículo. El tema se expondrá de la manera más concisa posible, indicando al final los objetivos del trabajo.
- **Material y métodos**: deberá aportar la información necesaria que permita la réplica del trabajo, incluyendo el nombre del fabricante de productos o infraestructuras utilizadas. Los manuscritos deberán incluir una descripción clara y concisa del diseño experimental y de los análisis estadísticos realizados. Se indicará el número de individuos/muestras, valores medios y medidas de variabilidad iniciales.
- **Resultados**: los resultados se presentarán en Tablas y Figuras siempre que sea posible. No se repetirá en el texto la información recogida en las Figuras y Tablas. Se recomienda presentar el valor de significación para que el lector pueda disponer de información más detallada. Puede redactarse de forma conjunta con el apartado de discusión.
- **Discusión**: deberá interpretar los resultados obtenidos, teniendo en cuenta además otros trabajos publicados. Se recomienda utilizar un máximo de 4 referencias para apoyar una afirmación en la discusión, exceptuando en las revisiones.
- **Conclusiones**: a las que se han llegado, así como las posibles implicaciones prácticas que de ellas puedan derivarse (aproximadamente 200 palabras).

- **Agradecimientos**: deberá mencionarse el apoyo prestado por personas, asociaciones, instituciones y/o fuentes de financiación del trabajo realizado.
- **Referencias bibliográficas**: sólo se citarán aquellas referencias relacionadas con el trabajo o que contribuyan a la comprensión del texto. Como máximo se podrán utilizar 40 citas en los artículos de investigación, y 80 en las revisiones bibliográficas. En el manuscrito, se mantendrá el orden cronológico en caso de citar varios autores. Las 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).
  * mismos autores con varios trabajos (Martín *et al.*, 1971 y 1979).
  * autores con trabajos del mismo año: Prache *et al.* (2009a,b).

  Los nombres de entidades u organismos que figuren como autores, por ejemplo Dirección General de la Producción Agraria (DGPA), deberán citarse completos en el texto la primera vez. 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 hayan sido aceptados para su publicación. En casos excepcionales, se aceptarán menciones como "Comunicación personal" o "Resultados no publicados", aunque no constarán entre las referencias bibliográficas. Se indican a continuación ejemplos de cita bibliográfica.

Artículo

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

Capítulo de libro

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

Libro

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

Acta de congreso

– Misztal I (2013). Present and future of genomic selection at the commercial level. Book of Abstracts of the 64th Annual Meeting of the EAAP, 20-30 de agosto, Nantes, Francia, pp. 100.

Fuente electrónica

– 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.

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

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

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

Ejemplo de tabla:

Tabla 3. Tarjetas de productos hipotéticos expuestos a los encuestados

Table 3. Hypothetical products cards shown to those surveyed

Nº Tarjeta	Precio	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

Fuente: Diaz *et al.* (2013)

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

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 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).
- Los nombres científicos de organismos vivos (botánicos, microbiológicos o zoológicos) deberán incluir en su primera cita la denominación completa de género, especie y del autor. En siguientes apariciones se abreviará el género con la inicial del mismo y se mantendrá el nombre de la especie. Ejemplo: *Papaver rhoeas* L. y posteriormente, P.rhoeas.
- Los nombres latinos de géneros, especies y variedades se indicarán en cursiva y los nombres de cultivares entre comillas simples (p. ej. 'Sugar Baby').
- Las llamadas en nota a pie de página o cuadro deberán ser las menos posibles y, en todo caso, se indicarán mediante números correlativos entre paréntesis (p. ej. (1), (2), evitando el uso de asteriscos, letras o cualquier otro signo).
- Los niveles de significación estadística no necesitan explicación (* = P<0,05; ** = P<0,01; ***= P<0,001; NS = no significativo).

Volumen 112
Número 4
Diciembre 2016

itea
información técnica económica agraria

www.aida-itea.org
REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO

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