

Sumario

Producción Vegetal

- Recoger lo que otros han sembrado: El impacto de la crisis financiera global sobre el sector agrario en España
Reaping what others have sown: Measuring the Impact of the global financial crisis on Spanish agriculture
M. Bourne, J. Childs y G. Philippidis 401
- Modelos de estimación de radiación solar global con limitación de datos y su distribución espacial en Castilla-La Mancha
Estimating models of global solar radiation with limiting data and its spatial distribution in Castilla-La Mancha
A. Martínez-Romero, J.F. Ortega, J.A. de Juan, J.M. Tarjuelo y M.A. Moreno 422
- El apoyo público a la agricultura española en el actual contexto de la Política Agrícola Común
Public support to the Spanish agriculture in the current framework of the CAP
R. Ripoll-Bosch, D. Villalba, I. Blasco, S. Congost, F. Falo, R. Revilla y M. Joy 446
- El manejo del riego y la contaminación por sales y nitrato: un caso de inundación vs. aspersión
Irrigation management and pollution by salts and nitrate: flood vs. pressurized system
I. García-Garizábal, R. Abrahao y J. Causapé 478

Economía Agraria

- Las preferencias de los consumidores españoles hacia las cocinas étnicas
Spanish consumers' preferences towards ethnic cuisines
D.M. Camarena Gómez y A.I. Sanjuán López 497

Producción Animal

- Efecto del sexo y la explotación sobre la calidad de la canal y de la carne del cordero lechal de raza Ojinegra
Effects of sex and farming system on carcass and meat quality of suckling lambs from Ojinegra breed
R. Ripoll-Bosch, G. Ripoll, J. Álvarez-Rodríguez, I. Blasco, B. Panea y M. Joy 518

- Búsqueda de indicios de un gen mayor para prolificidad en cuatro razas ovinas españolas
Search of evidence of a major gene for prolificacy in four Spanish sheep breeds
R. Muñoz y J.J. Jurado 533
- Perspectivas de una carne de calidad diferenciada: análisis exploratorio para la carne de vacuno "Serrana de Teruel"
Prospects for a meat quality designation: exploratory analysis for "Serrana de Teruel" beef
A. Olaizola, A. Bernués, I. Blasco y A. Sanz 542
- Rango de normalidad de parámetros sanguíneos en ovejas de raza Assaf con un sistema de análisis inmediato
Reference values of blood parameters using an immediate analysis method in Assaf ewes
L. Rodríguez, A.R. Mantecón, P. Lavín, C. Asensio, A.B. Martín-Diana, S. Olmedo, D. Delgado, A.R. Pérez, D.J. Bartolomé y R. Bodas 559

Recoger lo que otros han sembrado: El impacto de la crisis financiera global sobre el sector agrario en España

M. Bourne*, J. Childs* y G. Philippidis**,1

* Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (CITA), Zaragoza, España

** Fundación Agencia Aragonesa para la Investigación y Desarrollo (ARAID), Zaragoza, España

Resumen

Este estudio utiliza un modelo de equilibrio general computable recursivo y dinámico de España para caracterizar el impacto de la crisis financiera sobre la agricultura, centrándose en particular en los impactos divergentes sobre actividades agrarias específicas. Los resultados tienen implicaciones para los países mediterráneos vecinos de la UE, dadas las similitudes en la dimensión relativa y la estructura del sector agrario y las dificultades macroeconómicas a las que se enfrentan.

Se estima que la crisis acarrea una contracción acumulativa del 8 por ciento en la actividad agraria española para 2015, con la consiguiente reducción en la renta real de los agricultores del 9%. Sin embargo, de acuerdo con la bibliografía anterior y con las expectativas *a priori*, esta contracción es considerablemente menor que en los sectores no alimentarios. Cuando se hacen comparaciones entre actividades agrarias, la respuesta de la oferta ante la crisis varía notablemente debido a la distinta intensidad con la que se utilizaban los inputs y los destinos de las ventas. Los sectores con mayor elasticidad de oferta son aquellos caracterizados por una mayor intensidad de capital o de mano de obra no cualificada, o aquellos sectores más expuestos a mercados con un comercio competitivo; mientras que los sectores que hacen un uso intensivo del suelo son más resistentes a la recesión económica. Finalmente, se observa que existen mayores desigualdades de rentas entre los hogares españoles, con una caída de la utilidad del consumo de productos alimentarios del 10% en el segmento más pobre, en comparación con sólo el 1% en el más rico.

Palabras clave: Agricultura, Equilibrio General Computable.

Abstract

Reaping what others have sown: Measuring the Impact of the global financial crisis on Spanish agriculture

Employing a recursive dynamic computable general equilibrium model of Spain, this study aims to characterise the impact of the financial crisis on agriculture, with particular focus on the divergent impacts on specific agricultural activities. The results have broad implications for neighbouring Mediterranean EU economies given similarities in the relative size and structure of primary agriculture, and in the macroeconomic difficulties they face.

Comparing with a baseline scenario, it is estimated that the crisis induces a cumulative contraction of 8 per cent in Spanish agricultural activity by 2015, with concomitant reductions in real farming incomes of 9 per cent. Notwithstanding, in accordance with previous literature and *a priori* expectations, this contraction is notably smaller than in non-food sectors. Comparing between agricultural activities, the supply response to the crisis varies considerably owing to differing input intensities and sales destina-

1. Autor para correspondencia: gphilippidis@aragon.es

tions. The highest supply responsiveness occurs in relatively capital or unskilled labour intensive sectors, or export orientated sectors; whilst land intensive sectors are more resistant to the economic downturn. Finally, we find greater income inequality across Spanish households, with utility from food consumption falling 10% in the poorest segment, compared with only 1% in the wealthiest.

Key words: Agriculture, Computable General Equilibrium.

Introducción

En España, las repercusiones de la crisis financiera han sido especialmente graves. Hace una década, su entrada en la moneda única condujo a un período con unos niveles históricamente bajos de los tipos de interés y al auge del sector de la construcción. En 2007, sin embargo, el crecimiento se había ralentizado y el crédito acumulado dejó a España con un declive brusco en el sector de la construcción (Eurostat, 2008). A pesar de las reformas del mercado laboral, a principios de 2012 la tasa de desempleo ha superado el 20% (Eurostat, 2012), mientras se espera que la recuperación en España sea especialmente lenta².

Con respecto a los productos agrarios que, en los países europeos se caracterizan por unas elasticidades gasto de demanda más bajas que los productos no agrarios, se espera que el sector agrario en España sea relativamente más resistente al proceso de ajuste macroeconómico (OCDE, 2009). Este mecanismo equilibrador asegura que la actividad agropecuaria proporcione una influencia estabilizadora, aunque limitada, sobre la economía en general. El alcance de este mecanismo constituye un tema relevante de investigación que el presente estudio se propone cuantificar. Además, conforme van cambiando las condiciones macroeconómicas, las elasticidades gasto de demanda evolucionan, lo cual tiene su importancia para los hogares con distintos

niveles de riqueza. Por lo tanto se considera importante evaluar las implicaciones distributivas de la crisis entre los hogares españoles.

Otra característica que define la crisis es la disminución en las expectativas de los inversores y el consiguiente impacto sobre las reservas de capital que ha tenido consecuencias muy publicitadas sobre el sector de la construcción en España. Aunque la agricultura está relativamente menos expuesta a la volatilidad del mercado de capitales, dada la naturaleza más estable de la demanda de alimentos, mencionada anteriormente, sigue siendo cierto que la disponibilidad de crédito en los sectores alimentarios (entre otros sectores), es “un problema significativo para los fabricantes, los procesadores, y las cooperativas de productores” (OCDE, 2009, pp. 47).

Se ha utilizado el método del modelo de equilibrio general computable (EGC) para analizar la crisis (p. ej. Chitiga, 2010; Strutt y Walmsley, 2010) como marco empírico y coherente con la teoría, para modelizar los impactos producidos por los choques específicos sentidos a nivel general o en productos específicos, aunque hasta la fecha no se ha realizado ningún análisis de los impactos sobre la agricultura. Aunque el método del EGC no se presta a tratar explícitamente las fuerzas motrices de la crisis, existen estudios EGC que caracterizan los síntomas de la crisis como vehículo para poder evaluar los impactos. Con pocas excepciones (p. ej. Raihan 2010) todos

2. Los temores sobre la incapacidad que se percibe de que España pueda ajustarse al clima macroeconómico actual han alentado las subidas especulativas en los rendimientos de los intereses sobre (*inter alia*) bonos españoles.

los estudios incorporan un tratamiento explícito de las expectativas de los inversores con respecto a la acumulación de capitales en períodos posteriores, que se presta a un tratamiento dinámico (explícito en el tiempo) del modelo EGC.

En este artículo, construimos un modelo neoclásico dinámico y recursivo del EGC de España, donde el enfoque sobre España se justifica por su menor capacidad para recuperarse económicamente en el medio plazo. Además, se puede destacar que en la literatura contemporánea, hay una escasez relativa de estudios de EGC para la agricultura en España (con la excepción de Philippidis 2010a; 2010b). Tomando el año 2005 como punto de partida, el planteamiento es anacrónico al comparar los resultados de un escenario de "referencia" (sin crisis) con uno de crisis, prestando especial atención a sectores agrarios específicos. Se destaca otra característica importante de este estudio; sigue un trabajo reciente de Dixon y Rimmer (2010)³ que capta la tendencia que se observa en los sectores a guardar un exceso de capital en tiempos de recesión. En los modelos neoclásicos del EGC, el supuesto de utilización a "plena capacidad" implica una reducción poco realista en las tasas de renta cuando cae la demanda y se encuentra un nuevo equilibrio de compensación de mercado, mientras que se esté funcionando a exceso de capacidad, hay un ajuste rígido a la baja en las tasas de renta dado que las reservas de capitales se dejan sin emplear⁴.

El resto de este artículo se desarrolla como se indica a continuación: La Sección 2 describe

los datos, el modelo EGC, el cierre y diseño de los escenarios. La Sección 3 presenta los resultados de nuestro estudio mientras que la Sección 4 ofrece algunos comentarios finales.

Materiales y Métodos⁵

Base de datos del modelo

Para apoyar la construcción de nuestra base de datos para el modelo, utilizamos las tablas input-output (IO) de 2005 (INE, 2010) en concierto con fuentes adicionales de datos secundarios. Es importante señalar que las condiciones impuestas por la Tabla IO subyacen tras las convenciones de contabilidad del marco EGC. A efectos de este estudio, la agregación se centra en la actividad agraria y la de la transformación alimentaria. El resto de los sectores se dedican a actividades de construcción, fabricación y servicios. Los datos incorporan los factores tierra y capital, mientras que los datos de encuestas sobre la mano de obra (INE, 2010) nos permiten dividir a los trabajadores en categorías de "muy cualificada", "cualificada" y "no cualificada". Finalmente, para explorar los efectos distributivos de los cambios de políticas, se han empleado datos de encuestas de hogares (INE, 2010) para desagregar las compras de hogares individuales en ocho grupos distintos de renta disponible. En el estudio, se elige una desagregación de seis factores, ocho hogares, y 40 sectores, entre los que se incluyen 24 actividades agrarias desagregadas (Tabla 1).

3. Los autores emplean un modelo dinámico del EGC (USAGE) para examinar los impactos del plan de incentiva-
ción sobre la economía de los EE. UU.

4. Otra ventaja percibida de este planteamiento es evitar picos no realistas de exportaciones dado que el precio
del factor capital no desciende de forma tan drástica (Dixon y Rimmer, 2010).

5. El lector puede consultar una descripción detallada de la base de datos y el modelo en Philippidis *et al.* (2011a)
y Philippidis *et al.* (2011b), respectivamente.

Tabla 1. Desagregación de los datos
Table 1. Data disaggregation

40 Sectores
<i>Agricultura (24 sectores)</i>
Trigo; Cebada; Maíz; Arroz; Otros Cereales; Oleaginosas; Hortalizas; Frutos secos; Uvas; Cítricos; Fruta tropical; Otras frutas; Fruta; Remolacha de Azúcar; Patata; Olivos de aceite; Aceitunas; Uvas para vino; Vacuno; Porcino; Ovino y Caprino; Aves y Huevos; Leche Cruda; Otra agricultura.
<i>Alimentaria (7 sectores)</i>
Carne roja; Carne blanca; Lácteos; Aceites y grasas; Azúcar, Alcohol, Otra comida.
<i>Energía (5 sectores)</i>
Carbón, Petroleo; Gas crudo; Electricidad, Otra energía.
<i>Otros sectores (4 sectores)</i>
Construcción, Inmobiliaria; Fabricación, Servicios
6 factores de producción
Tierra;
Capital;
Mano de obra (muy calificada, calificada, no calificada, fuerzas armadas.
8 Hogares
€ 499 al mes o menos
€ 500 a € 999 al mes
€ 1000 a € 1499 al mes
€ 1500 a € 1999 al mes
€ 2000 a € 2499 al mes
€ 2500 a € 2999 al mes
€ 3000 a € 4999 al mes
€ 5000 al mes o más

Marco del modelo EGC

El marco estándar del modelo neoclásico está impulsado por la “demanda”, basada en un sistema de funciones neoclásicas de demanda final, intermedia y primaria. Con el supuesto

de una separabilidad homotética débil, un procedimiento de múltiples fases de optimización permite desglosar las decisiones de demanda en “nidos” para aportar mayor flexibilidad a través de la incorporación de elasticidades diferentes de sustitución. Además,

las identidades de contabilidad y las ecuaciones de compensación de mercados aseguran una solución de equilibrio general en cada año para el que se ejecuta el modelo. Al elegir una división apropiada de variables endógenas-exógenas (cierre), se pueden imponer unos choques específicos sobre las variables clave. El modelo responde mediante la interacción de agentes económicos dentro de cada mercado, donde un resultado se caracteriza por un conjunto "contrafactual" de las condiciones de equilibrio.

Dada la importancia de las expectativas de los inversores "dinámicos", seguimos a Dixon y Rimmer (2010) para identificar una capacidad excesiva de reserva de capitales en los años más duros de la crisis (2008-2011):

$$\left[\frac{R_t^P}{R_t^B} - 1 \right] = \left[\frac{R_{t-1}^P}{R_{t-1}^B} - 1 \right] + \alpha \cdot [U - 1] \quad (1)$$

Por consiguiente, el ratio del valor de la renta entre el escenario de la crisis (R_t^P) y el de referencia (R_t^B) en el período t es una función positiva del correspondiente ratio en el período $t-1$ y una función negativa de una capacidad excesiva de capitales (U), medida por el ratio entre capitales en uso y capitales en existencia ($U \leq 1$). El parámetro de elasticidad α controla la proporcionalidad entre la desviación de la renta de su nivel de referencia y la desviación de capitales empleados del nivel de referencia (plena capacidad).

El ratio entre la inversión y el capital (es decir, acumulación de capitales) se caracteriza por la siguiente función logística (Dixon y Rimmer, 2007):

$$G = Q \cdot G_{trend} M^\alpha U / (Q - 1 + M^\alpha) \quad (2)$$

El crecimiento en capital por sector (G) es una función positiva del ratio entre las tasas de rendimiento esperadas y las tasas normales (M). Por ejemplo, si la tasa de rendimiento esperado supera la tasa de rendimiento normal de la economía en su conjunto, el ratio entre la inversión y el capital superará su tendencia (G_{trend}). *Ceteris paribus*, el cambio en G con respecto a los cambios en el ratio M está gobernado por la elasticidad de la inversión α . Según Dixon y Rimmer (2010), los impactos de las nuevas inversiones sobre las tasas de crecimiento de capitales son moderados cuando hay un exceso de reservas de capitales en los años de crisis ($U < 1$). El parámetro Q captura el techo sobre el ratio entre la inversión y el capital. En el cierre de nuestro modelo, los cambios en las expectativas de los inversores se calibran de acuerdo a los choques anuales exógenos (históricos y proyectados) sobre inversiones macroeconómicas (véase más adelante). Las tasas esperadas de rendimiento en el período t (E_t) son una media ponderada de las tasas de rendimiento esperadas en el período $t-1$ (E_{t-1}) y tasas reales de rendimiento en el período t (R_t)⁶.

$$E_t = U \cdot [(1-x)E_{t-1} + xR_t] - (1-U) \cdot D \quad 0 \leq x \leq 1 \quad (3)$$

Según Dixon y Rimmer (2010), las tasas de rendimiento esperadas descienden al producirse un exceso de capitales. De esta manera, durante los años de crisis, la tasa de rendimiento sobre el capital improductivo también es una función negativa de la tasa de depreciación (D). En otras palabras, los capitales improductivos no acumulan rendimientos y deterioran siguiendo la tasa de depreciación.

Otra característica que define la economía española ha sido la gravedad del desempleo,

6. La tasa normal es el ratio entre la renta unitaria de capital y el coste unitario de nuevas inversiones. Asimismo, nótese que un valor mayor de 'x' en la ecuación (3) implica una convergencia más rápida de las tasas esperadas a las tasas reales de rendimiento sobre la inversión.

fenómeno captado en nuestro estudio mediante choques exógenos anuales sobre la mano de obra activa total. Como corolario del módulo de inversiones, el empleo (L) actual (exógeno) se compara con la tendencia del empleo (T) (el nivel de empleo natural a largo plazo), que es una función de los cambios exógenos en la población, para determinar los cambios en la tasa real de salarios (W):

$$\Delta W / W_0 = \gamma[(L_0 / T_0) - 1] + \gamma\Delta(L / T) \quad (4)$$

El cambio en la tasa real de salarios ($\Delta W / W_0$) es la derivada total del ratio entre el empleo real y tendencial y la elasticidad de los salarios (L_0 / T_0). Por ejemplo, si el empleo al final del período está por encima del nivel tendencial, los salarios reales suben y viceversa. Para captar la rigidez a la baja de los salarios reales respecto de los niveles de empleo (teniendo en cuenta la fuerte presencia de los sindicatos en España) examinamos los impactos de choques exógenos del empleo sobre salarios reales y los comparamos con datos históricos sobre cambios en los salarios reales en la economía española (INE, 2010). Esta técnica se ha empleado para calibrar el parámetro de elasticidad de salarios. Además, los mercados españoles de trabajo se caracterizan por una fuerte regulación y barreras a la entrada (sobre todo entre muchas profesiones de alta cualificación). Por consiguiente, las funciones de oferta de mano de obra distinguen entre distintas profesiones donde, debido a la escasez de las estimaciones relevantes, las ocupaciones no cualificadas (muy cualificadas) tienen una elasticidad de oferta diez veces mayor (la mitad) que la estimación central.

En el contexto de nuestros objetivos de estudio, se aplica un código adicional (Philippidis, 2010a) para representar de forma explícita la Política Agrícola Común (PAC) (el pago único, las cuotas etc.). Además, para medir los impactos de la crisis sobre el uso del suelo agrícola, se sigue el trabajo de Van Meijl et al.

(2006) en introducir en el modelo una curva de oferta no lineal estimada económicamente.

Considerando la falta general de fuentes relevantes de datos españoles, se facilita la calibración a través del uso de elasticidades de sustitución y de gasto de la base de datos de la versión GTAP 7.1 (Narayanan y Walmsley, 2008). Las elasticidades de demanda de las exportaciones se calibran a elasticidades de GTAP Armington de nivel superior (Dixon y Rimmer, 2007), los cálculos centrales de tendencias de las elasticidades de oferta de la mano de obra española son de Fernández-Val (2003) mientras que para los productos agroalimentarios, se toman las elasticidades de gasto de hogares individuales de un estudio realizado por Moro y Sckokai (2000) entre hogares italianos estratificados por riqueza. Es justo reconocer, por tanto, que el empleo de elasticidades no españolas en la fase de calibración puede introducir cierto sesgo conductual en los agentes del modelo.

Cierre y Diseño de Escenarios

Las variables de productividad, los cambios en los gustos de los consumidores, las tasas de impuestos/subvenciones y los precios mundiales (supuesto de un país pequeño) se suponen exógenas. En términos de cierre macroeconómico, el PIB real, el consumo, la inversión, el gasto gubernamental, y las exportaciones totales se mantienen exógenas; las importaciones totales (y por implicación la balanza comercial) se ajustan endógenamente como un componente residual de la función de demanda agregada de Keynes, mientras que la tasa de cambio (*numeraire*) se fija. Para captar los cambios interanuales en el desempleo, la oferta total de mano de obra también se supone exógena.

Nuestro escenario de referencia contempla un marco temporal "sin crisis" (2005-2015), que se compara posteriormente con un escenario de crisis. En ambos escenarios, se imponen los mismos choques interanuales sobre

la productividad total de los factores (Jensen y Frandsen, 2003; Ludena *et al.*, 2006), el gusto del consumidor cambia a favor del consumo de carnes blancas (OCDE, 2008) y los cambios exógenos tienen lugar en la política de la PAC (véase la Tabla 2). Además en 2006 y 2007, los choques en todas las variables macroeconómicas y los precios energéticos mundiales son idénticos. A partir de 2008, los choques en los precios macroeconómicos de España y los precios mundiales de la energía

difieren entre nuestros dos escenarios aunque se produce un grado de convergencia antes de 2015 debido al estado más saludable de la economía mundial (post-crisis). Para el escenario de crisis, se obtuvieron los datos de proyecciones de una variedad de informes, mientras que las proyecciones de referencia necesitaban mayor dependencia de supuestos prácticos⁷. La Tabla 3 presenta valores de choques para ambos escenarios, completados con fuentes de datos.

Tabla 2. Shocks de la PAC
CAP Policy Shocks

Shocks de la Política Agrícola Común (PAC)

- Introducción del pago único por explotación – los shocks interanuales (2006-2015) proceden de datos históricos (FEGA, 2010). Disociación completa de los pagos agrícolas para 2015.
 - Se implantó una modulación basada en datos históricos (FEGA, 2010). Las proyecciones de la modulación asumen un aumento del 3% para 2015. Teniendo en cuenta la estructura del sector agrario en España y la exención de las pequeñas explotaciones, los datos históricos revelan que la tasa de modulación de España está por debajo de la tasa recomendada por la política de la UE (1% al año del 4% en 2006 al 10% en 2012) (FEGA, 2010). Por consiguiente, suponemos que la tasa de modulación aumenta hasta el 3% para 2015. La modulación de los pagos del Pilar II se transfirieron a la función de renta de los hogares agrarios.
 - Reducción única de la cuota de azúcar (2006). No se requieren más recortes debido a las considerables reducciones “voluntarias” en la producción, resultado de la reducción de los precios de intervención.
 - Reducciones de los precios de intervención en lácteos (2006-2008) y azúcar (2006-2010).
 - Arancel del 6,5% para el biodiésel aplicado a partir de 2005/6 (APPA, 2009). Arancel ponderado del 33% para el bioetanol aplicado a partir de 2005/6 (APPA, 2009).
 - Aumento del 2% en la cuota lechera a nivel UE permitido por la UE (abril 2008). Aumentos interanuales del 1% (2009-2014). Abolición 2015.
 - Abolición del abandono de tierras (2009).
-

7. En nuestro escenario de referencia, asumimos que a partir de 2010 la tasa de crecimiento en el PIB real en España se queda al mismo nivel (3.29%), lo cual es comparable con su ritmo entre 1995 hasta 2007 (3.8%). Para los otros componentes de la demanda agregada y el empleo total a partir de 2008, calculamos coeficientes de correlación con respecto a los cambios en el PIB real empleado datos de series temporales entre 1995 hasta 2007. En el caso de la población y la inflación existen proyecciones anuales (pre-crisis) hasta 2013 (FMI 2008), y asumimos que en 2014 y 2015 los cambios porcentuales son iguales al año 2013. Por último, en cuanto a los cambios en los precios mundiales de los combustibles, asumimos un cambio del 2% anual.

Tabla 3. Supuestos macroeconómicos interanuales para España: Escenarios de Base y de Crisis
 Table 3. *Annual macro assumptions for Spain: Baseline and Crisis scenarios*

Shocks en las proyecciones anuales del escenario de referencia (%)										
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
PIB real	4,75	4,11	1,07	1,55	3,29	3,29	3,29	3,29	3,29	3,29
Consumo real (C)	3,98	4,10	0,99	1,43	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02
Inversión real (I)	10,27	4,26	2,54	3,68	7,78	7,78	7,78	7,78	7,78	7,78
Gasto público real (G)	4,87	6,14	1,25	1,81	3,83	3,83	3,83	3,83	3,83	3,83
Exportaciones reales (X)	4,89	4,66	1,28	1,86	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93
Empleo (E)	4,08	3,08	1,19	1,72	3,65	3,65	3,65	3,65	3,65	3,65
Población (P)	1,67	1,64	1,68	1,49	1,59	1,48	1,43	1,24	1,24	1,24
Precio mundial del carbón (WP)	6,21	0,53	14,29	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Precio mundial del petróleo (WP)	12,93	6,67	37,30	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Precio mundial del gas crudo (WP)	-11,53	-7,13	23,04	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Inflación mundial	3,62	3,95	4,70	3,64	3,47	3,40	3,31	3,27	3,27	3,27
Inflación euro	2,19	2,13	2,75	1,93	1,94	1,91	1,90	1,91	1,91	1,91

Shocks en las proyecciones anuales del escenario de crisis (%)										
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
PIB real	4,75	4,11	-0,73	-3,17	-1,19	0,60	0,75	1,73	1,94	2,35
Consumo real (C)	3,98	4,10	-5,38	-1,28	1,51	2,20	1,97	2,00	2,00	2,00
Inversión real (I)	10,27	4,26	-17,60	-10,50	-1,97	3,10	4,57	5,20	5,58	6,60
Gasto público real (G)	4,87	6,14	5,58	0,02	-1,39	-2,20	-2,73	-0,50	1,50	2,50
Exportaciones reales (X)	4,89	4,66	-14,20	1,62	4,21	5,80	6,07	5,84	5,62	5,30
Empleo (E)	4,08	3,08	-6,76	-1,90	0,70	1,90	2,30	2,30	2,70	3,00
Población (P)	1,67	1,64	1,82	1,20	0,41	0,27	0,25	0,21	0,23	0,23
Precio mundial del carbón (WP)	6,21	0,53	14,29	3,24	-6,73	-0,48	0,48	0,48	0,00	0,96
Precio mundial del petróleo (WP)	12,93	6,67	37,30	-41,64	18,73	3,93	8,69	7,97	6,03	3,97
Precio mundial del gas crudo (WP)	-11,53	-7,13	23,04	-58,73	21,60	27,41	8,57	-0,55	-0,74	2,97
Inflación mundial	3,62	3,95	4,70	2,46	2,67	3,14	2,92	2,85	2,85	2,87
Inflación euro	2,19	2,13	2,75	0,24	1,26	1,48	1,52	1,62	1,77	1,91

Shocks anuales porcentuales basados en las siguientes fuentes de datos:

Escenario de referencia: PIB hasta 2007 (FMI, 2010), PIB de 2008 a 2010 (FMI, 2008); C, I, G, X y E 2005-2007 (EC, 2010); P hasta 2014 (FMI, 2008); WP de combustible fósil hasta 2008 (USEIA, 2010). Inflación hasta 2013 (FMI, 2008)

Escenario de crisis: PIB (FMI, 2010), C, I, G, X y E (EC, 2010); WP de combustible fósil (USEIA, 2010); Inflación hasta 2008 (FMI, 2008), inflación entre 2009-2015 (FMI, 2010).

Resultados⁸

Impactos sobre la macroeconomía, las inversiones y los factores

En situación de crisis, las reducciones exógenas del crecimiento real, el empleo, las inversiones y las demandas finales⁹ reducen las rentas de los factores (y por implicación la renta per cápita de los hogares), gastos y producción comparados con la base de referencia (Figura 1). Con caídas relativas en rentas reales, el índice (endógeno) de precios mi-

noristas nominales cae en un 8%, aunque con el tiempo este efecto disminuye conforme convergen los precios de los combustibles fósiles (petróleo y gas natural) sobre los niveles de referencia (véase los choques en la Tabla 3). Considerando nuestro cierre y choques macroeconómicos, las caídas en la renta real conducen a unas reducciones considerables (endógenas) en la tendencia marginal a importar, resultando en una mejora acumulativa de €60 mil millones en la balanza comercial.

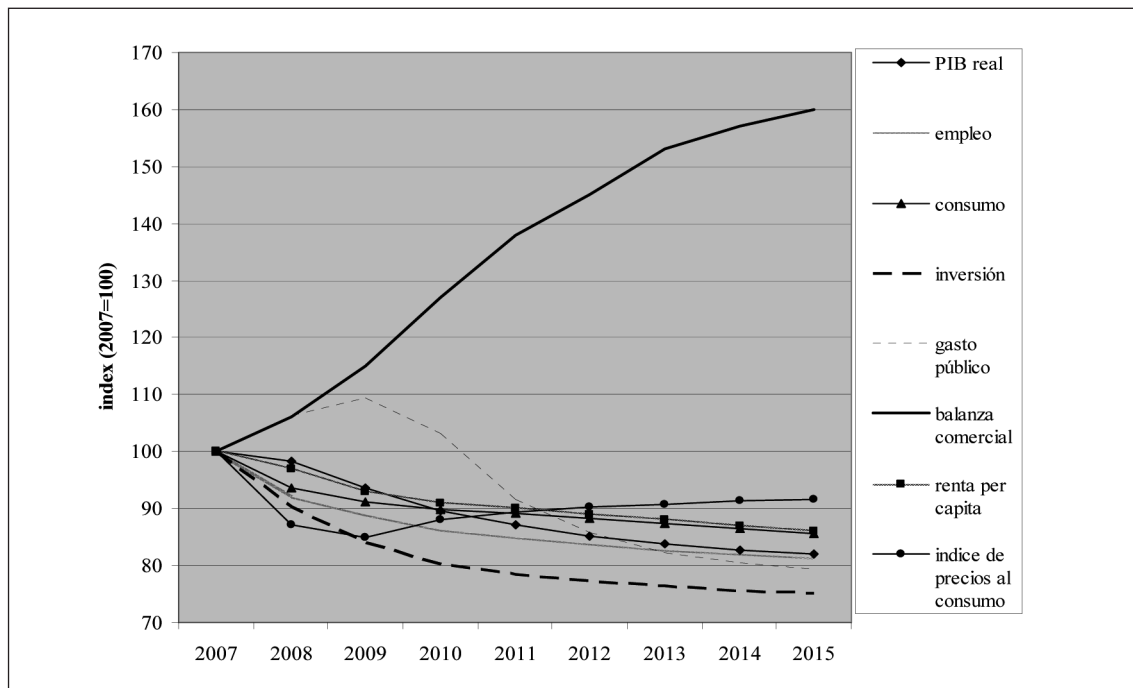


Figura 1. Impactos de la crisis sobre los indicadores macroeconómicos.

Figure 1. Impacts of the crisis on Spanish macro indicators.

8. Salvo que se indique lo contrario, los cálculos son diferencias acumuladas de 2015 con respecto al nivel de referencia. También se dispone de un análisis de sensibilidad. Contáctese con el autor.

9. Anótese que el gasto gubernamental exógeno supera el nivel de referencia en 2009 debido a la incentivación fiscal, que decae antes de 2015 en un 21% conforme se van introduciendo medidas de austeridad.

Con contracciones (exógenas) en la demanda de inversiones, el coste unitario de nuevos bienes de inversión cayó en un 14% en 2009, y en un 6% antes de 2015 (Tabla 4). Dado que es un sector muy dependiente de las inversiones, la participación del sector inmobiliario y de la construcción (IC) en la demanda de inversiones ha descendido desde un 47% en 2005 (no mostrado) a un 37% antes de 2015 (Tabla 6, primera columna). Por consiguiente, las nuevas caídas de los costes unitarios de las inversiones en el sector IC son significativas, un 17% y 8% en 2009 y 2015, respectiva-

mente (Tabla 4). Además, antes de 2015, el producto del sector IC cayó en un 32% llevando a reducciones en los rendimientos de la renta de capitales nominales de un 25% (Tabla 4). Cuanto mayor sea el exceso de reservas de capitales observadas en el sector IC (un valor reducido de "U" en la ecuación (3)), más se reducen las expectativas relativas ("M" en la ecuación 2), como las caídas en la tasa de crecimiento de capitales (G en la ecuación 2) en el sector IC (31%) se encuentran por debajo de la caída media en toda la economía (25%) (Tabla 4).

Tabla 4. Efectos de la inversión y el capital (cambio % acumulado con relación a la referencia)
Table 4. Investment and capital effects (cumulative % change relative to baseline)

	2009	2010	2011	2012	2015
Renta real del capital:					
S. inmobiliario y de la construcción	-30	-28	-27	-26	-25
Economía	-20	-19	-19	-19	-18
Coste unitario de la inversión neta:					
S. inmobiliario y de la construcción	-17	-14	-11	-10	-8
Economía	-14	-11	-9	-8	-6
Capital empleado:					
S. inmobiliario y de la construcción	-2	-6	-10	-13	-17
Economía	-1	-3	-5	-6	-9
Inversión neta real:					
S. inmobiliario y de la construcción	-25	-33	-39	-42	-38
Economía	-16	-20	-22	-23	-25
Ratio RoR esperado/normal					
S. inmobiliario y de la construcción	-8	-12	-15	-16	-17
Economía	-4	-6	-8	-9	-13
Tasa de crecimiento del capital					
S. inmobiliario y de la construcción	-25	-29	-34	-35	-31
Economía	-14	-18	-20	-22	-25
Producción:					
S. inmobiliario y de la construcción	-15	-23	-28	-31	-32
Economía	-6	-10	-13	-15	-18

Tabla 5. Impactos del mercado de factores (cambio % acumulado con relación a la referencia)
Table 5. Factor market impacts (cumulative % change relative to baseline)

	2008	2009	2010	2011	2015
Rendimientos de factores reales:					
Rentas de la tierra	-9	-11	-13	-14	-17
Rentas del capital	-1	-5	-7	-8	-9
Salarios de trabajadores:	-2	-4	-5	-6	-8
Muy cualificados	-4	-6	-7	-8	-11
Cualificados	-2	-5	-5	-6	-8
No cualificados	-1	-1	-2	-2	-3
Fuerzas armadas	-1	-1	-2	-3	-4
Uso de los factores:					
Uso de la tierra	-3	-4	-4	-4	-5
Uso del capital	0	-3	-4	-6	-9
Uso del trabajo	-6	-9	-13	-15	-19
Trabajo muy cualificado	-2	-3	-5	-6	-8
Trabajo cualificado	-6	-10	-13	-15	-18
Trabajo no cualificado	-11	-18	-25	-29	-35
Trabajo fuerzas armadas	-7	-12	-18	-23	-32

Tabla 6. Resultados acumulados en 2015: Agroalimentario frente a no agroalimentarios
(cambio % acumulado con relación a la referencia)
Table 6. Cumulative outcomes in 2015: Agro-food vs. non agro-food
(cumulative % change relative to baseline)

	Cuota de ventas de inversión	Precio de oferta	Producción	Salarios reales	Empleo	Rentas reales del capital	Uso del capital
Todos sectores	13	-7	-18	-8	-19	-9	-9
Agricultura	1	-8	-8	-6	-9	-7	-6
Alimentación	1	-7	-10	-8	-12	-9	-7
No Agroalimentario	13	-7	-19	-8	-19	-9	-9
Sectores no agroalimentarios específicos:							
Servicios	10	-7	-16	-9	-19	-9	-9
Fabricación	7	-4	-23	-8	-25	-11	-11
Inmobiliario y de la construcción	37	-14	-32	-5	-26	-16	-17

En cuanto a los mercados de factores (Tabla 5) los precios reales del suelo descienden en un 17% con caídas en el consiguiente uso del suelo del 5%¹⁰. De la misma manera, el uso de capitales y rendimientos reales caen en un 9% en la base de referencia. En el mercado de trabajo, registramos un descenso del 19% en empleo (exógeno) en España¹¹, mientras que la ecuación (4) indica que conforme desciende el empleo en España por debajo de la tasa de paro de inflación estable (NAIRU, por sus siglas en inglés) los salarios reales descienden en términos relativos. Respecto de la categoría profesional más inelástica, la Tabla 5 muestra que la mano de obra muy cualificada experimenta una reducción acumulada del 8% (11%) en el empleo (salarios reales) antes de 2015, en comparación con las medias correspondientes en el conjunto de la economía del 19% (8%). En contraste, con una elasticidad oferta más alta, el empleo no cualificado ha caído en un 35%, mientras que el sueldo real sólo cae en un 3%¹².

Impactos sectoriales en España

El sector agroalimentario en comparación con el sector no alimentario

Al examinar la Tabla 6, se observa que la caída en la producción agraria primaria y de elaboración de alimentos (un 8% y un 10%, respectivamente) es débil si la comparamos con el promedio macroeconómico (18%).

Esto indica que el sector agroalimentario está desempeñando un (limitado) papel estabilizador, como se constata en la introducción. Efectivamente, en el año 2015, la contribución de la actividad agroalimentaria al PIB total será mayor en el escenario de crisis (6,9%) que en el de referencia (6,0%). Existen varias razones que apoyan esta observación.

En primer lugar, si hacemos una comparación con los sectores no agrarios, la capacidad de respuesta de la oferta agraria se ve limitada por la inmovilidad del factor de suelo. Por tanto, las caídas en el uso de mano de obra y capital agrarios (un 9% y un 6%, respectivamente) son débiles comparadas con los sectores no agrarios (un 19% y un 9%, respectivamente) (Tabla 6). Una consulta a las Tablas 5 y 6 también revela que el sector agrario ha hecho un uso más intensivo de la tierra (menos intensivo del trabajo) como resultado de la crisis¹³. Empleando datos input-output sobre empleos equivalentes a tiempo completo en la agricultura, estimamos que para el año 2015 la agricultura primaria estará funcionando con 104 000 trabajadores menos.

En segundo lugar, los productos básicos agroalimentarios se enfrentan a elasticidades gasto de demanda relativamente más bajas, especialmente los productos agrarios. Teniendo en cuenta las reducciones en las rentas disponibles, los desplazamientos hacia abajo de las demandas de la función tipo SGL ("sistema de gasto lineal") de los consu-

10. Dado el uso de tierras marginales en la agricultura española, nuestra curva de oferta econométrica del suelo está caracterizada por la estimación de un punto inelástico de oferta.

11. Dado el nivel de desempleo (entre trabajadores cualificados y no cualificados) y la "fuga de cerebros" difundido en la prensa española, el sector privado de España ha observado una reducción considerable en la intensidad de mano de obra.

12. El resultado real de los salarios está mayormente condicionado por el parámetro de elasticidad de sueldos. También se ha observado que los sueldos reales en España no han respondido mucho a las condiciones del mercado laboral después de la crisis (Jaumotte, 2011).

13. Las estadísticas del INE (2010) revelan una tendencia a la reestructuración de la agricultura española hacia unidades productivas de mayor tamaño. Nuestra hipótesis es que la crisis no ha hecho sino acelerar este proceso de ajuste.

midores son moderados. En tercer lugar, y como se ha mencionado anteriormente, la agricultura está relativamente protegida frente al colapso de las expectativas de los inversores. La importancia de los mercados de inversiones para las actividades del sector IC es significativa, sin embargo si echamos un vistazo a la columna 1 de la Tabla 6 vemos que el papel es mucho más discreto en el caso de la agricultura¹⁴. Teniendo en cuenta la existencia de unas contracciones de la producción relativamente mayores en el sector de la fabricación (23%) y en las actividades del sector IC dependientes de la inversión (32%), la Tabla 6 nos muestra que ambos sectores están recortando considerablemente la mano de obra (un 25% y un 26%, respectivamente) y el capital (un 11% y un 17%, respectivamente), con las consiguientes reducciones de los salarios reales y las rentas del capital. Las caídas en el precio de la oferta en la agricultura (8%) están tan solo ligeramente por debajo de la media (7%). Esto se debe a que las grandes reducciones en las rentas reales de la tierra se ven mitigadas por unas caídas menores de los salarios reales de la mano de obra agraria no cualificada (como se menciona más arriba).

Los distintos sectores agrarios

La capacidad de adaptación de ciertas actividades agrarias ante la crisis es función de consideraciones (potencialmente encontradas) relativas a (i) la "intensidad del factor" y (ii) la "contribución de las ventas". En el caso anterior, un uso más intensivo de la tierra (p. ej., cereales, olivos, ganadería exten-

siva) frena la respuesta de la oferta ante el declive de la economía. Por el contrario, los sectores que hacen un uso intensivo del capital (p. ej. los sectores de ganadería intensiva, leche cruda) se encuentran relativamente menos protegidos ante la menor confianza de los inversores y la menor acumulación de capitales, produciéndose mayores caídas en la producción (*ceteris paribus*). Además, los datos de nuestro modelo revelan que la contribución de la mano de obra al valor añadido es mayor en el caso de la producción de hortalizas (el 52%), frutas (el 36%), arroz (el 32%) y remolacha azucarera (el 26%), donde aproximadamente el 60% de la mano de obra no es cualificada. Teniendo en cuenta la respuesta elástica de la oferta respecto de la mano de obra no cualificada, se espera que la producción baje de manera más pronunciada en estos sectores en comparación con el marco de referencia¹⁵.

Pasando a consideraciones sobre la contribución de las ventas, la principal salida para muchos productos agrarios (p. ej., ganado, azúcar) es el sector de la elaboración de alimentos. Como las demandas intermedias son del tipo Leontief (sensibilidad cero a los precios), las ventas agrarias son directamente proporcionales a las contracciones de la producción en las correspondientes actividades alimentarias de etapas posteriores, que a su vez están principalmente en función de demandas de gasto inelásticas de alimentos. Por otro lado, los sectores españoles de frutas y hortalizas, y en menor grado, las patatas, están muy orientados hacia la exportación (un mercado relativamente más competitivo)¹⁶,

14. Estas estadísticas se basan en los datos subyacentes de la tabla input-output de España en 2005.

15. Las proporciones de tierra, capital y mano de obra se basan en estimaciones en RECAN (2008) y datos sobre tierra de (MARM, 2006).

16. Las frutas y hortalizas constituyen un 15% y un 20% respectivamente de la producción agraria española. Además, España es el mayor exportador de la UE de frutas y hortalizas, pero se enfrenta a una competencia cada vez mayor por parte de Turquía, el Norte de África, Israel, Sudáfrica, Costa Rica y Brasil. Muchas de estas regiones se han recuperado con mayor rapidez que España de la crisis financiera.

mientras que la producción de uvas para vino, olivos de aceite y carne porcina son también sensibles a las exportaciones debido a su fuerte vínculo intermedio con los sectores correspondientes de elaboración exportadores (por ejemplo, "alcohol", "aceites y grasas" y "carne blanca", respectivamente).

Si examinamos la Tabla 7, los sectores del cereal (excluyendo el arroz), las oleaginosas y el olivo registran elasticidades oferta inferiores (entre

0,4 y 0,9) debido al uso más intensivo de la tierra, la inelasticidad de las demandas finales para los productos agrarios con respecto al descenso de las rentas reales y la importancia de la demanda (de tipo Leontief) de los sectores de la elaboración de alimentos. Teniendo en cuenta la falta de sensibilidad de las demandas intermedias ante los precios, y las caídas en los precios de la tierra presentadas en la Tabla 5, las caídas en los precios de la oferta interna son proporcionalmente mayores.

Tabla 7. Efecto de la crisis sobre los precios y la producción en 2015
(cambio % acumulado con relación a la referencia)
Table 7. Effect of the crisis on prices and output in 2015
(cumulative % change relative to baseline)

	Precios internos de la oferta	Producción	Elasticidad de la oferta
Trigo	-9	-6	0,7
Cebada	-10	-4	0,4
Maíz	-10	-8	0,8
Arroz	-6	-7	1,2
Otros Cereales	-9	-8	0,9
Oleaginosas	-8	-7	0,9
Aceitunas	-16	-6	0,4
Olivos de aceite	-7	-9	1,3
Hortalizas	-5	-13	2,6
Fruta	-7	-11	1,6
Uvas para vino	-7	-10	1,5
Azúcar	-4	-12	3,0
Patata	-6	-9	1,4
Otros cultivos	-5	-6	1,2
Vacuno	-10	-7	0,7
Porcino	-3	-14	4,7
Ovino y caprino	-18	-11	0,6
Aves y huevos	-3	-11	3,7
Leche cruda	-6	-13	2,2

En comparación, los sectores de frutas, hortalizas y patatas exhiben elasticidades oferta mayores (2,6, 1,6 y 1,4 respectivamente) debido a un uso relativamente más intensivo de mano de obra no cualificada y a una mayor contribución de ventas (elásticas) a través de la exportación¹⁷. Los mismos factores se aplican en los sectores de las uvas para vino y los olivos de aceite, que también muestran elasticidades de oferta mayores (1,5 y 1,3, respectivamente). Además, el coste energético del regadío en ambos sectores constituye una proporción de los costes relativamente mayor en comparación con otras actividades agrarias y otros países (Lamo de Espinosa, 2010). Como los precios de la energía convergen (aumentan) a un ritmo constante hacia niveles de referencia para el 2015, las caídas de precios en los dos sectores se amortiguan. Por consiguiente, la producción (precio de la oferta) cae un 11% (7%) y un 13% (5%) en las frutas y hortalizas, respectivamente. La reducción de la producción de fruta relativamente menor se debe a la mayor intensidad de uso del suelo en los datos de referencia, mientras que las reducciones inducidas por la crisis en el uso de mano de obra no cualificada hacen que ambos sectores hagan un uso relativamente más intensivo del suelo.

La proporción relativamente menor del coste de la tierra (mucha mano de obra no cualificada) en la actividad de producción de remolacha azucarera, da como resultado una notable contracción de la producción (12%), acompañada de una caída moderada de pre-

cios (4%). En los sectores ganaderos intensivos (p. ej. porcino, avícola y leche cruda), la dependencia del capital (tierra) es relativamente elevada (baja). Por tanto, a pesar de las demandas del consumidor en favor de las carnes blancas, la reducción en la acumulación de capital sectorial debida a las menores expectativas inversoras lleva a caídas en la producción acumulada (el 14% en porcino, el 11% en aves y el 13% en leche cruda). Según las estimaciones, las elasticidades de la oferta en estos sectores son del 4,7 (porcino), 3,7 (avícola) y 2,2 (leche cruda), donde la producción porcina también responde a las demandas de exportación elásticas de productos españoles de carne de cerdo.

En los sectores de ganadería extensiva (vacuno, ovino y caprino), que hacen mayor uso de las tierras de pasto, las elasticidades oferta son (*a priori*) moderadas. Además, las reducciones en los gustos y preferencias por las carnes rojas unido a la caída de las rentas disponibles culmina en el descenso de los precios de ovino y caprino de un 18% comparado con la situación de referencia, con la consiguiente caída de la producción de un 11% para 2015¹⁸.

Balanzas comerciales

España obtendrá una mejoría de la balanza comercial acumulada de 60 mil millones de euros en 2015 comparado con la situación de referencia (Tabla 8), lo cual refleja la gran reducción en las importaciones como respuesta al descenso de las rentas nacionales¹⁹. El dé-

17. Según nuestros datos (Datacomex, 2010), los mercados en el exterior suponen aproximadamente el 40% de las ventas españolas de hortalizas, y el 61% de las ventas totales españolas de fruta.

18. En España el sector ovino y caprino ha seguido una tendencia decreciente durante algunos años debido a los cambios en las preferencias de los consumidores hacia la carne blanca (también afectando negativamente la producción española de vacuno), a la existencia de productores más competitivos en otras partes de Europa y a una reducción regular de ganaderos ovinos (Lamo de Espinosa, 2010). Los resultados sugieren que estas tendencias se han acelerado con la crisis.

19. Según las estadísticas nacionales de España (DATACOMEX, 2010), el déficit comercial cayó desde -€100.016 millones en 2007 (antes de la crisis) hasta -€46,227 millones en 2009 y permaneció en -€52.283 millones en 2010.

Tabla 8. Impactos de la balanza comercial sobre los productos agroalimentarios
(cambio acumulado en millones de euros con relación a la referencia)
Table 8. Trade balance impacts in agro-food commodities
(cumulative change in millions of euro relative to baseline)

(€ millones)	Balanza comercial		Cambios en la balanza comercial			
	2007	2008	2009	2010	2011	2015
Trigo	-445	156	187	158	159	204
Maíz	-716	109	119	99	96	125
Otros cereales	-144	58	62	65	71	80
Oleaginosas	-2086	71	94	89	89	96
Fruta	3139	-1.023	-1.242	-1.245	-1.275	-1.279
Hortalizas	3198	-1.105	-1.207	-1.274	-1.304	-1.339
Ganadería	-335	-3	-15	-27	-39	-8
Carne roja	-36	165	155	130	150	513
Carne blanca	1715	-141	-162	-206	-262	-371
Lácteos	-1532	615	602	478	462	865
Aceites y grasas	1126	-431	-594	-656	-697	-663
Azúcar	-1613	649	594	423	377	495
Agricultura	800	-1.036	-1.420	-1.621	-1.698	-1.488
Alimentos	-508	820	659	742	512	428
Alcohol	875	-1.015	-1.331	-1.451	-1.208	-1.161
Total macro	-94.610	17.845	22.495	17.439	19.971	60.055

ficit comercial de España, como proporción del PIB, supuso un 9,1% del PIB en 2005, comparado con el 11,1% en el escenario de referencia de 2015 y 9,6% en el escenario de crisis para 2015. En los sectores agroalimentarios, las balanzas comerciales acumuladas generalmente mejoran en los sectores netamente importadores. No obstante, el comercio agrario primario *agregado* exhibe un deterioro relativo de €1,488 millones; un resultado que está dominado por el deterioro de la balanza comercial en las hortalizas (€1,339 millones) y frutas (€1.279 millones). En España ambos sectores están muy

orientados hacia la exportación de tal manera que las contracciones relativas en las exportaciones son especialmente perjudiciales para su producción. En los sectores de elaboración de alimentos, los grandes deterioros de la balanza comercial se producen en la carne blanca (principalmente cerdo) (€371 millones) y en aceites y grasas (€663 millones), mientras que en el sector del alcohol la balanza se deteriora en €1,161 millones en 2015. Una vez más, estos deterioros reflejan el efecto de las contracciones de la producción en las actividades orientadas hacia la exportación.

Utilidad de los hogares y rentas de los hogares agrarios

Como promedio, la utilidad acumulada (renta real) por hogar ha caído desde la crisis en un 13% (una caída de €101.855 millones a escala de economía) en 2015 comparado con la de referencia (Figura 1 y Tabla 9). Si se comparan los distintos hogares, la crisis parece ampliar las desigualdades de rentas. Este resultado proviene de la calibración de parámetros Frisch más elevados de la función SGL para caracterizar los hogares más pobres (p. ej. un mayor gasto de subsistencia como proporción del gasto total). Ya que un parámetro Frisch más elevado implica una mayor elasticidad de la utilidad marginal respecto de los cambios en el gasto, con caídas en la renta real de los hogares (utilidad),

siendo los hogares más pobres testigo de unas mayores caídas de utilidad marginales. Por tanto, para 2015 los hogares más pobres se enfrentan a reducciones de un 19% en la renta real (€2.253 millones) comparado con sólo el 9% (€4.420 millones) en el caso de los más ricos (Tabla 9).

Otra observación tiene que ver con la reducción de la utilidad alimentaria y no alimentaria en todos los hogares. Normalmente las mayores caídas de utilidad se acumulan en las compras de productos no alimentarios debido a la mayor ponderación que tienen dentro del presupuesto. No obstante, según la Ley de Engel, cuanto más pobre sea el hogar mayor será la proporción de presupuesto destinado a la compra de alimentos²⁰. En consecuencia, y en términos comparativos, la

Tabla 9. Impacto acumulado sobre los hogares pobres/ricos para 2015
(cambio % acumulado con relación a la referencia)
Table 9. Cumulative impact on poor/rich households by 2015
(cumulative % change relative to baseline)

Renta (precios 2005)	Utilidad	Utilidad de productos alimentarios	Utilidad de productos no alimentarios	ratio productos alimentarios /noalimentarios
1. € 499 al mes o menos	-19	-10	-21	2,2
2. € 500 a € 999 al mes	-16	-7	-19	2,5
3. € 1000 a € 1499 al mes	-15	-6	-17	3,0
4. € 1500 a € 1999 al mes	-14	-5	-15	3,2
5. € 2000 a € 2499 al mes	-13	-4	-14	3,4
6. € 2500 a € 2999 al mes	-12	-3	-13	3,9
7. € 3000 a € 4999 al mes	-10	-2	-11	4,7
8. € 5000 al mes o más	-9	-1	-9	6,4
Hogares Agregado	-13	-4	-15	3,3

20. En modelos de EGC dinámicos, las proporciones marginales del presupuesto en la función SGL de hogares privados se actualizan al final de cada año. Por lo tanto, con el tiempo, las curvas de Engel no están abocadas a ser líneas rectas desde el origen.

magnitud de la pérdida de utilidad de los productos no alimentarios en los hogares más pobres es sólo 2,2 veces la magnitud de la pérdida de utilidad de los productos alimentarios, en comparación con las casi seis veces para los hogares más ricos (columna final, Tabla 9). Además, con el tiempo conforme cae la renta per cápita, la elasticidad gasto de demanda aumenta (comparado con la referencia) con aumentos relativos en el parámetro de Frisch. Por consiguiente, las compras de productos no alimentarios con una elasticidad gasto de demanda elevada caen a una velocidad mayor. En los hogares más ricos con porcentajes del presupuesto destinado a productos no alimentarios proporcionalmente mayores, esto implica que hay una caída incluso más rápida del gasto en productos no alimentarios que del gasto total. Por consiguiente, cuanto más rico sea el hogar, mayor será el potencial para que haya un efecto sustitución relativo hacia compras de alimentos. Este efecto también explica por qué la utilidad de los alimentos sólo cae un 1% en los hogares más ricos (comparado con los más pobres).

La Figura 2 presenta el impacto de la crisis sobre las rentas agrarias en relación con la referencia. Mientras que los ingresos no relacionados con la agricultura (p. ej. PAC neta) suben hasta el 9% debido a la reducción de los impuestos que pagan los agricultores debido a la reducción en la base de producción²¹, la mayoría de los pagos agrarios se generan con los ingresos de los factores empleados en la agricultura. A pesar de que sólo existan pequeñas reducciones en los salarios reales de la mano de obra no cualificada, las caídas más notables de los ingresos reales de los trabajadores cualificados y la tierra producen una caída del 10% de los ingresos de los fac-

tores agrarios. En consecuencia la caída de los ingresos reales de las explotaciones inducida por la crisis será del 9% en 2015.

Discusión

Este estudio emplea un modelo EGC dinámico para estimar los impactos de la crisis financiera en los sectores agrarios españoles. En términos acumulados y comparado con la situación de referencia (sin crisis), hemos calculado que para el año 2015 la producción agraria primaria cae en un 8%, emplea 104 000 trabajadores menos y se enfrenta a reducciones de la renta agraria real de un 9%. Tras estas cifras globales, la contracción de la agricultura y los sectores alimentarios españoles es relativamente menor que la de los sectores no alimentarios, dando como resultado una contribución mayor del sector agroalimentario al PIB español en el escenario de crisis (6,9%) comparado con el marco de referencia (6,0%); un resultado que apoya las expectativas *a priori* (OCDE, 2009) y la bibliografía previa (p. ej. Strutt y Walmsley 2010; Chitiga, 2010). Este resultado se atribuye a la relativa inmovilidad del suelo que lleva a una mayor inelasticidad de la oferta en la agricultura, menores elasticidades de demanda de gasto de productos alimentarios y una menor importancia relativa de las expectativas de los inversores comparado con los sectores de fabricación y construcción.

Si comparamos los distintos sectores agrarios, en líneas generales la capacidad de respuesta de la oferta está en función de consideraciones relativas a la "intensidad del factor" y la "contribución de las ventas". Los sectores con mayor elasticidad oferta son aquellos

21. Se presupone que los pagos de apoyo a la agricultura en España son iguales en los dos escenarios ya que las asignaciones nacionales están predeterminadas como parte del acuerdo marco presupuestario de la UE.

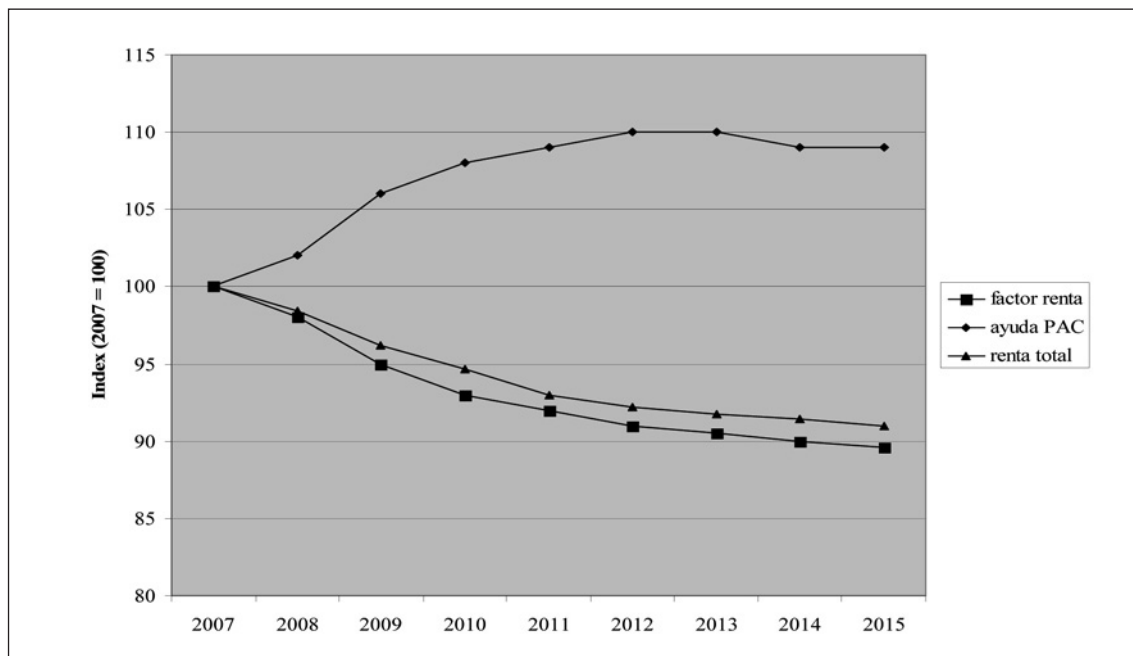


Figura 2. Impacto de la crisis sobre las rentas agrarias reales.

Figure 2. Impact of the crisis on real farm incomes.

caracterizados por una intensidad de capital y de mano de obra no cualificada relativamente mayor o con mayor exposición a mercados con un comercio competitivo (p. ej. aves, leche cruda, porcino, azúcar, arroz, fruta y hortalizas). Por el contrario, aquellas actividades que requieren un uso más intensivo de la tierra o una mayor dependencia de las ventas intermedias de Leontief exhiben elasticidades oferta considerablemente menores (p. ej. cereales, ganadería extensiva). En cuanto al comercio español, el deterioro de la balanza agraria (-€1.488 millones) está provocado por el empeoramiento de las condiciones del sector de frutas (-€1,279 millones) y hortalizas (-€1,339 millones) orientado hacia las exportaciones, pero mitigado por modestas mejoras en otras zonas. El análisis de los gastos de los hogares estratificados por riqueza sugiere que existe un preocupante aumento de la desigualdad entre rentas en Es-

paña como resultado de la crisis. Comparado con la situación de referencia, las reducciones acumuladas de "utilidad de los alimentos" son un 10% en los hogares más pobres comparada con un 1% en los más ricos. Este resultado se debe principalmente a la mayor proporción de presupuesto dedicado a los productos alimentarios en los hogares más pobres, pero también es función de la posibilidad de sustitución entre productos alimentarios y no alimentarios debida a los cambios en las elasticidades gasto de demanda en todos los segmentos de hogares.

Hay que advertir en este análisis que la credibilidad de los resultados se puede juzgar principalmente por la calidad de los flujos de datos subyacentes del EGC, las formas funcionales, y las elasticidades, en particular aquellos casos donde el empleo de elasticidades no españolas pueden introducir un grado

de sesgo conductual en los resultados. Además, teniendo en cuenta algunas incógnitas en cuanto a los cambios en las proyecciones, especialmente en la situación de referencia, se han aplicado supuestos de "tendencias" plausibles empleando datos de series temporales. En este contexto una hipótesis subyacente de nuestras proyecciones macroeconómicas es que la economía española en situación de crisis de alguna manera seguirá manteniéndose por debajo de su trayectoria de referencia para 2015. De manera implícita postulamos, basándonos en previsiones oficiales apoyadas por indicadores estructurales y financieros actuales, que la recuperación de la economía española (en comparación con otros socios de la UE) va a ser particularmente lenta, aunque no es una situación sin precedentes (p. ej, "la década perdida" de Japón). En este contexto los resultados de nuestro modelo deberían quizás considerarse como estimaciones del límite inferior.

Agradecimientos

Los autores reconocen el apoyo financiero prestado por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) (RTA2009-00107-00-00) y el Gobierno de Aragón en colaboración con La Caixa. También agradecemos a dos revisores por sus comentarios sobre una versión anterior.

Bibliografía

Chitiga M, 2010. "The impact of the economic crisis in South Africa: A computable general equilibrium model", Poverty and Economic Policy Network, Senegal, junio 2010.

Datacomex, 2010. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio <http://datacomex.comercio.es/> (accessed Oct, 2010).

Dixon P y Rimmer M, 2007. Dynamic General Equilibrium Modelling for Forecasting and Policy, Bingley (Reino Unido), Emerald.

Dixon P y Rimmer M, 2010. "You can't have a CGE recession without excess capacity", *Economic Modelling*, 28(1-2), pp. 602-613.

EC, 2010. Stability and Convergence program, Spain, http://ec.europa.eu/economy_finance/sgp/convergence/programmes/index_en.htm (accessed Sept, 2010).

Eurostat, 2008. News Release 117, <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=STAT/08/117&format=HTML&aged=0&language=EN&guiLanguage=es> (accessed Feb, 2012).

Eurostat, 2012. http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/pagelportal/euroindicators/labour_market/database (accessed Feb, 2012).

Fernández-Val I, 2003. "Household labour supply: Evidence for Spain", *Investigaciones Económicas*, 27(2), pp. 239-275.

FEGA, 2010. <http://www.fega.es> (accessed Sept, 2010).

FMI, 2008. World Economic Outlook Database, <http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2008/01/weodata/index.aspx> (accessed Oct, 2010).

FMI, 2010. World Economic Outlook Database, <http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2010/02/weodata/index.aspx> (accessed Oct, 2010).

Instituto Nacional de Estadística (INE), 2010. Instituto Nacional de Estadística, Government of Spain, <http://www.ine.es/> (accessed Aug, 2010).

Jaumotte, F, 2011. The Spanish labour market in a cross-country perspective, IMF working paper WP/11/11.

Jensen H y Frandsen SE, 2003. *Implications of EU accession of 10 new members. The Copenhagen Agreement*, Danish Research Institute of Food Economics, Copenhagen.

Lamo de Espinosa J, 2010. La Crisis Económica Global y La Crisis Agraria Española, *Colección Mediterráneo Económico*, v16, pp. 47-83.

Ludena C, Hertel TW, Preckel PV, Foster K y Nin A, 2006. *Productivity growth and convergence in crop, ruminant and non ruminant production:*

- Measurement and forecasts*, GTAP Working Paper no.35, Purdue University, USA.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM), 2006. Anuario de Estadística, Gobierno de España.
- Moro D y Sckokai P, 2000. "Heterogeneous preferences in household food consumption in Italy", *European Review of Agricultural Economics*, 27(3), pp. 305-323.
- Narayanan BG y Walmsley TL (Eds), 2008. "Global trade, assistance and production: The GTAP 7 data base", Purdue University, USA.
- OCDE, 2009. Agricultural Outlook 2009-2018, OCDE publishing, Paris, <http://www.agri-outlook.org/> (accessed Oct, 2010).
- Philippidis G, 2010a. Measuring the Impacts of the CAP in Spain: A CGE Model Approach, *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 10(1), pp. 99-119.
- Philippidis G, 2010b. EU import restrictions on genetically modified feeds: Impacts on Spanish, EU and global livestock sectors, *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8(1), pp. 3-17.
- Philippidis G, Bourne M y Childs J, 2011a. A Dynamic CGE Model for Agricultural Policy Analysis in Spain: Building a CGE data base, Documento de Trabajo 11/01. Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria, pp. 1-59. <http://hdl.handle.net/10532/1611>
- Philippidis G, Bourne M, Childs J y Sanjuán AI, 2011b. A recursive dynamic CGE model for agricultural policy analysis in Spain (ORANI-DYN): Modifications to the standard ORANI-G model framework, Documento de Trabajo 11/02. Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria, pp. 1-62. <http://hdl.handle.net/10532/1612>
- RECAN, 2008. Red Contable Agraria Nacional, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM), Gobierno de España.
- Raihan S, 2010. "Implications of the global economic crisis for the Bangladesh economy", 13th Annual Conference on Global Economic Analysis, Malaysia, June 2010.
- Strutt A y Walmsley T, 2010. "Trade and sectoral impacts of the financial crisis: A dynamic CGE analysis", 13th Annual Conference on Global Economic Analysis, Penang, Malaysia, June 2010.
- USEIA, 2010. Annual Energy Outlook, 2010 with Projections to 2035, United States Energy Information Administration, Washington D.C.
- Van Meijl H, Van Rheenen T, Tabeau A y Eickhout B, 2006. The impact of different policy environments on land use in Europe, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 114, pp. 21-38.

(Aceptado para publicación el 22 de marzo de 2012)

Modelos de estimación de radiación solar global con limitación de datos y su distribución espacial en Castilla-La Mancha

A. Martínez-Romero¹, J.F. Ortega, J.A. de Juan, J.M. Tarjuelo y M.A. Moreno

Centro Regional de Estudios del agua, Universidad de Castilla-La Mancha, 02071 Albacete, España

Resumen

La estimación de la radiación solar global (R_{sg}) constituye un procedimiento necesario cuando se carece de suficientes registros observados en una región, a la hora de estudiar la distribución espacial y temporal de parámetros energéticos con distintos fines. Si bien es la fuente primaria de energía del sistema climático, la medición de la radiación solar sólo se efectúa en un número limitado de estaciones meteorológicas.

El objetivo de este trabajo es evaluar modelos, con diferente grado de complejidad, que permitan estimar la R_{sg} en la región de Castilla-La Mancha (CL-M) con alta bondad en el ajuste de los resultados, a partir de datos básicos ofrecidos por estaciones termopluviométricas y representar gráficamente la distribución espacial y temporal de este parámetro en la región.

En C-LM se dispone de series de datos medios mensuales procedentes de estaciones termopluviométricas, por lo que resulta interesante conocer la bondad de las estimaciones de R_{sg} con distintos métodos en situaciones de limitación de registros. Las metodologías analizadas se basan en la aplicación de técnicas de regresión lineal (RL), redes neuronales artificiales (RNAs) y la metodología propuesta por FAO basada en la ecuación de Hargreaves, contrastando los resultados con los valores medidos en estaciones completas. Los modelos que mejor reproducen los valores observados son los basados en RNAs con datos de temperaturas máximas, mínimas y valores de radiación solar global extraterrestre, y el modelo de Hargreaves, con errores relativos de validación que oscilan entre el 5,8% y 8,3%, y, entre el 7,1% y 9,7% respectivamente.

Utilizando la serie de datos de R_{sg} histórica representativa elaborada mediante la aplicación de RNAs a partir de datos registrados en estaciones termopluviométricas, se ha plasmado gráficamente la caracterización de la R_{sg} en C-LM.

Palabras clave: Radiación solar global; limitación de datos; Redes neuronales artificiales; Interpolación de la radiación solar global.

Abstract

Estimating models of global solar radiation with limiting data and its spatial distribution in Castilla-La Mancha

Estimating global solar radiation (R_{sg}) is required under missing data conditions. It is an important factor to study the spatial and temporal distribution of energy parameters for different purposes. Despite being the primary energy source of the climate system, solar radiation is measured only at a limited number of weather stations.

1. Autor para correspondencia: Angel.mromero@uclm.es

The main objective of this paper is to evaluate different models to estimate the R_{sg} in the region of Castilla-La Mancha (CL-M) from data obtained from termopluviometric weather station. In addition, spatial and temporal R_{sg} will be mapped.

In C-LM, historical monthly average data from temperature and rainfall series are available. For estimation of R_{sg} values, several approaches were applied: 1) lineal regression (RL); 2) artificial neural networks (RNA), and 3) the Hargreaves model. The goodness-of-fit of each model was computed for each model. The best models were those based on ANNs using maximum and minimum temperature values and extraterrestrial radiation (R_a) data. The Hargreaves model showed also a proper behaviour. The relative errors found for model validation ranged between 5.8% and 8.3% for ANN models and between 7.1% and 9.7% for the Hargreaves model.

By using R_{sg} historical data which are developed through the application of RNAs from termopluviometric data, the R_{sg} that characterizes C-LM has been mapping.

Key words: Solar global radiation, Limited data; Artificial neural networks; Interpolation of the global solar radiation.

Introducción

La energía solar es, además de fuente de energía para el desarrollo de la vida, un recurso natural. El conocimiento de su disponibilidad, su distribución geográfica y comportamiento a lo largo del año, permiten su mejor aprovechamiento y tiene una enorme importancia en términos ecológicos y económicos (Pons, 1996).

El aprovechamiento de la energía solar está condicionado a la intensidad de radiación solar incidente. La estimación de la radiación solar global (R_{sg}) es necesaria cuando se carece de los registros observados y generalizados en todo el territorio de una región, y se pretende estudiar la distribución espacial y temporal de parámetros energéticos con distintos fines. Adquiere gran importancia en la planificación de actividades como la agricultura, el turismo, la planificación urbana, y la posible utilización directa de la energía solar como fuente de energía renovable (de la Casa et al., 2003).

Actualmente es común la elaboración de mapas de Radiación Solar (R_s), donde normalmente se representan los valores promedios diarios, mensuales o anuales, a partir de me-

diciones vía satélite (Hurtado and Sobrino, 2001; Sidrach et al. 2002; Cristóbal et al., 2009). También se utilizan los datos obtenidos mediante observatorios sobre el terreno, generalmente ubicados en las ciudades y grandes centros poblados (Font, 2000; DMAGA, 2008).

La medición de la R_s se efectúa en un número limitado de estaciones meteorológicas (Rietveld, 1977; Goodin et al., 1999) y, ha sido uno de los elementos menos evaluados del clima. Con frecuencia, en el ámbito agrario, la fiabilidad de los registros climáticos disponibles es baja, especialmente, los referidos a la R_s (observación directa de Radiación solar global (R_{sg}) o número de horas de insolación).

Existen diversos modelos empíricos para la generación de datos de R_{sg} en ausencia de medidas directas (Allen et al., 1998; Allison, 2001; Castellví y Elías, 2001; Pelayo, 2004). Allen et al. (1998) exponen procedimientos sencillos, a partir del número de horas de insolación diaria (Kasten et al., 1996). Los modelos propuestos se basan en la interpolación de datos conocidos, modelos de regresión lineal, o los que se sustentan en la amplitud térmica (Hargreaves and Samani, 1985; Hargreaves, 1994). Algunos autores han estudiado relaciones empíricas entre las horas

de luz solar y la R_{sg} (Glover and McCulloch, 1958; Rees, 1968) no ofreciendo mejores resultados que los recomendados por Allen *et al.* (1998). Pons (1996) propone la estimación de la R_{sg} a partir de modelos digitales de elevaciones y de datos astronómicos, factores en los que se apoyan otros autores (de la Casa *et al.*, 2003; Gómez-Tagle, 2003). También se han propuesto modelos estructurales basados en el tratamiento estadístico series de radiación generadas con modelos de simulación a escala horaria (Aguiar and Collares, 1992), y diaria (Ávila *et al.*, 2000).

En la gestión del territorio del medio rural es común disponer únicamente de los valores registrados en estaciones termopluviométricas, y en tales casos, para la estimación de variables de gran importancia en la planificación agraria tales como la evapotranspiración de referencia (ET_o) y/o R_{sg} , se suele recurrir a modelos basados en la ecuación de Hargreaves (Hargreaves and Samani, 1985; Trajkovic, 2007).

Durante la última década, se ha extendido el uso de las redes neuronales artificiales (RNAs), como herramienta para la estimación de parámetros entre los que existe correlación espacial y/o temporal, y han sido aplicadas con resultados satisfactorios en el campo de la agrometeorología. Por ejemplo, la temperatura del aire, la humedad relativa, la presión de vapor de saturación, la temperatura del punto de rocío, y especialmente en la estimación de la ET_o , con frecuencia en situaciones con limitación de datos (Shank, 2003; Zanetti *et al.*, 2007; Kumar *et al.*, 2010). En el ámbito de la radiación solar existen trabajos que han aplicado estas técnicas para su estimación (Dorvlo *et al.*, 2002; Krishnaiah *et al.*, 2007; Rehman and Mohandes, 2008; Jiang, 2008).

Por otra parte, es fundamental en numerosas tareas de planificación hidrológica, agrícola o urbanística, disponer de la información meteorológica representada espacialmente.

Existen diferentes métodos para la realización de cartografías climáticas. Los métodos tradicionales, basados en un criterio experto y realización manual de las cartografías (de León *et al.*, 1974; Elías y Ruiz-Beltrán, 1981), han dado paso a técnicas basadas en procedimientos estadísticos y de cartografiado automático (Rehman and Ghorri, 2000; Harold, 2004; DMAGA, 2008; Alsamamra *et al.*, 2009).

El objetivo del presente trabajo es el desarrollo en Castilla-La Mancha (C-LM) de modelos espaciales de estimación de R_{sg} mensual basados en ANN y ecuaciones alternativas con bajos requerimientos de datos (estaciones termopluviométricas). Con esta información se procede a la representación gráfica de la variabilidad espacial y temporal de los datos climáticos generados.

Materiales y métodos

Descripción de la zona de estudio

El área de estudio es la Comunidad Autónoma de C-LM, región semiárida con una extensión de 79.462 km². Está ubicada en el centro de la Península Ibérica, rodeada por una serie de montañas, que tienen una influencia significativa en las condiciones climáticas de la región. Las dos terceras partes del territorio están por encima de los 600 m de altura sobre el nivel del mar, mientras que no hay ninguna zona que se encuentre situada a menos de 200 m de altitud. Además, esta región tiene una alta variabilidad climática debido a la presencia de llanuras (predominantes) y montañas.

El clima regional se puede clasificar, por sus características en conjunto, como mediterráneo, con un marcado matiz continental, con contrastes térmicos notables, diarios y estacionales, de verano largo, seco y caluroso e invierno con muchos días de heladas, espe-

cialmente en tierras altas y hondonadas, y con una distribución estacional desequilibrada de las escasas lluvias. Aún así, existen dos zonas climáticas claramente diferenciadas: Un sector húmedo con un superávit de 230 a 560 mm, localizado principalmente en el norte de la región en las áreas de mayor altitud, y un sector seco, con un déficit que con frecuencia supera los 400 mm en un período de entre 7 y 9 meses. La última es la más representativa y amplia de la región, situada en su mayor parte en la llanura central y el área Sur y Oriental. La Figura 1 presenta la temperatura media anual de la región (Martínez-Romero, 2010) a modo de resumen de las características generales de las condiciones termométricas de C-LM.

La R_{sg} anual acumulada en C-LM oscila entre los 5.500 MJ m⁻² en el Noreste y los 6.500 MJ m⁻² en áreas del sur y sureste (Martínez-Romero, 2010). Como referencia se suele tomar el valor promedio diario de 16,5 MJ m⁻² día⁻¹ (MMA, 2008). Los mínimos valores de R_{sg} promedio diaria en un mes se producen durante diciembre en el Norte y Noroeste de C-LM (6,5 MJ m⁻² día⁻¹), y los máximos durante julio en el Sur y Suroeste (28,5 MJ m⁻² día⁻¹). La disminución de la R_{sg} es gradual desde el sureste y suroeste hacia el Noreste de la región, con diferencias más acentuadas en las proximidades de las sierras del Norte y Noreste.

En la región de C-LM se dispone de series históricas de datos de temperatura y precipitación mensuales procedentes de 132 estaciones meteorológicas manuales (Fig. 1), que fueron instaladas por el Instituto Nacional de Meteorología. Esta información puede ser insuficiente si se pretende realizar un estudio en profundidad del clima de la región. Los datos mínimos necesarios para la estimación de la R_{sg} son la temperatura máxima (T_{max}) y la temperatura mínima (T_{min}) (Hargreaves and Samani, 1985; Allen et al., 1998), los cuales se encuentran disponibles en estas estaciones termopluiométricas.

Además, en la región se dispone de 44 estaciones agroclimáticas completas (Fig. 1), incluidas en la red del Servicio de Información Agroclimática para el Regadío (SIAR). Éstas tienen incorporado un piranómetro Sky modelo SP1110 (Campbell) que registra los valores de radiación global incidente cada 10 segundos, quedando almacenados por el datalogger en períodos semihorarios. Esta red se instaló a partir del año 2000 y por ello sus series temporales de datos son más cortas.

Metodología general propuesta

Se plantea la estimación de valores promedio mensuales de R_{sg} a partir de los registros disponibles en series históricas de estaciones termopluiométricas aplicando modelos regionales generados mediante técnicas de regresión lineal (RL) y redes neuronales artificiales (RNAs) (von Storch and Zwiers, 1999; Schalkoff, 1997; Nabney, 2001). En primer lugar se ha procedido al filtrado de los registros (Aguilar et al., 2003), proceso en el que se han detectado y eliminado los datos anómalos. Combinando los datos de R_a y/o los registros de T_{max} , T_{min} , y/o P se han planteado 15 modelos de RNAs o RLs definidos por 1, 2, 3 o 4 variables independientes.

Paralelamente, se valoran los resultados obtenidos al aplicar la ecuación propuesta por Hargreaves (Hargreaves y Samani, 1985) y recomendada por FAO en condiciones de limitación de registros para la estimación de la R_{sg} (Allen et al., 1998) (Ec. 1). Este método se justifica en el hecho de que las diferencias entre el máximo y mínimo de temperaturas se relacionan estrechamente con la radiación solar diaria existente en una dada localización. Por ello, este método estima la R_{sg} a partir de dichas diferencias y de la radiación extraterrestre (R_a), que sólo depende de la latitud (Ec. 1):

$$R_s = k_{R_s} \sqrt{(T_{max} - T_{min})} R_a \quad [1]$$

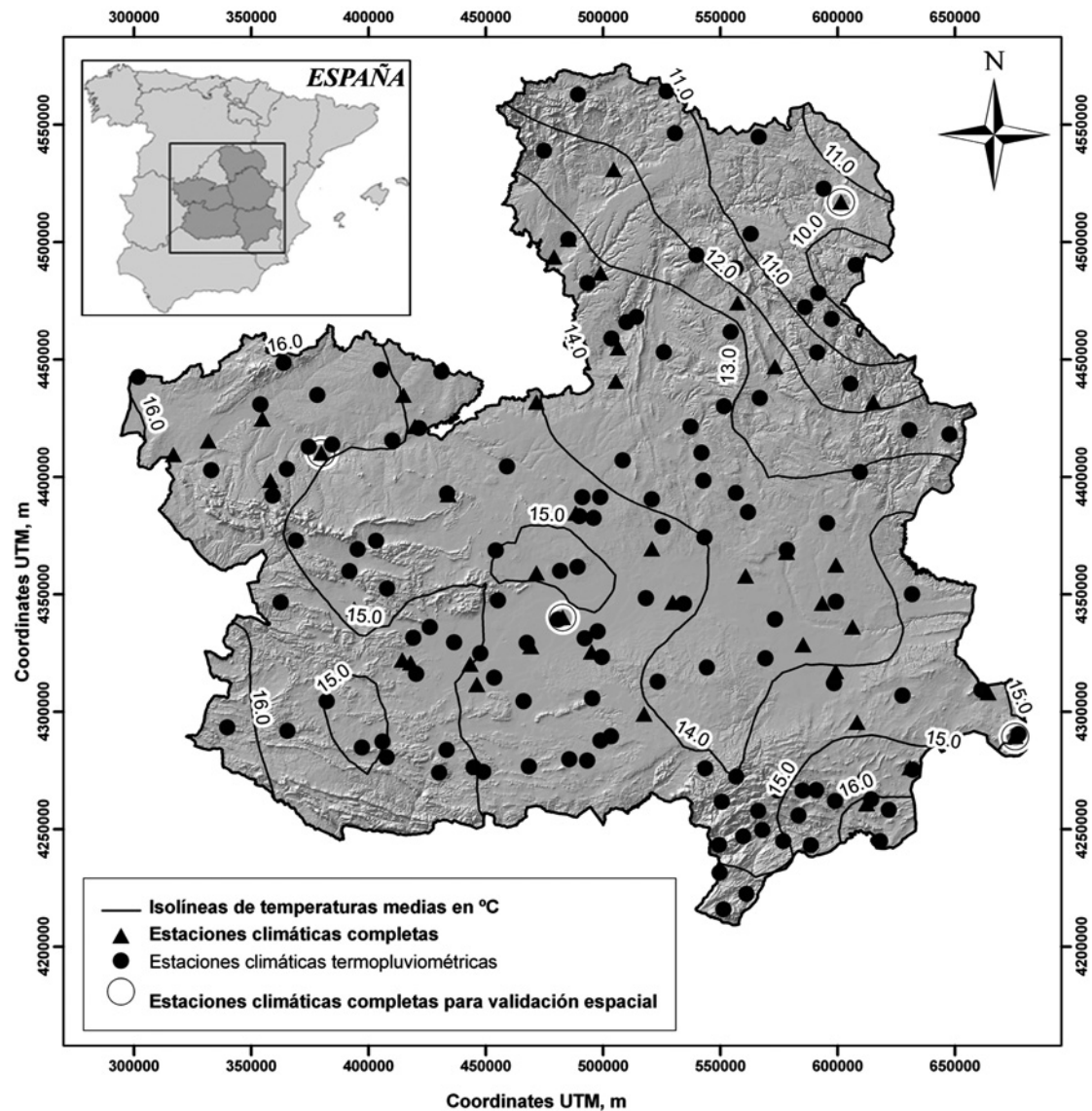


Figura 1. Localización de la región de Castilla-La Mancha y de las estaciones agroclimáticas completas. Distribución de las temperaturas medias anuales (°C) para la serie 1981-2000.

Fuente: Martínez-Romero (2010).

Figure 1. Location of the Region of Castilla- La Mancha and of the completed weather stations. Distribution of annual average temperatures (°C) during the time series 1981-2000.

Source: Martínez-Romero (2010).

donde: R_a es la radiación extraterrestre ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$); T_{\max} es la temperatura máxima del aire ($^{\circ}\text{C}$); T_{\min} es la temperatura mínima del aire ($^{\circ}\text{C}$); y es un coeficiente de ajuste que varía entre 0,16 y 0,19 ($^{\circ}\text{C}^{-0.5}$) ($k_{R_g} \approx 0,16$, para zonas de interior y $k_{R_g} \approx 0,19$, para zonas costeras donde las masas de aire están fuertemente influenciadas por una gran masa de agua).

La Figura 2 presenta las etapas seguidas en la calibración y validación de los diferentes modelos para lo cual se han usado los valores registrados en las 44 estaciones completas de la red SIAR ubicadas en C-LM (Fig. 1) (CREA, 2009). Por otra parte, para el modelo de Hargreaves se estudió la calibración del coeficiente de ajuste. Por último, en el proceso de validación se contrastaron estadísticamente

los resultados estimados por los distintos modelos con los valores observados en las estaciones completas.

De entre todos los modelos propuestos se seleccionará uno, cuya aplicación permitirá la estimación puntual de la R_{sg} promedio mensual en el ámbito de C-LM a partir de los registros históricos disponibles en 132 estaciones meteorológicas manuales. Mediante la aplicación de una de las técnicas de geoestadística (KS) (Webster y Oliver, 2001) se elaboró una salida gráfica en forma de mapas que caracteriza este parámetro climático en C-LM. Para ello se elaboraron 17 mapas, 1 con datos del promedio anual de la serie, 4 con el promedio estacional (primavera, verano, otoño e invierno) y 12 con el promedio mensual.

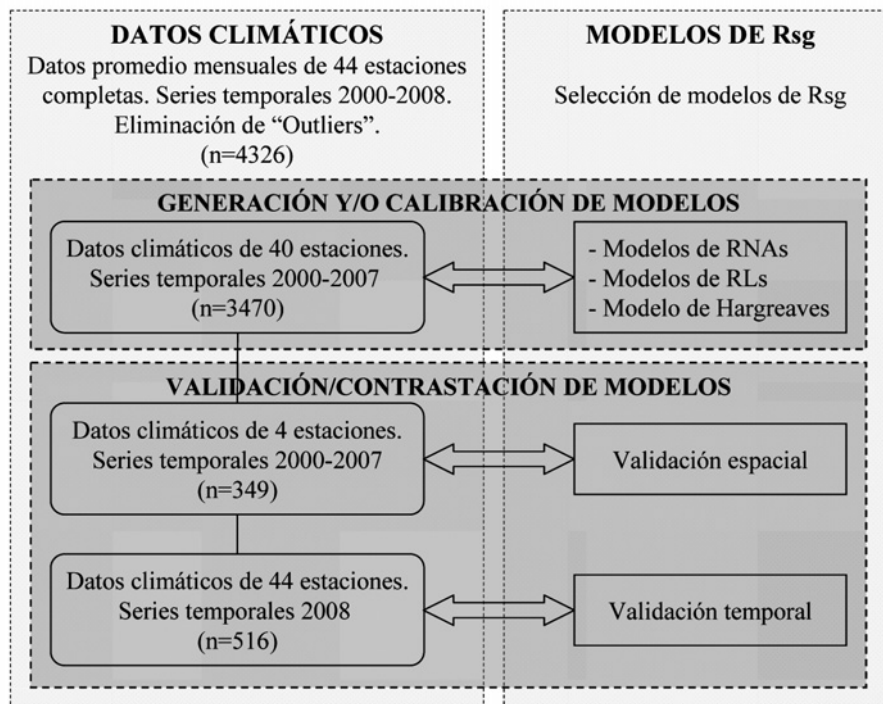


Figura 2. Diagrama de la metodología propuesta para la calibración y validación de modelos.

donde: n = número de datos; R_{sg} = radiación solar global;

RNAs = redes neuronales Artificiales, RLs = Regresiones lineales.

Figure 2. Diagram of the proposed methodology for calibration and validation of the models.

where: n = data number, R_{sg} = global solar radiation,

RNAs = artificial neural networks, RLs = Linear regression.

Modelos basados en regresiones lineales

La técnica de la RL se ha aplicado siguiendo una pauta de complejidad creciente (entendida como el aumento del número de variables independientes) en los modelos planteados, de acuerdo con la metodología de la regresión stepwise ("paso a paso") (Hocking, 1976). Esto permite contrastar la mejora en la bondad de los ajustes en función de la complejidad del modelo de RL. Las variables independientes introducidas paso a paso son los valores promedio mensuales de las temperaturas y precipitación (P) registrados en las estaciones de la red SIAR (Fig. 1) y la radiación solar extraterrestre (R_a , valores para R_a calculados en el día 15 del mes, Allen et al., 1998).

Modelos basados en estructuras de RNAs

También se ha planteado el uso de herramientas basadas en RNAs (Schalkoff, 1997; Nabney, 2001) para la modelación de la R_{sg} mensual. Tal como se ha descrito para las técnicas de RL, se han creado modelos crecientes en complejidad, con una, dos o tres variables independientes, que en este caso definen la capa de entrada. En la Figura 3 se esquematiza la estructura de RNA utilizada, definida por tres grupos de neuronas que conforman las capas de entrada, la capa oculta y la de salida. Los datos de entrada (T_{max} y/o T_{min} y/o P y/o R_a) se representan en la Figura 3 como x_n (para $n = 1, 2, 3, 4$). Cada neurona implementa una función local; así, en los nudos de entrada

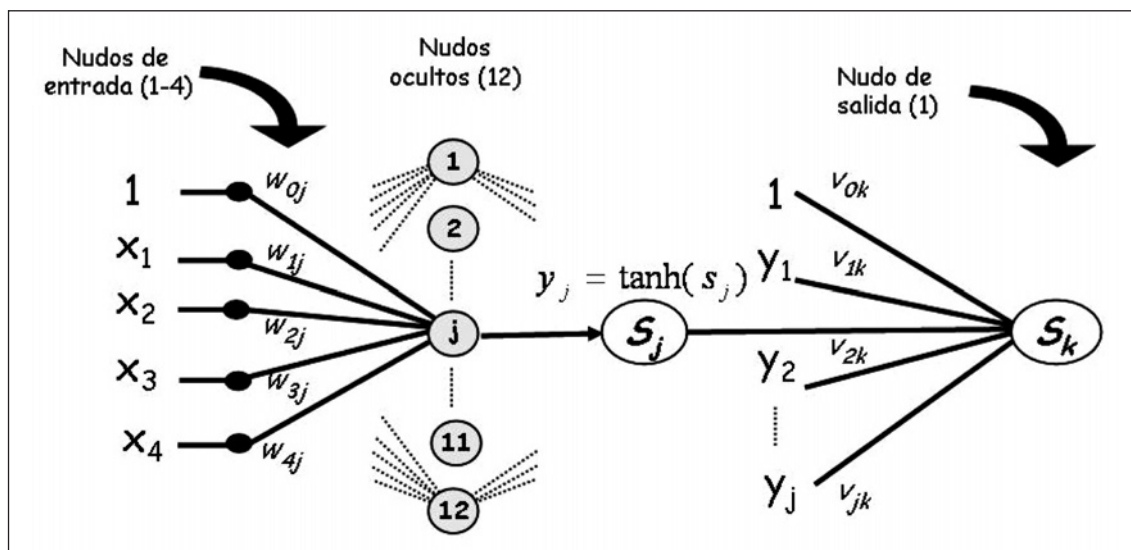


Figura 3. Estructura de la red neuronal artificial utilizada.
(El significado de los símbolos de esta Figura se detalla en el texto)

Figure 3. Artificial neural network structure used.

where: x_n (for $n = 1, 2, 3, 4$) are the input data (Maximum temperatures and/or minimum and/or average and/or rainfall and/or extraterrestrial radiation); w_{nj} , v_{jk} ($j, k = 1, 2, \dots, 12$) represent the weights associated with data matrices of the first and second layer respectively and biases in the linear activation functions; S_j is the result of the linear transformation of activation; y_j is the result of the nonlinear transformation of data; S_k is the output value (Global solar radiation).

es una función lineal, en los ocultos una no lineal, y en los de salida, de nuevo una lineal (Schalkoff, 1997; Nabney, 2001). Los pesos asociados a las matrices de datos de la primera y segunda capa, y, los sesgos en las funciones lineales de activación se representan respectivamente como w_{nj} , v_{jk} ($j, k = 1, 2 \dots 12$). Los valores respectivos resultantes de las transformaciones lineal y no lineal de los datos se representan como S_j e y_i . S_k representa el valor de salida, en este caso la R_{sg} .

Los datos climáticos utilizados para la calibración y validación de los modelos son los mismos que en el caso de las RLs. La estructura RNA seleccionada se define mediante el uso de gráficos de superficie de respuesta (Martínez-Romero et al., 2010).

Estadísticos de comparación. Bondad en el ajuste de los modelos.

Para contrastar y validar los distintos modelos (RLs, RNAs y modelo de Hargreaves (Ec. 1) se han utilizado diversos parámetros estadísticos (Willmott, 1982): el coeficiente de determinación (R^2), raíz cuadrada del error cuadrático medio (RMSE), error relativo (ER), y el índice de similitud (IS) (Ecs. 2 a 4). En todos los casos, los datos de referencia (variable observada) son los valores del promedio mensuales de R_{sg} calculados a partir de los datos semihorarios procedentes de observaciones directas con los piranómetros instalados en las estaciones SIAR, con rangos de medida entre 300 y 1100 mm y una precisión del 3%. Las ecuaciones que definen estos estadísticos son:

$$RMSE = \left[n^{-1} \sum (P_i - O_i)^2 \right]^{1/2} \quad [2]$$

donde: RMSE, es la raíz cuadrada del error cuadrático medio; n , es el número de observaciones; P_i y O_i , son los valores de las observaciones comparadas (valores observados de la variable dependiente (O_i) y valores predichos o estimados con el modelo (P_i)).

$$ER = (RMSE / O_{med}) \cdot 100 \quad [3]$$

donde: ER, es el error relativo y se estima como un porcentaje del valor medio de la variable; O_{med} , es el valor medio de la variable observada.

$$IS = 1 - \left[\frac{\sum (P_i - O_i)^2}{\sum ((P_i - O_{med}) + (O_i - O_{med}))^2} \right] \quad [4]$$

donde: IS, es el índice de similitud y se expresa como una medida relativa de la diferencia entre variables; si $IS = 1$, existe un acuerdo perfecto entre P y O .

En los modelos lineales, para determinar la capacidad de predicción del modelo o bondad de ajuste además del R^2 se han tenido en cuenta en cuenta los grados de significación, tanto de los modelos como de los coeficientes o parámetros que acompañan a las variables independientes y a la constante, calificándolos de altamente significativos, para $p < 0,01$, y no significativos, cuando $p > 0,1$. Para servir de apoyo en la decisión sobre la bondad de los modelos se han estimado también estadísticos (Ecs. 5 a 7) definidos por las siguientes expresiones matemáticas:

$$SEE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n - n_{ind}}} \quad [5]$$

donde: SEE, es el error estándar de estimación y explica el valor de la desviación estándar de los residuos, la variabilidad, o dispersión, de los valores observados alrededor de la recta de regresión; n , es el número de observaciones; P_i y O_i , son los valores de las observaciones comparadas (valores observados de la variable dependiente (O_i) y valores predichos o estimados con el modelo (P_i)); n_{ind} , es el número de variables independientes.

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |P_i - O_i|}{n} \quad [6]$$

donde: MAE, es el error medio absoluto.

$$CMR = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_{med})^2}{n - n_{ind}} \quad [7]$$

donde: CMR, es el cuadrado medio residual.

Además se han analizado gráficamente los residuos para estudiar la homoscedasticidad y el ajuste a la normal de los datos así como la independencia de los residuos (Luque, 2000; Coll y Guijarro, 2007; von Storch and Zwiers, 1999).

Representación cartográfica de la R_{sg}.

Finalmente, se dispone de datos de temperaturas promedio mensuales para el período que comprende los años 1981 a 2000 en 132 ubicadas en C-LM (Fig. 1). A partir de estos registros de temperatura se estimó la R_{sg} mediante la aplicación del modelo seleccionado. Para ofrecer una salida gráfica a los datos generados se ha realizado la interpolación aplicando la técnica de kriging simple (KS).

El análisis geoestadístico de un conjunto de datos lleva implícito unos pasos encaminados a ofrecer los mejores modelos de predicción o interpolación (Webster and Oliver, 2001). El análisis geoestadístico propiamente dicho, tras el análisis exploratorio de los datos, incluye los siguientes pasos (Martínez-Cob et al., 1994; Webster and Oliver, 2001): 1) modelización y validación de los semivariogramas; 2) krigeado; y 3) elaboración de mapas de isolíneas de las estimas. Estas etapas, que coinciden en aceptar numerosos autores, se encuentran descritas más ampliamente en diversos manuales (Isaaks y Srivastava, 1989; Samper y Carrera, 1990; Olea, 1999).

En el presente estudio se ha aplicado la técnica de KS meramente como una herra-

mienta gráfica. El KS es una forma básica de kriging en la que se generaliza una regresión lineal para la estimación de un atributo espacial continuo, a partir de la formulación de un estimador óptimo, que minimice el error cuadrático medio.

Una amplia descripción de las hipótesis asumidas en estos modelos, la definición del estimador, el proceso de la estimación de la varianza y del mínimo error, así como las ecuaciones y algoritmo de aplicación queda definida por: Samper y Carrera, (1990), de Fouquet (1996), Olea (1999).

Resultados y discusión

Estimación de la R_{sg} mediante la ecuación propuesta por FAO

El valor de K_{Rs} obtenido durante la calibración fue de 0,15928 que apenas difiere del de 0,16 sugerido por la FAO. Así, para las validaciones espacial y temporal, se ha utilizado un K_{Rs} = 0,16. La Tabla 1 lista los resultados de la evaluación del modelo de Hargreaves (R_{sgH}) (Ec. 1).

Los valores de RMSE durante la validación fueron de 1,23 MJ m⁻² día⁻¹ (validación espacial) y 1,66 MJ m⁻² día⁻¹ (validación temporal). El valor de RMSE durante la calibración fue de 1,43 MJ m⁻² día⁻¹. En C-LM, el ER se cifra entre el 7,1% y el 9,7%. La incertidumbre del R_{sgH} es baja, ya que está limitada a menos del 10% (ER se cifra entre el 7,1% y el 9,7%). Aún así, sería deseable desarrollar otros modelos que pudieran reducir esa incertidumbre. El desarrollo de los mismos, podría tener mayor interés en zonas con características climáticas distintas. Así, Gavilán (2010) estima errores cercanos al 20% en zonas de litoral.

Tabla 1. Resultados comparativos de la aplicación del modelo de Hargreaves para la estimación de la radiación solar global en Castilla-La Mancha (C-LM)

Table 1. Comparative results of the implementation of the Hargreaves model for estimating global solar radiation in Castilla-La Mancha (C-LM)

Parámetros descriptivos	Datos de calibración	Datos de validación espacial	Datos de validación temporal
Número de estaciones	44	4	44
Número de datos	3.470	349	516
Media de los valores observados ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$)	17,17	17,35	17,11
Media de los valores estimados ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$)	17,21	17,53	17,20
Media de los valores observados/ media de los valores estimados	1,00	1,01	1,01
R^2 ajustado	0,96	0,97	0,95
RMSE ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$)	1,43	1,23	1,66
ER (%)	8,34	7,12	9,68
IS	0,99	0,99	0,99
R_{sg} anual acumulada (MJ m^{-2})	6.282	6.398	6.278

x, valores observados; y, valores predichos; R^2 , Coeficiente de determinación; RMSE, Raíz del Error Cuadrático Medio; ER, Error relativo; IS, Índice de Similitud.

Estimación de la R_{sg} mediante la aplicación de modelos de regresión lineal

La Tabla 2 resume cuatro modelos de RL (con 1, 2, 3 y 4 variables independientes) seleccionados de entre los 15 analizados y su bondad en el ajuste al realizar la introducción en los mismos de las variables independientes "paso a paso". Como se ha indicado, los registros climáticos utilizados en los modelos planteados son: T_{max} , T_{med} , T_{min} , P y R_a . La variable dependiente es para todos los modelos, la radiación solar global (R_{sg}), comparando los valores estimados con los observados en las estaciones de la red SIAR. De los cuatro modelos de la Tabla 2, se han utilizado el A, B y C para comparar la estimación de la R_{sg} en la región con 1, 2 o 3 variables independientes

respectivamente. La P no es incluida como variable en ninguno de ellos. Aunque en el modelo C se califica como altamente significativa, la mejora de los resultados con respecto al modelo B (tres variables independientes) es prácticamente inapreciable. Este hecho podría deberse a la escala de tiempo utilizada (mensual), donde la repercusión en el valor promedio mensual de una bajada puntual de la radiación incidente en los días de precipitación, parece ser baja.

En la Tabla 3 se recogen los estadísticos descriptivos calculados tras aplicar los tres modelos de regresión lineal seleccionados (Tabla 2) para estimar la R_{sg} en C-LM. El modelo C (equiparable al de R_{sgH}) ofrece RMSEs de $1,08 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$, y, $1,69 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$, para las validaciones espacial y temporal respectiva-

Tabla 2. Modelos seleccionados para la estimación de la radiación solar global aplicando regresiones lineales mediante el método Stepwise. Estadísticos descriptivos

Table 2. Selected models for estimating global solar radiation using linear regressions Stepwise. Descriptive statistics

Estadísticos	Modelo A	Modelo B	Modelo C	Modelo D
	1 variable ⁽¹⁾	2 variables ⁽²⁾	3 variables ⁽³⁾	4 variables ⁽⁴⁾
Variable independiente seleccionada	T_{\max}	T_{\max}, R_a	T_{\max}, R_a, T_{\min}	$T_{\max}, R_a, T_{\min}, P$
p- valor	0,00	0,00	0,00	0,00
R ² Ajustado (%)	81(***)	96(***)	97(***)	97(***)
RMSE (MJ m ⁻² día ⁻¹)	3,35	1,46	1,31	1,31
Error relativo (%)	19,53	8,49	7,63	7,61
Índice de similitud	0,94	0,99	0,99	0,99
Error standard (MJ m ⁻² día ⁻¹)	3,35	1,46	1,31	1,30
Media del error absoluto (MJ m ⁻² día ⁻¹)	2,81	1,17	1,02	1,01
Cuadrado medio residual (MJ m ⁻² día ⁻¹) (gl)	11,33 (3,468)	5,52 (3,468)	5,07 (3,468)	5,03 (3,468)
Coeficiente curtosis	2,23	3,02	3,51	3,55
Coeficiente Asimetría	0,20	0,00	-0,05	0,09

(1) $R_{sg} = 0,827563(***)T_{\max}$

(2) $R_{sg} = -3,6037(***) + 0,550031(***)T_{\max} - 0,332065(***)R_a$

(3) $R_{sg} = -5,997(***) + 0,791818(***)T_{\max} + 0,316956(***)R_a - 0,328023(***)T_{\min}$

(4) $R_{sg} = -4,8748(***) + 0,381778(***)T_{\max} + 0,5738(***)R_a - 0,230489(***)T_{\min} - 0,0144162(***)P$

R_{sg} , radiación solar global (MJ m⁻² día⁻¹); T_{\max} , temperatura máxima (°C); T_{\min} , temperatura mínima (°C); R_a , radiación solar extraterrestre (MJ m⁻² día⁻¹); P, precipitación (mm/mes); R², coeficiente de determinación; (***) = p-valor < 0,01 (altamente significativo).

mente. Los ERs para los mismos supuestos, son del 9,9% y 6,2%. Para el resto de modelos los errores son superiores, ligeramente en la RL que requiere de datos de T_{\max} y R_a (entre el 1% y 2% superior) y con mayor diferencia en la RL simple (ER próximo al 20%). El modelo D, que incorpora las cuatro variables independientes, no ofrece mejores resultados que un modelo más sencillo como es el C.

Estimación de la R_{sg} mediante el uso de RNAs

La estructura de RNAs utilizada para el análisis previo de los resultados fue la definida por 10 nudos y 2500 iteraciones, evitando una estructura demasiado sencilla, que pueda conducir a errores en los resultados, y una compleja, que pueda ofrecer problemas de

Tabla 3. Resultados comparativos de la aplicación de modelos de regresión lineal para la estimación de la radiación solar global en Castilla-La Mancha (C-LM)

Table 3. Comparative results of the application of linear regression models for estimating global radiation in Castilla-La Mancha

Parámetros descriptivos	Datos de calibración ⁽¹⁾	Datos de validación espacial	Datos de validación temporal
Número de estaciones	44	4	44
Número de datos	3.470	349	516
Media de los valores observados (MJ m ⁻² y día ⁻¹)	17,17	17,35	17,11
Regresión lineal función de T _{max}			
Media de los valores estimados (MJ m ⁻² y día ⁻¹)	17,25	17,14	16,83
Media de los valores observados / media de los valores estimados	1,00	0,99	0,98
R ² ajustado	0,81	0,78	0,82
RMSE (MJ m ⁻² y día ⁻¹)	3,35	3,48	3,20
ER (%)	19,53	20,07	18,68
IS	0,94	0,94	0,94
R _{sg} anual acumulada (MJ m ⁻²)	6.296	6.256	6.143
Regresión lineal función de T _{max} y R _a			
Parámetros descriptivos	Datos de calibración ⁽¹⁾	Datos de validación espacial	Datos de validación temporal
Media de los valores estimados (MJ m ⁻² y día ⁻¹)	17,17	17,22	17,19
Media de los valores observados / media de los valores estimados	1,00	0,99	1,00
R ² ajustado	0,96	0,97	0,93
RMSE (MJ m ⁻² y día ⁻¹)	1,46	1,35	1,89
ER (%)	8,49	7,79	11,03
IS	0,99	0,99	0,98
R _{sg} anual acumulada (MJ m ⁻²)	6.267	6.285	6.274
Regresión lineal función de T _{max} , R _a y T _{min}			
Parámetros descriptivos	Datos de calibración ⁽¹⁾	Datos de validación espacial	Datos de validación temporal
Media de los valores estimados (MJ m ⁻² y día ⁻¹)	17,17	17,35	17,18
Media de los valores observados / media de los valores estimados	1,00	1,00	1,00
R ² ajustado	0,97	0,98	0,95
RMSE (MJ m ⁻² y día ⁻¹)	1,31	1,08	1,69
ER (%)	7,63	6,21	9,88
IS	0,99	0,99	0,99
R _{sg} anual acumulada (MJ m ⁻²)	6.267	6.333	6.271

⁽¹⁾ Los datos de calibración son los utilizados para desarrollar los modelos de regresión lineal y posteriormente los de Redes Neuronales Artificiales.

T_{max}, Temperatura máxima promedio mensual; T_{min}, Temperatura mínima promedio mensual; R_a, radiación solar global extraterrestre; R², Coeficiente de determinación; RMSE, Raíz del Error Cuadrático Medio; ER, Error relativo; IS, Índice de Similitud.

sobrealimentación de la red, falseando también los resultados (Lawrence *et al.*, 1997).

En el caso estudiado, específicamente para el modelo C, que requiere datos de T_{\max} , T_{\min} y R_a , el uso de gráficos de superficie de respuesta, ha permitido el estudio de la evolución del RMSE de un gran número de estructuras (Martínez-Romero, 2010). La Figura 4 muestra los gráficos de superficie de respuesta analizados, donde se muestra la evolución del RMSE para 20.000 estructuras de

RNAs definidas entre 1 y 1.000 iteraciones y entre 1 y 20 nudos. Analizados en común los datos de validación espacial (Fig. 4a) y temporal (Fig. 4b), se pueden observar problemas de sobrealimentación en el segundo caso, con las estructuras más complejas. También se detectan problemas de falta de precisión con estructuras definidas por un número de iteraciones menor de 100 y un número de nudos inferior a 4, este último supuesto para los datos de validación temporal.

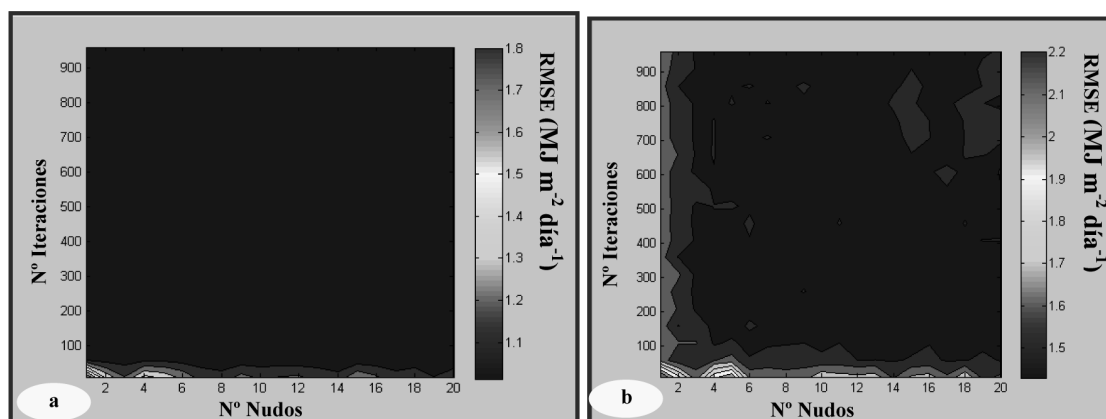


Figura 4. Gráficos de superficie de respuesta de la evolución de la Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE) en función de la estructura de red neuronal utilizada, para la estimación de la radiación solar global en Castilla-La Mancha: a) validación espacial ($n = 349$ datos), b) validación temporal ($n = 516$ datos).

Figure 4. Response surface graphs of the evolution of the Root Mean Square Error (RMSE) based on neural network structure used for the estimation of global solar radiation in Castilla-La Mancha: a) spatial validation ($n = 349$ data), b) temporal validation ($n = 516$ data).

Teniendo presente lo expuesto, para este modelo de RNA, se ha seleccionado la estructura definida por 12 nudos y 210 iteraciones. Los errores de validación espacial y temporal esperables se estiman respectivamente en $1,0 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$, y, $1,4 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$. No existe una metodología establecida que permita determinar de modo exacto el número de capas ocultas, por lo que generalmente se determinan por un procedimiento de ensayo y

error (Ritchie *et al.*, 2003; Xu and Ling, 2008). Algunos autores que han trabajado con parámetros climáticos recomiendan el uso de una RNA simple (es decir, bajo número de neuronas ocultas) (Dai *et al.*, 2008). Así, diversos autores consideran un número óptimo de nudos ocultos entre los 4 y los 10 (Zanetti, *et al.*, 2007; Dai *et al.*, 2008; Kumar *et al.* 2008). La selección de una red con una capa oculta coincide con los resultados de au-

tores tales como Kumar et al. (2002) o Zanetti et al., (2007), que concluyeron que una RNA con una sola capa oculta es suficiente para representar las relaciones no lineales entre los elementos climáticos.

Tal como se presentó en las Tablas 1 y 3, la Tabla 4 expone los resultados comparativos en estimación de la R_{sg} en C-LM, en este caso mediante técnicas basadas en RNAs.

Comparación de los distintos modelos para la estimación de la R_{sg}

En la Tabla 5 se recopilan a modo de resumen los errores de calibración y validación (como RMSE) estimados para cada uno de los modelos regionales seleccionados y estudiados en función de las variables incluidas en los mismos. Para los modelos que requieren datos de las variables T_{max} , T_{min} y R_a , se muestra también el ER y la diferencia en éste al aplicar el modelo recomendado por FAO o la RNA.

Tal como se muestra en la Tabla 3, la estimación de la R_{sg} mediante RNAs ofrece resultados más ajustados a los valores observados que a partir de RLs, para cualquier supuesto. El análisis estadístico de los resultados ofrecidos por el modelo de Hargreaves y las RNAs, no ofrece grandes diferencias en las validaciones espacial y temporal, aunque esta última metodología permite reducir el ER en valores próximos al 1,5%. Así, los modelos con menor error son los modelos desarrollados mediante la aplicación de RNAs con datos de T_{max} , T_{min} y R_a , y quedan acotados entre el 5,8% y el 8,3%, equivalente a $1,0 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$, y, $\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1} \text{ día}$.

Representación cartográfica de la R_{sg} en C-LM

Los datos de R_{sg} utilizados para la interpolación corresponden para cada estación climática, al valor promedio de la serie 1981-2000

calculados mediante técnicas de RNAs con datos de T_{max} , T_{min} y R_a .

Con una media estimada para todas las localizaciones de $17 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$, la desviación estándar es de $0,78 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$, y el Coeficiente de Variación de 4,58%. Los histogramas de frecuencia y gráficos de ajuste a la normal para los datos de R_{sg} muestran la presencia de valores extremos en las colas, que coinciden con estaciones ubicadas en las áreas periféricas de la región, principalmente en zonas de sierra. Por otra parte, los análisis de los semivariogramas no evidencian para los datos de R_{sg} la presencia de valores anómalos o fuera de rango, y los semivariogramas empíricos omnidireccionales se han ajustado automáticamente al modelo esférico. La técnica de KS se ha utilizado como herramienta para generar una salida gráfica a los datos de R_{sg} . Con respecto a los valores de los parámetros que definen los modelos matemáticos ajustados a los semivariogramas experimentales y los estadísticos de validación cruzada, cabe reseñar que los mismos ofrecen resultados que corroboran la idoneidad de los modelos: promedio de errores observados (ME) y estandarizados próximos a cero, elevada similitud entre los valores predichos y observados (contrastación entre el RMSE y la media de los errores estándar promedio), y, RMSE estandarizados próximos a la unidad. En la Tabla 6, pueden consultarse los valores de dichos parámetros, correspondientes a las R_{sg} promedio anuales y estacionales.

La Figura 5 presenta, para CLM, el mapa de la R_{sg} promedio diaria anual sobre una superficie horizontal basado en el modelo definido en la Tabla 6. La oscilación en la región es de, aproximadamente, $2 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$, con valores mínimos cercanos a los $15,5 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ y máximos de $17,5 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$, llegando a $18 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ en localizaciones puntuales.

En el Norte y Nordeste de la región, en el área delimitada por latitudes superiores a

Tabla 4. Resultados comparativos de la aplicación de modelos basados redes neuronales artificiales para la estimación de la radiación solar global en Castilla-La Mancha (C-LM)

Table 4. Comparative results of the application of artificial neural networks models for estimating global solar radiation in Castilla-La Mancha (C-LM)

Parámetros descriptivos	Datos de calibración	Datos de validación espacial	Datos de validación temporal
Número de estaciones	44	4	44
Número de datos	3.470	349	516
Media de los valores observados (MJ m ⁻² y día ⁻¹)	17,17	17,35	17,11
Red neuronal artificial función de T _{max} (10 nudos y 2500 iteraciones)			
Media de los valores estimados (MJ m ⁻² y día ⁻¹)	17,17	17,09	16,92
Media de los valores observados / media de los valores estimados	1,00	0,99	0,99
R ² ajustado	0,83	0,79	0,82
RMSE (MJ m ⁻² y día ⁻¹)	3,18	3,46	3,11
ER (%)	18,51	19,93	18,17
IS	0,95	0,94	0,95
R _{sg} anual acumulada (MJ m ⁻²)	6.267	6.238	6.176
Red neuronal artificial función de T _{max} y R _a (10 nudos y 2500 iteraciones)			
Parámetros descriptivos	Datos de calibración	Datos de validación espacial	Datos de validación temporal
Media de los valores estimados (MJ m ⁻² y día ⁻¹)	17,17	17,18	17,14
Media de los valores observados / media de los valores estimados	1,00	0,99	1,00
R ² ajustado	0,97	0,97	0,96
RMSE (MJ m ⁻² y día ⁻¹)	1,27	1,25	1,56
ER (%)	7,42	7,23	9,12
IS	0,99	0,99	0,99
R _{sg} anual acumulada (MJ m ⁻²)	6.267	6.271	6.256
Red neuronal artificial función de T _{max} , R _a y T _{min} (12 nudos y 210 iteraciones)			
Parámetros descriptivos	Datos de calibración	Datos de validación espacial	Datos de validación temporal
Media de los valores estimados (MJ m ⁻² y día ⁻¹)	17,17	17,28	17,11
Media de los valores observados / media de los valores estimados	1,00	1,00	1,00
R ² ajustado	0,98	0,98	0,96
RMSE (MJ m ⁻² y día ⁻¹)	1,17	1,00	1,42
ER (%)	6,79	5,75	8,29
IS	0,99	1,00	0,99
R _{sg} anual acumulada (MJ m ⁻²)	6.267	6.307	6.245

T_{max}, Temperatura máxima promedio mensual; T_{min}, Temperatura mínima promedio mensual; R_a, radiación solar global extraterrestre; R², Coeficiente de determinación; RMSE, Raíz del Error Cuadrático Medio; ER, Error relativo; IS, Índice de Similitud.

Tabla 5. Errores estimados para distintos modelos de regresión lineal, modelo de Hargreaves y redes neuronales artificiales (RNAs) en Castilla-La Mancha para la estimación de la radiación solar global

Table 5. Estimated errors for several regression models, the Hargreaves model and artificial neural networks (ANNs) in Castilla-La Mancha for estimating global solar radiation

Datos utilizados	Modelo	Variables independientes				⁽¹⁾ Diferencia ER Hargreaves - RNA
		T_{\max}	T_{\max}, R_a	T_{\max}, T_{\min}, R_a		
		RMSE ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$)			ER (%)	
Calibración	Regresión lineal	3,35	1,46	1,31	7,63	1,55%
	Red neuronal	3,18	1,27	1,17	6,79	
	Modelo Hargreaves			1,43	8,34	
Validación espacial	Regresión lineal	3,48	1,35	1,08	6,21	1,37%
	Red neuronal	3,46	1,25	1,00	5,75	
	Modelo Hargreaves			1,23	7,12	
Validación temporal	Regresión lineal	3,20	1,89	1,69	9,88	1,39%
	Red neuronal	3,11	1,56	1,42	8,29	
	Modelo Hargreaves			1,66	9,68	

⁽¹⁾ Diferencia del Error Relativo (ER) estimado al aplicar el modelo de Hargreaves y la RNA. RMSE, Raíz del Error Cuadrático Medio; ER, Error relativo; T_{\max} , temperatura máxima; T_{\min} , temperatura mínima; R_a , radiación solar extraterrestre.

Y = 4.520.000 m en el oeste, e Y = 4.420.000 m en el este, la R_{sg} promedio anual no supera los $6.000 \text{ MJ m}^{-2} \text{ año}^{-1}$, con localizaciones donde los valores superan ligeramente los $5.600 \text{ MJ m}^{-2} \text{ año}^{-1}$, y que corresponden con zonas serranas del extremo más Nordeste (proximidades de Sierra Menera). Como característica, reseñar que el área citada se localiza en su totalidad en una altitud superior a los 1.200 msnm. Entre ésta, y hasta el área delimitada por las coordenadas Y = 4.450.000 m en el oeste de la región e Y = 4.300.000 m en el este de la misma, la R_{sg} oscila entre los $16,5$ y $17 \text{ MJ m}^{-2} \text{ año}^{-1}$. Estas zonas corresponden en la mitad occidental de la región con las denominadas comarcas de La Sagra y Monte de los Yébenes (provincia de Toledo)

y, en la mitad oriental (de norte a sur) con: Campiña, Alcarria baja y Alcarria de Guadalupe, Serranía Conquense, Mancha Alta en Cuenca, y Manchuela. Existe una excepción, en el área delimitada por las coordenadas X = 580.000 m hasta X = 630.000 m en latitud, e Y = 4.350.000 m hasta Y = 4.400.000 m en longitud, donde se superan los $17 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$. En el resto de la región, los valores son superiores situándose en valores próximos a 6.250 MJ m^{-2} en un año medio ($17,25 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$).

Valores de R_{sg} por encima de los $17,5 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ se pueden observar en la región en localizaciones puntualizadas del extremo Sur y Sureste (zona límite de las denominadas comarcas de La Sierra del Segura y de Hellín, res-

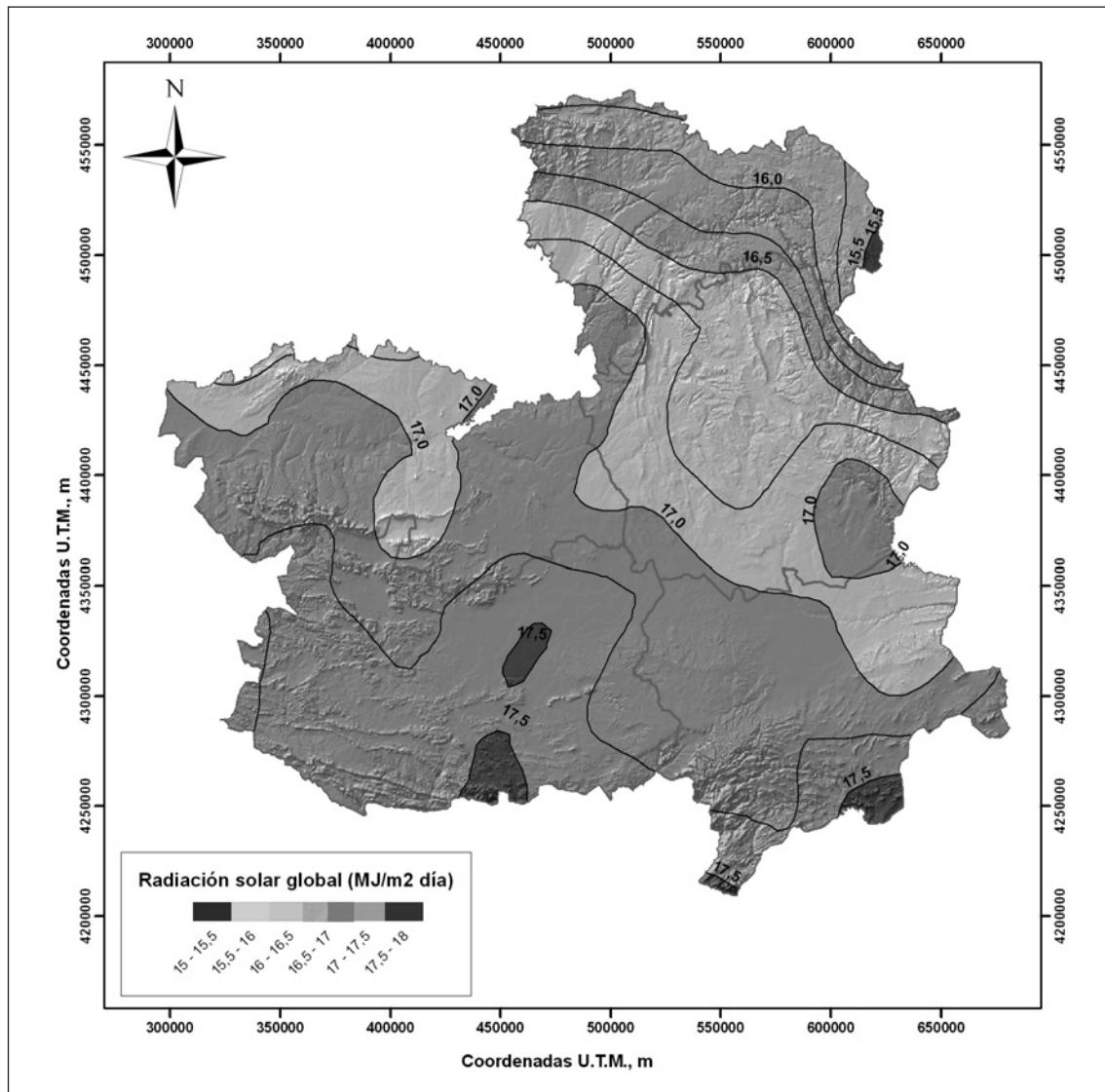


Figura 5. Mapa de isolíneas de la radiación solar global promedio anual en Castilla-La Mancha.
 Figure 5. Isoline map of the annual average global solar radiation in Castilla-La Mancha.

pectivamente). También entorno a las áreas localizadas en las coordenadas (450.000, 4.250.000) (Sierra de San Andrés) y algo más al norte (450.000, 4.320.000) se detectan valores promedios anuales que pueden superar los 6.400 MJ m^{-2} .

Los mapas nacional de radiación, elaborado mediante el tratamiento de imágenes del satélite Meteosat (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas; CIEMAT, 2001), y regional (Agencia de la Energía de Castilla-La Mancha; AGECAM,

Tabla 6. Parámetros de los semivariogramas ajustados y estadísticos de la validación cruzada de la radiación solar global promedio anual y estacional
Table 6. Parameters of the adjusted semivariograms and cross-validation statistics of the annual and seasonal global solar radiation

		Anual	Primavera	Verano	Otoño	*Invierno
Tipo de modelo de semivariograma		Esférico	Esférico	Esférico	Esférico	Esférico
Nugget (MJ m ⁻² día ⁻¹) ²		0,22	0,62	0,27	0,16	0,00
Varianza estructural (MJ m ⁻² día ⁻¹) ²		0,10	0,35	0,14	0,12	0,00
Sill (MJ m ⁻² día ⁻¹) ²		0,32	0,97	0,41	0,28	0,00
Alcance muestral en superficie (km)	Máximo	63,30	69,75	64,89	159,28	69,12
	Mínimo	63,30	69,75	64,89	151,73	69,12
ME (MJ m ⁻² día ⁻¹)		-0,015	-0,022	-0,023	0,002	-0,007
RMSE (MJ m ⁻² día ⁻¹)		0,549	0,957	0,592	0,465	0,411
Media del Error estándar (MJ m ⁻² día ⁻¹)		0,535	0,920	0,607	0,456	0,384
ME estandarizada		-0,026	-0,022	-0,035	0,006	-0,018
RMSE estandarizado		1,027	1,038	0,981	1,020	1,063
Tipo de tendencia		2º orden	2º orden	2º orden	–	2º orden
Tipo kriging		Simple	Simple	Simple	Simple	Simple

(*) Representa los valores tras realizar la transformación logarítmica de los datos. ME, Media de los errores observados; RMSE, Raíz del Error Cuadrático Medio.

2007) ofrecen tendencias similares en cuanto a la distribución de la R_{sg} en C-LM. En las zonas con menor R_{sg} , los valores se cifran, dependiendo del mapa consultado, entre los 14,4 y los 15,5 $\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$, y los más elevados, se aproximan a los 16,5 y los 17,3 MJ m^{-2} en función del mapa utilizado. Aún así, en los mapas citados es difícil precisar en los valores representados debido a la metodología empleada en su representación y resolución espacial.

A continuación, se exponen los mapas de interpolación de la R_{sg} media diaria sobre una superficie horizontal (Fig. 6) correspondientes a los períodos trimensuales de primavera, verano, otoño e invierno, basados en los modelos definidos en la Tabla 6.

Las diferencias de R_{sg} promedio diaria para las distintas estaciones a lo largo del año son elevadas. La mayor homogeneidad en los datos se observa en otoño e invierno, cuando los valores son menores, con mínimos en las cotas más elevadas del norte y máximos en la mitad sur. Las diferencias se acentúan durante la primavera y verano. En el verano, la distribución de la R_{sg} en el área delimitada por la región de CL-M es muy similar a la anual, con valores en la zona de menor radiación que oscilan entre los 25 $\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ (Norte y nordeste de esta área), y los 26 $\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ (sur de esta área), lo que representa aproximadamente el 60% de la R_{sg} total anual acumulada. Se observa un aumento

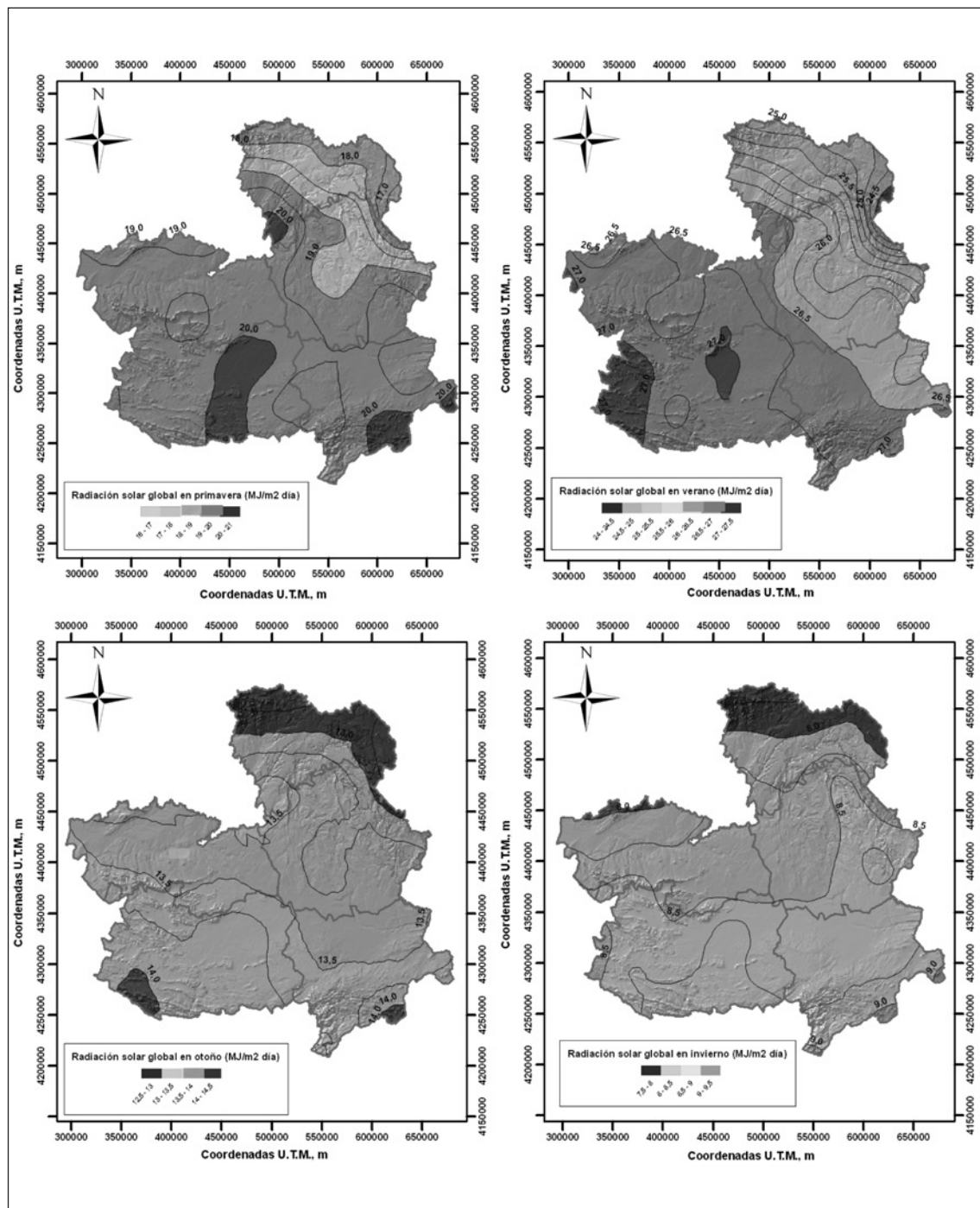


Figura 6. Mapas de isolíneas de la radiación solar global promedio estacional en Castilla-La Mancha.

Figure 6. Isoline maps of global solar radiation seasonal average in Castilla-La Mancha.

gradual de la R_{sg} en dirección Sur y Suroeste hasta llegar a los $26,5 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$. El área englobada entre estos valores coincide con la delimitada para los promedios anuales entre $16,5$ y $17 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$, excluyendo las comarcas de la provincia de Toledo citadas para el promedio anual (Fig. 5). En resto de la región los valores llegan hasta $27 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ como máximo, salvo en localizaciones puntuales donde pueden superarse levemente.

De los mapas de interpolación de R_{sg} media diaria correspondientes a los períodos men-

suales se han seleccionado por su contraste los de Enero y Julio (Fig. 7). Durante el mes de enero, se puede observar una gran homogeneidad en la distribución de la R_{sg} , con una marcada regionalización Norte-Sur. Los valores estimados oscilan para cualquier punto de la región entre los $7 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$, y los $8,5 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$. Durante el mes de Julio los mínimos valores se estiman en el extremo Nordeste (alrededor de $26 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$). Los máximos, en la mitad oeste y en el extremo Sudeste, oscilan entre los 28 y $28,5 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$.

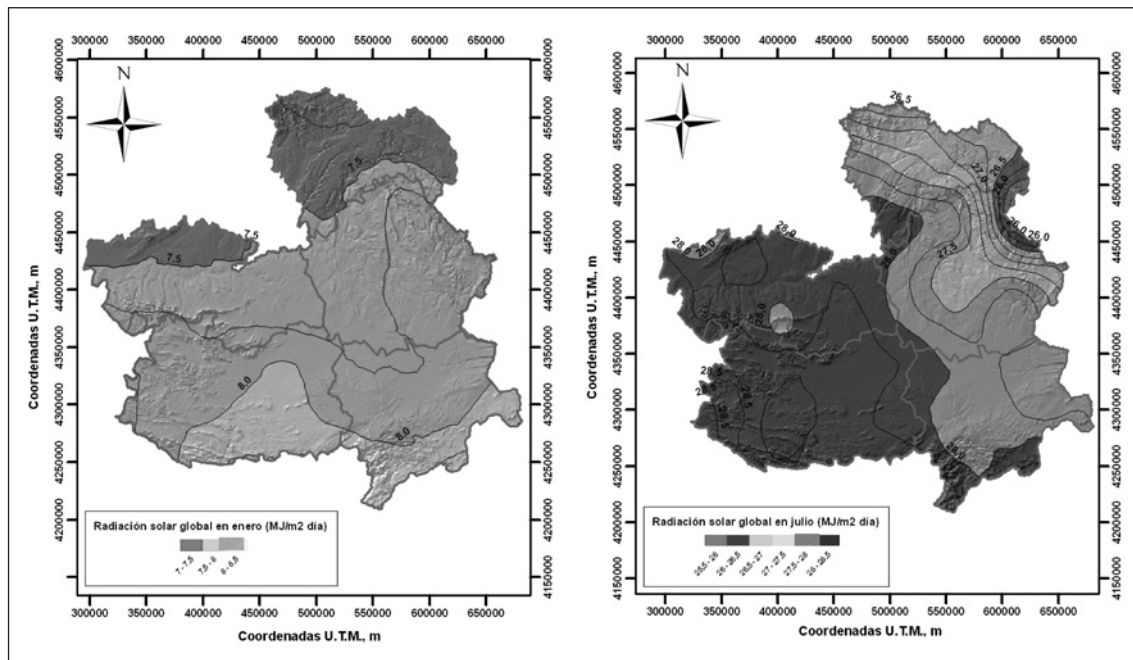


Figura 7. Mapas de isolíneas de radiación solar global promedio mensual en Castilla-La Mancha.

Figure 7. Isoline maps of monthly average global solar radiation in Castilla-La Mancha.

Conclusiones

El uso de RNAs es de utilidad para la generación de parámetros climáticos a partir de otros registros de los que se disponga información, mostrando en este caso una buena

adaptabilidad y resultados adecuados en el proceso de estimación de la R_{sg} en concisiones de limitación de registros.

La estructura de RNA para la estimación de la R_{sg} a partir de datos de T_{max} , T_{min} y R_a , se

ha seleccionado mediante el uso de gráficos de superficie de respuesta, y queda definida por 12 nudos y 210 iteraciones.

Teniendo presente lo expuesto, para este modelo de RNA, se ha seleccionado la estructura definida por 12 nudos y 210 iteraciones.

En C-LM, a partir de registros promedios de temperaturas mensuales, la R_{sg} fue estimada aplicando modelos basados en RNAs con un ER promedio esperado de entre 5,8% y 8,3%, frente al rango del 7,1% y 9,7% que muestra el modelo de Hargreaves recomendado por FAO.

La aplicación de una de las técnicas de geostatística (KS), disponiendo de una serie de datos de R_{sg} histórica representativa, ha permitido la elaboración de una cartografía continua y georreferenciada que caracteriza la R_{sg} en C-LM. Los valores promedios de R_{sg} anual acumulada se estiman en rangos de entre los 6.400 MJ m⁻² y 6.200 MJ m⁻², 6.200 MJ m⁻² y 6.000 MJ m⁻², y, 6.000 MJ m⁻² y 5.800 MJ m⁻², para aproximadamente el 55%, 25% y 15% de la región respectivamente.

Agradecimientos

A la CICYT por la financiación del proyecto nacional (AGL2007-66716-C03-03), y a la Consejería de Educación de la JCCM por la financiación del proyecto (PCI08-0117) en los que se ha enmarcado este trabajo.

Abreviaturas

C-LM: Castilla- La Mancha

ER: Error relativo

ETo: evapotranspiración de referencia

IS: Índice de Similitud

KS: kriging simple

P: precipitación

RL: Regresión lineal

RNA: Red neuronal artificial

R_a : Radiación solar extraterrestre

R_s : Radiación solar

R_{sg} : Radiación solar global

RMSE: Raíz cuadrada del error cuadrático medio "Root Mean Square Error"

R^2 : Coeficiente de determinación

SIAR: Servicio de Información Agroclimática para el Regadío

SIG: Sistema de Información Geográfica

T_{max} : Temperatura máxima

T_{med} : Temperatura media

T_{min} : Temperatura mínima

Referencias bibliográficas

- AGECAM, 2007. [En línea]. Mapa de radiación solar. Agencia de Gestión de la Energía de Castilla-La Mancha, Albacete, España. <http://www.agecam.es> [Consulta: marzo 2009].
- Aguar R, Collares M, 1992. A time dependent, autorregressive, gaussian model for generating synthetic hourly radiation. Sol. Energy 49: 167-174.
- Aguilar E, Auer I, Brunet M, Peterson TC, Wieringa J, 2003. Guidelines on climate metadata and homogenization. WMO-TD No. 1186, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.
- Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M, 1998. Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop water Requirements. FAO Irrigation and Drainage paper No. 56, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy.

- Allison PD, 2000. Multiple imputation for missing data: A cautionary tale. *Sociol. Methods. Res.* 28: 301-309.
- Alsamamra H, Ruiz-Arias JA, Pozo D, Tovar J, 2009. A comparative study of ordinary and residual kriging techniques for mapping global solar radiation over southern Spain. *Agric. For. Meteorol.* 149: 1343-1357.
- Ávila OJ, Abril JC, Lesino G, 2000. Radiación y temperatura diarias: Un modelo de correlación estructural. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 2: 31-37.
- Berengena J, Gavilán P, 2005. Reference evapotranspiration estimation in a highly advective semiarid environment. *J. Irrig. Drain. Eng. ASCE* 131 (2): 147-163.
- Castellví F, Elías F, 2001. Tratamiento estadístico de datos. En: Elías, F.; Castellví, F. (coords.). *Agrometeorología* (2ª Ed.) (447-486). Mundi-Prensa, Madrid, España.
- CIEMAT, 2001. [En línea]. Mapa de España de Radiación Solar. Media diaria anual sobre superficie horizontal. Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, Ministerio de Ciencia e Innovación, Madrid, España. <http://www.ciemat.es> [Consulta: enero 2010].
- Coll S, Guijarro M, 2007. Estadística Aplicada a la Historia y a las Ciencias Sociales. Pirámide, Madrid, España.
- CREA, 2009. [En línea]. Centro Regional de Estudios del Agua, Servicio Integral de Asesoramiento al Regante, Albacete, España. <http://crea.uclm.es/siar/> [Consulta: marzo 2009].
- Cristóbal J, Jiménez-Muñoz JC, Sobrino JA, Ninyerola M, Pons X, 2009. Improvements in land surface temperature retrieval from the landsat series thermal band using water vapour and air temperature. *J. Geophys. Res.* (in press).
- Dai X, Shi H, Li Y, Ouyang Z, Huo Z, 2008. Artificial neural network models for estimating Regional reference evapotranspiration based on climate factors. *Hydrol. Process.* 23: 442-450.
- de la Casa A, Ovando G, Rodríguez A, 2003. Estimación de la radiación solar global en la provincia de Córdoba, Argentina, y su empleo en un modelo de rendimiento potencial de papa. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 32: 45-62.
- de León A, Arriba A, de la Plaza MC, 1974. Caracterización Agroclimática de España. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica, Madrid, España.
- DMAGA, 2008. [En línea]. Atlas climático de Aragón. Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón, Zaragoza, España. <http://portal.aragon.es> [Consulta: Julio 2009].
- Dorvlo ASS, Jervase JA, Al-Lawati A, 2002. Solar radiation estimation using artificial neural networks. *Applied Energy* 71 (4): 307-319.
- Elías F, Ruiz-Beltrán L, 1981. Estudio Agroclimático de la Región de Castilla-La Mancha. Departamento de Agricultura de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Toledo, España.
- Font I, 2000. Climatología de España y Portugal (2ª Ed.). Universidad de Salamanca, Salamanca, España.
- Gavilán P, 2010. Modelos de estimación de la radiación solar diaria a partir de medidas de la temperatura. III Jornadas de gestores y usuarios de redes de estaciones agrometeorológicas. Mérida (España), 23 y 24 de noviembre.
- Glover J, McCulloch J, 1958. The empirical relation between solar radiation and hours of bright Sunshine. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 84: 172-175.
- Goodin DG, Hutchinson JMS, Vanderlip RL, Knapp MC, 1999. Estimating solar irradiance for crop modeling using daily air temperature data. *Agron.J.* 91: 845-851.
- Gómez-Tagle ChA, 2003. Sol_Rad Pt, Programa para cálculo de radiación solar en superficies simples. Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, México.
- Hargreaves GH, 1994. Simplified coefficients for estimating monthly solar radiation in North America and Europe. Dept. Paper. Dept. Biol. And Irrig. Eng, Utah State Univ, Logan, Utah.
- Hargreaves GH, Samani ZA, 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. *Appl. Eng. Agric.* 1 (2): 96-99.

- Harold J, 2004. Algoritmos de Estimación e interpolación de parámetros geofísicos. Tesis Doctoral. Facultad de Artes y Ciencias, Universidad de Puerto Rico Recinto de Mayagüez, Mayagüez, Puerto Rico.
- Hocking RR, 1976. The analysis and selection of variables in linear regression, *Biometrics* 32: 1-49.
- Hurtado E, Sobrino JA, 2001. Daily net radiation estimated from air temperature and NOAA-AVHRR data: a case study for the Iberian Peninsula. *Int. J. Remote Sens.* 8 (20): 1521-33.
- Isaaks EH, Srivastava RM, 1989. *Applied Geostatistics*. Oxford University Press, Oxford, United Kingdom.
- Jiang Y, 2008. Prediction of monthly mean daily diffuse solar radiation using artificial neural networks and comparison with other empirical models. *Energy Policy*. 36: 3833-3837.
- Kasten F, Golchert HJ, Dogniaux R, Lemoine M, 1996. *European Solar Radiation Atlas*. Springer-Verlag, Berlin, Alemania.
- Krishnaiah T, Srinivasa Rao S, Madhumurthy K, Reddy KS, 2007. Neural Network Approach for Modelling Global Solar Radiation. *Journal of Applied Sciences Research*, 3(10): 1105-1111.
- Kumar M, Bandyopadhyay A, Raghuwanshi NS, Singh R, 2008. Comparative study of conventional and artificial neural network-based ETo estimation models. *Irrig. Sci.* 26: 531-545.
- Kumar M, Raghuwanshi NS, Singh R, Wallender WW, Pruitt WO, 2002. Estimating evapotranspiration using artificial neural network. *J. Irrig. Drainage Eng-ASCE* 128: 224-233.
- Kumar M, Raghuwanshi NS, Singh R, 2010. Artificial neural networks approach in evapotranspiration modelling: a review. *Irrig Sci* DOI: 10.1007/s00271-010-0230-8.
- Lawrence S, Giles CL, Tsoi A, 1997. Lessons in neural network training: Overfitting may be harder than expected. 14th National Conference on Artificial Intelligence July 27-31, AAAI-97, AAAI Press, Menlo Park, California, CA, USA, pp. 540-545.
- Luque T, 2000. *Técnicas de Análisis de Datos en Investigación de Mercados*. Pirámide, Madrid, España. [In Spanish].
- Martínez-Cob, A, Faci, JM, Quilez D, Berenguer JM, 1994. Aplicación de la geoestadística en la investigación agraria: Resultados prácticos en la agricultura aragonesa. *Riegos y Drenajes* 10: 23-27.
- Martínez-Romero A, Ortega JF, de-Juan JA, Tardjuelo JM, Moreno MA, 2010. Development of relative humidity models by using optimized neural network structures. *Span. J. Agric. Res.* 2010 8(S2), S162-S171.
- Martínez-Romero A, 2010. *Parámetros agroclimáticos y su distribución espacial en Castilla-La Mancha*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Albacete, Albacete, España, 514 pp.
- MMA, 2008. [En línea]. Información estadística y ambiental. Ministerio de Medio ambiente. <http://www.mma.es> [Consulta: mayo 2009].
- Nabney IT, 2001. *Netlab. Algorithms for Pattern Recognition* (4ª Ed.). Springer Verlag, London, United Kingdom.
- Olea RA, 1999. *Geostatistics for Engineers and Earth Scientists*. Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA. USA.
- Pelayo JL, 2004. [En línea]. El Heliógrafo de Campbell-Stokes. *Revista del Aficionado a la Meteorología*. No. 26-diciembre. <http://ram.meteor-red.com> [Consulta: agosto 2008].
- Pons X, 1996. Estimación de la Radiación Solar a partir de modelos digitales de elevaciones. Propuesta metodológica. En: J. Juaristi; I. Moro; (eds.). *Modelos y Sistemas de Información en Geografía*. VII Coloquio de Geografía Cuantitativa, *Sistemas de Información Geográfica y Teledetección*. Grupo de Métodos Cuantitativos, SIG y Teledetección de la Asociación de Geógrafos Españoles (AGE), Vitoria-Gasteiz, España.
- Rees MJ, 1968. Polarization and Spectrum of the Primeval Radiation in an Anisotropic Universe. *Astrophys. J.* 153: L1-L5.
- Rehman S, Mohandes M, 2008. Artificial neural network estimation of global solar radiation using air temperature and relative humidity. *Energy Policy* 36 (2): 571-576.
- Rehman S, Ghori SG, 2000. Spatial estimation of global solar radiation using geostatistics. *Renew. Energy* 21: 583-605.

- Rietveld MR, 1977. A new method for estimating the regression coefficients in the formula relating solar radiation to sunshine. *Agric. For. Meteorol.* 19: 243-525.
- Ritchie MD, White BC, Parker JS, Hahn LW, Moore JH, 2003. Optimization of neural network architecture programming improves detection and modelling interactions in studies of human diseases. *BMC Bioinformatics* 7: 4-28.
- Samper FJ, Carrera J, 1990. *Geoestadística: Aplicaciones a la Hidrología Subterránea*. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, Barcelona, España.
- Schalkoff RJ, 1997. *Artificial Neural Networks*. McGraw Hill, New York, NY, USA.
- Shank D, 2003. *Drew point temperature prediction using artificial neural networks*. Thesis Doctoral. Artificial Intelligence Center, and the Department of Biological and Agricultural Engineering, Driftmier Engineering Center, University of Georgia, Athens, GA, USA.
- Sidrach CM, Mora L, Ramírez L, Marchante M, Navarro A, 2002. Generación de años tipo de radiación global y temperatura para su uso en el dimensionado de sistemas fotovoltaicos. *Forum International sur les energies Renouvelables*. May 19-21, Tetouan, Morocco.
- Trajkovic S, 2007. Hargreaves vs. Penman-Monteith under Humid Condition. *J. Irrig. Drainage Eng.* Eng-ASCE 133, 47-52.
- von Storch H, Zwiers FW, 1999. *Statistical Analysis in Climate Research*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- Webster R, Oliver MA, 2001. *Geostatistics for Environmental Scientists*. John Wiley & Sons, Chichester, United Kingdom.
- Willmott CJ, 1982. Some comments on the evaluation of model performance. *Bulletin American Meteorological Society (AMS)* 63: 1309-1313.
- Xu S, Ling C, 2008. A novel approach for determining the optimal number of hidden layer neurons for FNN's and its application in data mining. *Proc V Intl Conference on Information Technology and Applications*. Cairns, QLD, Australia, Jun 23-26. pp. 683-686.
- Zanetti SS, Sousa EF, Oliveira VPS, Almeida FT, Bernardo S, 2007. Estimating evapotranspiration using artificial neural network and minimum climatological data. *J. Irrig. Drainage Eng.-ASCE* 33, 83-89.

(Aceptado para publicación el 8 de junio de 2012)

El apoyo público a la agricultura española en el actual contexto de la Política Agrícola Común

S. Andrés*, J.M. García e I.M. Medina

Grupo de Economía Internacional. Universidad Politécnica de Valencia. Edificio 3B (2º planta). Camino de Vera, s/n. 46022 Valencia

Resumen

El presente trabajo evalúa el apoyo público a la agricultura regional española, tomando como base una adaptación de la metodología de la OCDE. El quinquenio estudiado es 2005-2009, periodo crucial que abarca la aplicación de la Revisión Intermedia y prepara el terreno para el Chequeo Médico. Los resultados incluyen la estimación del nivel y las formas de apoyo en cada CA, considerando transferencias nacionales y transferencias ejecutadas desde la PAC, y sitúan la evolución de la política agraria española en referencia a la UE y la OCDE. Dicha evaluación ofrece un marco para definir estrategias políticas que atiendan las necesidades del sector y del desarrollo del hábitat rural.

Palabras clave: Transferencias nacionales, transferencias comunitarias, Política Agrícola Común, Comunidades Autónomas.

Abstract

Public support to the Spanish agriculture in the current framework of the CAP

The present research evaluates the National Support to the Spanish Regional Agriculture, taking as a base an adaptation of the methodology of the OECD. The five years studied are from 2005 to 2009, crucial period which involves the application of the "Interim Review" and prepare the ground for the "Health Check". The results include the estimation of the level and the way of the support in each Autonomous Communities, considering the National Transfers and the other transfers executed from the CAP, and place the evolution of the Spanish Agricultural Policy as a reference in the EU and in the OECD. This evolution shows a context to define political strategies that address needs of the sector and the rural habitat development.

Key words: National Transfers, European Transfers, Community Agricultural Policy, Autonomous Communities.

Introducción

La Política Agrícola Común (PAC), la política europea más importante, va a ser reformada en 2013. Hasta ahora ha conseguido producir alimentos de forma sostenible, adaptándose al presupuesto de la Unión Europea (UE) hasta

2013 y a los requerimientos de la Organización Mundial de Comercio (OMC). Sin embargo, la crisis alimentaria de 2006/2008 y la recesión económica mundial han evidenciado, todavía más si cabe, sus contradicciones y debilidades. En efecto, su primer pilar, que consume el 88 por ciento de los fondos,

* Autor para correspondencia: silangle@upvnet.upv.es

no ha logrado la estabilización de las rentas de los productores; el apoyo según referencias históricas no favorece la competitividad ni los procesos de ajuste sectorial ni la cohesión, generando desequilibrios entre explotaciones y territorios; es complicado burocráticamente y no retribuye los bienes públicos ligados a la agricultura.

Aunque el proceso de reforma se encuentra todavía en curso –en la fase de negociaciones entre el Parlamento y el Consejo durante la redacción de estas páginas–, las propuestas legislativas del 12 de octubre de 2011 –que crean una serie de pagos directos para cuya percepción los agricultores deberán cumplir la condicionalidad, pago básico, pago verde y pago para jóvenes agricultores con carácter obligatorio, y pagos acoplados y en zonas con límites naturales con carácter voluntario para los Estados– cercioran que la reforma será menos drástica de lo que en un principio se había esperado de ella.

La Comisión ha apostado por un modelo de reforma de intensidad moderada, alejada del espíritu de refundación que dos años atrás casi nadie dudaba (Massot, 2010), si bien es cierto que algunas de sus disposiciones implican un nuevo modelo de política agraria que coloca a la PAC en el medio del camino, entre los intereses creados del pasado y los nuevos objetivos de la política agraria multifuncional (Compés, *et al.*, 2011).

En España han reaccionado negativamente ante las propuestas legislativas tanto las or-

ganizaciones agrarias como políticas, anteponiendo el temor a perder ayudas, a pesar de que la Comisión pretende el mantenimiento del presupuesto para la agricultura –aunque sin actualizarlo con la inflación– y ha reconocido explícitamente la multifuncionalidad de la agricultura y los bienes públicos que genera, lo que aumenta la legitimidad y la visibilidad de la PAC. Lo que sí es cierto es que la reforma generará una importante redistribución de los pagos del primer pilar dentro de cada Estado miembro, sobre todo en aquellos que actualmente aplican el modelo histórico (Blanco *et al.*, 2011)¹, por lo que es lícito plantearse si estas nuevas orientaciones contenidas en las propuestas legislativas de la Comisión favorecerán a la agricultura española en su conjunto y a las agriculturas regionales en particular. Pero antes de abordar esta cuestión es imprescindible referir cuál es el punto de partida para la comparación, es decir, cuantificar el apoyo total que recibe actualmente la agricultura española en cada una de sus regiones, financiado tanto desde los fondos comunitarios como desde los Presupuestos Generales del Estado.

En este contexto, el objeto del presente trabajo es estimar todas las transferencias públicas recibidas por la agricultura regional española durante el quinquenio 2005-2009, tomando como base metodológica una adaptación del cálculo de indicadores de apoyo a la agricultura de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE)².

1. Según Bureau y Witzke (2010), las explotaciones que reciben pagos reducidos como las de frutas y hortalizas o cultivos permanentes se verían beneficiadas mientras que se produciría un descenso en otros sectores como el de vacuno.

2. Conscientes de la importancia de elegir un método adecuado de medición del apoyo a la agricultura, que posibilite la clasificación y cuantificación de los diversos mecanismos formalmente reconocidos para transferir recursos al sector con el fin de evaluar la evolución que han seguido los mismos a lo largo del tiempo, vamos a emplear en este trabajo el sistema de indicadores de apoyo a la agricultura propuesto por la OCDE por dos motivos fundamentales. En primer lugar, porque se trata de un método de medición reconocido y aceptado mundialmente. En segundo lugar, porque permite disponer para cada año (comenzando su base de datos en 1986) de un entramado de indicadores que calcula la citada organización para sus estados miembros, lo que facilita, aunque no sin ciertas reservas, la comparación entre países.

Esto implica que es necesario dar respuesta a los siguientes objetivos específicos:

1. Regionalizar y cuantificar todas las transferencias públicas a la agricultura española, según la metodología de la OCDE, atendiendo al origen de su financiación (comunitario o nacional) y analizando su evolución.
2. Comparar en cada región el montante que supone el apoyo nacional con la aportación recibida desde la PAC.
3. Discutir las dificultades de adaptación de la metodología de la OCDE al caso regional español.

Este trabajo contribuye significativamente, derivándose de él importantes implicaciones para académicos y responsables de la toma de decisiones. La aportación metodológica del trabajo a la literatura sobre el tema incluye una discusión sobre cómo adaptar la metodología de la OCDE al cálculo regional de las ayudas nacionales (estatales y autonómicas). Por otra parte, los resultados: desvelan las principales incógnitas cualitativas y cuantitativas de la política agraria española, desglosándola según el origen de su financiación; valoran cuánto se han modificado las formas de apoyo a la agricultura en cada región, desde una política de apoyo a los precios hacia unos pagos desconectados; y enmarcan la situación española en un contexto internacional, definido por la UE, cuya PAC determina inexorablemente los designios de la política agraria en nuestro país, y el conjunto de la OCDE, donde otros países también reforman sus políticas en la misma dirección.

El artículo se estructura de la siguiente manera. Después de esta introducción, el segundo epígrafe se refiere a la metodología empleada para abordar el cálculo regional del apoyo en España, incluyendo una discusión de las dificultades que enfrentamos en la aplicación de la metodología de la OCDE al

análisis regional español. En la sección tercera se aborda la regionalización de las transferencias de origen comunitario, con su posterior análisis y valoración. En la sección cuarta se regionalizan las transferencias nacionales, se ofrece un análisis y valoración de las mismas y se procede a efectuar un ejercicio de comparación. Finalmente, el último epígrafe recoge las principales conclusiones del trabajo y subraya las directrices para futuras investigaciones.

Metodología

Antecedentes bibliográficos

Como antecedentes relativos a la estimación del apoyo a la agricultura a escala regional podemos citar los trabajos emprendidos por la Comisión Europea tras las reformas de los 90, con resultados para 1994 y 1996 (European Commission, 2001) y para 1991 y 1995 (Tarditi y Zánias, 2001). Estos trabajos utilizan el concepto de Estimación del Apoyo al Productor (*Producer Support Estimate*) introducido por la OCDE (2007) como también lo hace el artículo de Zánias (2002) orientado al cálculo de las transferencias al nivel de Estado miembro. Más recientemente, el proyecto *European Spatial Planning Observation Network* analizó los impactos territoriales de la PAC para 1999, aunque sólo tiene en cuenta productos continentales y el cálculo de las transferencias del “primer pilar” de la PAC (ayudas a precios y mercados). Otros estudios han analizado las transferencias en países con organización administrativa federal, como son los casos de Suiza (Walkenhorst, 2003), Alemania (Anders *et al.*, 2004; Hansen, 2005) y Estados Unidos (Sumner y Brunke, 2003).

En España, un primer antecedente del estudio del gasto público en las agriculturas de las CCAA fue realizado en García *et al.* (1994). Otro antecedente, ya posterior, es el esfuerzo

realizado para la elaboración del *Libro Blanco de la Agricultura y el Desarrollo Rural* elaborado por el denominado en aquel entonces Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA, 2004). Los resultados de estos estudios han permitido realizar análisis sobre la repercusión de los apoyos públicos de las distintas administraciones en las agriculturas regionales españolas, como es el caso de los efectos de la reforma de la PAC y la Ampliación (Compés y García, 2005).

En la actualidad, la preocupación en España por la formulación de un modelo para el seguimiento y la evaluación del apoyo a la agricultura ha suscitado el desarrollo de una línea de investigación que se origina en los aportes metodológicos planteados por la OCDE para el cálculo de indicadores de apoyo a la agricultura. La principal aportación de esta línea de investigación (García y Andrés, 2007; Andrés y García, 2009) es un ejercicio de adaptación de la metodología de la OCDE, ofreciendo una estimación regionalizada del apoyo derivado de la ejecución de la PAC en España para el periodo 2002-2008. Las contribuciones más valiosas contenidas en el artículo de 2007 radican, por una parte, en el primer ensayo de estimación del apoyo de la PAC a las distintas regiones españolas mediante la aplicación de los indicadores de la OCDE, aunque limitado a los años 2002-2003; por otra parte, aporta una discusión de distintas opciones de cálculo del Apoyo al Precio de Mercado (MPS) para productos no incluidos en las estimaciones de la OCDE (productos mediterráneos), ensayando para dichos productos un MPS mediante la medición de diferencias porcentuales entre los precios domésticos e internacionales y la medición del arancel frente a terceros países, llegando a la conclusión de que el método de

la OCDE suministra estimaciones sobrevaloradas para ese indicador. La contribución de 2009 ofrece una actualización de la metodología de regionalización de los apoyos públicos a la agricultura, extendiendo la estimación a un periodo más amplio, de manera que permite evaluar la redistribución regional de los apoyos derivada de las reformas recientes de la PAC y evidencia la existencia de sistemas regionales que se adaptan al proceso de reforma de las políticas agrarias a distintos ritmos y velocidades.

Antecedentes metodológicos

Para evitar repeticiones, no se describe aquí la metodología de la OCDE que se utiliza en el trabajo, por lo que en este apartado se remite al lector a los principales documentos dónde puede encontrarse. Así, a nivel metodológico centraremos la atención en la aportación que defiende el artículo, consistente en ensayar una aplicación de dicha metodología a nivel regional para el cálculo de las ayudas estatales y autonómicas y discutir las dificultades que presenta.

La medición del apoyo recibido por la agricultura está institucionalizada por la OCDE en sus publicaciones anuales (en años alternativos, versión larga y versión corta) *Agricultural Policies in OECD Countries: Monitoring and Evaluation* y *Agricultural Policies in OECD Countries: At a Glance*³. La metodología utilizada por la OCDE consiste en el cálculo e interpretación de un amplio sistema de indicadores basados en los conceptos de Producer Support Estimate (PSE), General Services Support Estimate (GSSE) y Total Support Estimate (TSE), que se resume en el Cuadro 1. El *PSE Manual* contiene una explicación detallada de los conceptos, cálculo, interpretación y

3. Los informes más recientes, que datan de los años 2009 y 2010 respectivamente, pueden consultarse en línea en la dirección http://www.oecd.org/document/54/0,3343,en_2649_33773_43202422_1_1_1_37401,00.html.

uso en relación a cada indicador, incluyendo cómo identificar, distinguir y clasificar las políticas y estimar cuantitativamente las transferencias que generan⁴. Las series estadísticas del apoyo a la agricultura en cada uno de los países miembros (la UE se considera en conjunto), más Brasil, Chile, China, la Federación Rusa, Sudáfrica y Ucrania, se recogen en OECD Database 1986-2009, base de datos que complementa al informe anual⁵.

Por otra parte, como los autores han ensayado en trabajos previos la aplicación de la metodología de la OCDE para el cálculo regional de las ayudas comunitarias, se considera innecesario repetir aquí cómo ha sido estimado cada indicador referido a las transferencias de origen comunitario y se remite al lector al trabajo de Andrés y García (2009), que ofrece una detallada explicación de dicha aplicación empírica para los indicadores PSE, GSSE y TSE, con especial atención en el cálculo del Apoyo al Precio de Mercado (o MPS, que forma parte del PSE) y en las fuentes de información utilizadas.

El PSE es un indicador discutido, cuyo método de cálculo debe ser interpretado con reservas (Berthelot, 2004; Wise, 2004; Tangermann, 2005). Las críticas tienen que ver con cuatro aspectos, principalmente. En primer lugar, en el plano conceptual el PSE asume que la oferta agraria no varía con respecto a los cambios en los precios. De este modo, el PSE que calculamos en este trabajo no debe ser considerado como una medida exacta de los cambios en el bienestar de los productores españoles (excedente del productor). En segundo lugar, las transferencias derivadas de las políticas de protección comercial dependen de estimaciones de precios de mercados representativos

que pudieran, a su vez, estar distorsionados por el efecto de las medidas comerciales de los grandes países productores (Oskam y Meester (2006); Tangermann (2006)). En tercer lugar, el PSE calculado mide la transferencia total a los productores españoles pero no aporta detalles sobre la distribución de dicha transferencia entre los propietarios de los distintos factores de producción. En este sentido, una parte de dichas transferencias en España pudiera capitalizarse en mayores precios de la tierra o concentrarse en determinados sistemas productivos. En cuarto y último lugar, cualquier comparación de los valores del PSE, regional o internacional, debe efectuarse con cautela porque la dimensión del sector agrario y sus características son diferentes en cada región y en cada país.

No obstante, entendemos que el PSE es un indicador cuya utilidad se basa en su sencillez metodológica y en la posibilidad de realizar comparaciones internacionales. Reconociendo sus limitaciones, es importante observar que el énfasis del PSE regional lo enfocamos no en su cuantía total, sino sobretudo en su evolución y distribución entre los distintos instrumentos de apoyo, cuyo grado de distorsión del mercado es variable (Blandford, 2005).

Cálculo de las transferencias nacionales: aplicación empírica y fuentes de información

A nivel nacional, en España encontramos tres categorías de apoyo público a la agricultura que conviven con el apoyo proporcionado por la PAC. Se trata de las ayudas estatales, de la cofinanciación del desarrollo rural y de las ayudas autonómicas, dependiendo del nivel de gobierno que las establece y finan-

4. Se accede a él en línea en la dirección http://www.oecd.org/document/43/0,3343,en_2649_33773_41106667_1_1_1,00.html.

5. Se entra a ella a través de la dirección http://www.oecd.org/document/59/0,3343,en_2649_33797_39551355_1_1_1,00.html.

cia, así como también del marco geográfico en el que se aplican. En consecuencia, si se pretende suministrar indicadores de apoyo a

la agricultura regional que resulten completos, éstos deberán recoger también las transferencias nacionales. De esta manera:

$$PSE_{ecaa} = PSE_{pac} + PSE_{nacional}$$

;

$$GSSE_{ecaa} = GSSE_{pac} + GSSE_{nacional}$$

;

$$TSE_{ecaa} = TSE_{pac} + TSE_{nacional}$$

donde PSE_{pac} , $GSSE_{pac}$ y TSE_{pac} representan en cada comunidad autónoma (CA) los indicadores de la OCDE originados en la ejecución de la PAC, y $PSE_{nacional}$, $GSSE_{nacional}$ y $TSE_{nacional}$ representan en cada CA los indicadores de la OCDE originados a partir de las transferencias nacionales, que han sido estimados tal y como se expone a continuación.

La valoración de las transferencias nacionales ha sido posible a partir de la información de la Subdirección General de Relaciones Internacionales y Asuntos Comunitarios del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino (MARM), que ha notificado para el periodo 2005-2009 las transferencias estatales y autonómicas, y para el periodo 2005-2006 la cofinanciación de las medidas de desarrollo rural. Para completar los años 2007-2009, la cofinanciación del desarrollo rural se ha extraído de la información suministrada por los Programas de Desarrollo Rural financiados por el FEADER para cada CA (importe nacional). Se han clasificado las transferencias nacionales según propone la OCDE en su metodología (ver Cuadro 1). El aspecto más notable es que las transferencias nacionales no incluyen pagos basados en la producción.

En las transferencias nacionales, la parte autonómica está regionalizada, como sucede

con las transferencias presupuestarias de la PAC al ofrecerlas el Fondo Español de Garantía Agraria (FEGA) distribuidas por organismo pagador. De la cofinanciación del desarrollo rural ofrece información regionalizada el FEGA para los años 2007-2009. Las correspondientes a los años 2005 y 2006 se han repartido respetando el porcentaje que en 2008 cada CA representaba en el total⁶.

Sin embargo, de las transferencias estatales se carece de información sobre su reparto regional. En consecuencia, se analizan criterios para territorializarlas. Por ejemplo, si modelizamos el reparto regional en España del apoyo ejecutado desde la PAC (presentado en la sección 3), como se muestra en el Cuadro 2, se obtiene como resultado que los factores determinantes de la distribución del apoyo dependen del tipo de apoyo considerado. Así, en la distribución regional del PSE_{pac} impera todavía un enfoque productivista, pues depende sobre todo de la producción (VPRA) pero también es significativa la superficie (SAU) como variable explicativa. Mientras tanto, la lógica que guía la distribución regional del $GSSE_{pac}$ es diferente y se explica sólo por la variable empleo agrícola (UTA). En otra línea de razonamiento, cada medida de política agraria estatal se podría repartir en función de la distribución regional de

6. Se ha elegido el año 2008 por ser el año del que se dispone de un mayor volumen de información regional respecto a la cofinanciación del desarrollo rural.

Cuadro 1. Las categorías de ayuda que componen los indicadores de la OCDE

Table 1. Support categories from the OECD indicators

A. Ayuda basada en la producción
• A.1. Ayuda a precios de mercado (MPS)
• A.2. Pagos basados en la producción
B. Pagos basados en el uso de inputs
• B.1. Uso de inputs variable
• B.2. Formación de capital fijo
• B.3. Servicios agrarios
C. Pagos basados en A/An/R/I actuales, producción requerida
• C.1. de un único producto
• C.2. de un grupo de productos
• C.3. de todos los productos
D. Pagos basados en A/An/R/I* no actuales, producción requerida
E. Pagos basados en A/An/R/I* no actuales, producción no requerida
• E.1. Tasas variables
• E.2. Tasas fijas
F. Pagos basados en criterios distintos al producto
• F.1. Retirada de recursos a largo plazo
• F.2. Producción de productos no comerciables
• F.3. Otros criterios diferentes del producto
G. Pagos diversos
PSE = Σ (categorías A-G)
H. Investigación y desarrollo
I. Centros de capacitación agraria
J. Servicios de inspección
K. Infraestructura
L. Promoción y comercialización
M. Almacenamiento público
N. Otros servicios
GSSE = Σ (categorías H-N)
O. Transferencias al primer consumidor
TSE = PSE + GSSE + O

Fuente: OCDE (2007).

* Nota: A (superficie), An (número de cabezas), R (rendimientos) o I (ingresos).

cualquier otra variable conocida y relacionada con ella (por ejemplo, la ayuda para la renovación del parque de tractores se repartiría en función del número de tractores censados en cada CA). O utilizando el mismo porcentaje que resulta de aquellas transferencias que sí están territorializadas. Según Compés y García (2009), es realista presuponer que el porcentaje de reparto de los fondos estatales sea el promedio simple de la aportación de las regiones a la producción, a la superficie y al empleo. Se ha efectuado la distribución de las ayudas estatales según los dos últimos criterios mencionados, lo que ha permitido comprobar que, dado que repre-

sentan entre el 3 y 4 por ciento del apoyo público total, las diferencias entre criterios son prácticamente inapreciables. Los cálculos ofrecidos en este trabajo incluyen una distribución de los fondos estatales según el promedio simple de la aportación de cada autonomía a la producción, a la superficie y al empleo. La producción regional se ha estimado a partir de la Producción de la Rama Agraria ofrecida por el MARM; la superficie agrícola útil (SAU) y el empleo agrícola total (UTA) se han extraído de la Encuesta sobre la Estructura de las Explotaciones Agrícolas (INE), que comprende los años 2005 y 2007 (el resto de años se han obtenido por extrapolación).

Cuadro 2. Factores determinantes de la distribución regional en España del apoyo ejecutado desde la PAC

Table 2. Determining factors for the regional distribution of the CAP support in Spain

	Variables explicativas			
	LVPRA	LSAU	LUTA	R ²
Variables dependientes				
LPSEpac	0,70 (14,1*)	0,33 (7,8*)		0,952
LGSSEpac			1,12 (10,2*)	0,613

Niveles de significación: *p < 0,005.

Transferencias de la PAC a la agricultura regional española⁷

La Estimación del Apoyo al Productor (PSE)
El Apoyo al Precio de Mercado (MPS) y la elevación de los precios mundiales

Tras el estudio de los datos que aparecen en el Anexo I se pueden constatar dos hechos de carácter fundamental. En primer lugar se

confirma que los principales montantes de MPS se concentran en las regiones donde la especialización láctea (como en Galicia) y hortofrutícola (en especial el litoral mediterráneo) de la producción conlleva el predominio de medidas de protección en frontera. Por otra parte, las estimaciones para los años 2007, 2008 y 2009 recogen los cambios de tendencia en los mercados mundiales de productos básicos, con una pronunciada eleva-

7. Se pone a disposición del lector un listado exhaustivo de todas las ayudas computadas y su clasificación según la metodología de la OCDE.

ción de los precios internacionales, y por tanto, una más que destacable reducción del MPS, que se cifra en España en el 35 por ciento entre el periodo 2006-2009. Dicha reducción ha sido patente en muchas regiones, pero menos intensa en las mediterráneas, por su especialización en productos hortofrutícolas, cuyos precios no han experimentado incrementos de la misma intensidad que los productos de carácter continental (cereales, carne, leche y huevos). La evolución del MPS español en el citado periodo ha seguido fielmente la tendencia europea⁸, a pesar del predominio de medidas de protección en frontera en sectores como el lácteo y el hortofrutícola y el sostenimiento de precios internos que pervive en productos como el arroz y los derivados lácteos.

La Estimación del Apoyo al Productor (PSE) y el pulso a la reforma agraria europea

El Anexo II muestra el indicador PSE_{pac} a lo largo del periodo considerado, su distribución regional promedio y su evolución entre principio y fin del periodo. Su análisis permite extraer interesantes conclusiones. El PSE_{pac} se reduce en la mitad norte peninsular, debido a la elevación que han sufrido los precios de la leche, los cereales, carnes y huevos, pero aumenta en Andalucía, Castilla-La Mancha y Extremadura, regiones que destacan por la dimensión de su sector agrario, y sobre todo en Canarias, donde en el año 2009 han experimentado un crecimiento extraordinario las ayudas al productor relacionadas con el programa POSEICAN. Por tanto, se deduce que el comportamiento del indicador se relaciona con la especialización productiva de las regiones y, en consecuencia, ha dependido en los últimos tiempos de cómo ha sido el incremento en los precios de las materias primas agrícolas. El PSE_{pac} porcentual, ilustrado en el

Mapa 1, induce a pensar que la parte de los ingresos de los productores que procede de la política agraria es menos elevada en el Este peninsular y las islas, al ser la especialización productiva más orientada en el Norte y Oeste a los productos más apoyados por la PAC.

A continuación, consideramos la composición del PSE_{pac} por tipo de medida, pues es ahí donde mejor se toma el pulso a la reforma de la política agraria. Este análisis es especialmente relevante en el actual contexto de reforma de la PAC, pues proporciona una evaluación del impacto de la Reforma Intermedia e identifica el punto de partida para la aplicación del Chequeo Médico de 2008. Enfocamos la atención en la evolución del porcentaje que la cuantía nominal de cada categoría representa sobre el valor total del indicador. Tómese como referencia la información comparada que se ofrece en Andrés (2010), que ilustra muy bien en el conjunto de España, la UE y la OCDE los tres pilares del proceso de reforma: la intensa caída que sufren los apoyos vinculados a la producción (categoría A), la reducción más moderada en los pagos directos por hectárea y cabeza de ganado (categoría C) y la irrupción con fuerza de los pagos desacoplados (Categoría E). A nivel regional, se constata con el Anexo III como la mayor parte de CCAA se desenvuelven en esa línea, pero los diferentes puntos de partida y las diferentes especializaciones productivas dan lugar a que los cambios sucedan con distinta intensidad. Este hecho hace pensar que el ritmo de adaptación al proceso de reforma es más rápido en unas regiones que en otras, por lo que el impacto de la Reforma Intermedia ha sido dispar. Los impactos más contundentes se dan en Asturias, Cantabria, las dos Castillas, Aragón, Extremadura y Andalucía, donde destaca el reducido peso del apoyo basado en la producción, que se compensa con porcentajes más elevados en los pagos directos por

8. <http://www.oecd.org/dataoecd/32/5/45560751.xls?contentId=45560752>

hectárea y cabeza de ganado o en el *pago único*, en función de su especialización en cultivos herbáceos, ganadería u olivar. La evolución más próxima a la media nacional la protagonizan Navarra, País Vasco y La Rioja, que mantienen su apoyo a la producción en-

tre el 30-40 por ciento. Los impactos más tímidos acontecen en Galicia, Madrid y litoral mediterráneo, donde la especialización láctea y hortofrutícola promueve apoyos basados en la producción que aún fluctúan entre el 40- 60 por ciento.



Mapa 1. Estimación del Apoyo al Productor (PSE_{pac}) por CCAA: porcentaje de los ingresos de los productores (promedio 2005-2009).

Map 1. Producer Support Estimate (PSE_{cap}) per AC: percentage of producers incomes (average 2005-2009).

La Estimación del Apoyo a los Servicios Generales (GSSE) y la pérdida de cofinanciación comunitaria

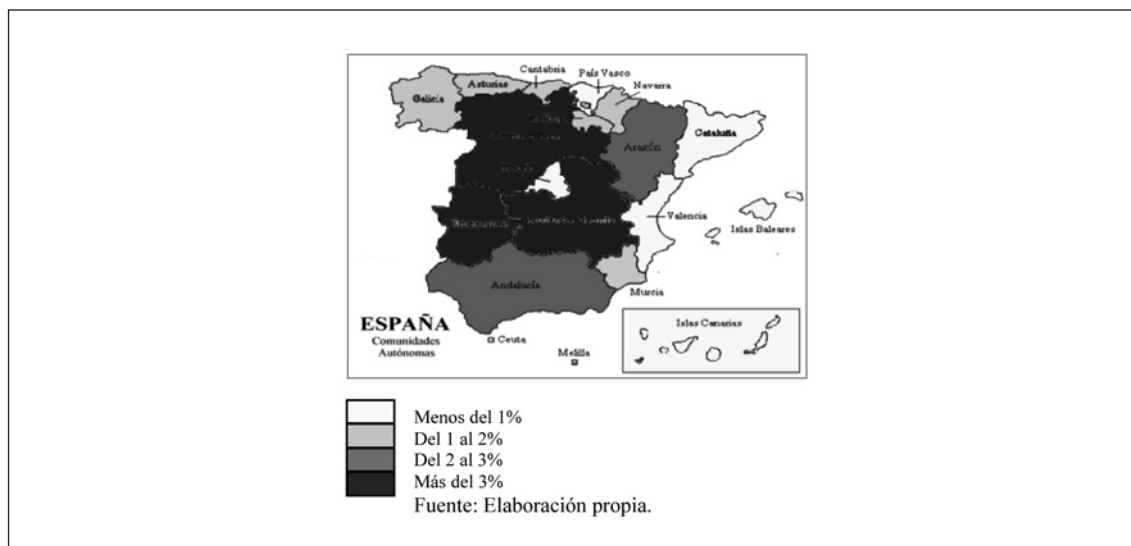
En la evolución del $GSSE_{pac}$ son destacables dos hechos fundamentales. Por un lado, con el nuevo periodo de programación 2007-2013 seis regiones españolas abandonan su condición de *Objetivo 1*, lo que implica una merma en su asignación estructural. En este marco, (1) perviven como *Objetivo 1* (denominado ahora *Objetivo de Convergencia*) Andalucía, Castilla-La Mancha, Extremadura y Galicia; (2) han entrado a formar parte de los *Objetivos Phasing-Out y Phasing-In* Astu-

rias, Murcia, Castilla y León, Comunidad Valenciana y Canarias; y (3) se inscriben en el *Objetivo 2* (denominado ahora *Objetivo de Competitividad Regional y Empleo*) Aragón, Baleares, Cantabria, Cataluña, Madrid, Navarra, País Vasco y La Rioja. El Anexo IV refleja la reducción en la cofinanciación a la que estos hechos conducen y cómo algunas regiones (especialmente las que han pasado a formar parte del *Objetivo de Competitividad*) se han visto más afectadas que otras. Por otro lado, el porcentaje que el $GSSE_{pac}$ representa sobre el apoyo total (TSE_{pac} , que se verá en el siguiente epígrafe) se cifra en España en algo más del 10,5 por ciento en

2009, en la línea de la UE-27, donde equivale al 12 por ciento. Ambas cifras son muy inferiores al promedio del área OCDE, que ya alcanza el 25 por ciento, y denotan que a nivel comunitario todavía no existe una apuesta firme por dotar de fondos al segundo pilar de la PAC. Y no es probable que se refuerce la financiación del desarrollo rural antes del 2013, pues el Consejo Europeo de Bruselas de octubre de 2002 estableció un marco de estabilidad mediante el cual el gasto agrícola para la UE-25 no puede superar entre 2007 y 2013 la cuantía fijada en el Consejo de Berlín (1999) para 2006, incrementado con el monto asignado a los nuevos socios más un 1 por ciento de aumento nominal anual para compensar la inflación. Este cuadro presupuestario descarta la opción de que el presupuesto de la Unión aumente significativamente para potenciar políticas de desarrollo rural⁹.

La Estimación del Apoyo Total (TSE):
¿quién asume su financiación?

Sin duda el sector agrario español es complejo y variado. La extensión geográfica española, su orografía y la presencia de climas marcadamente distintos hacen que las diferencias productivas entre regiones sean más que notables, dando lugar a diferentes modelos de agricultura. Es en esta variedad donde se originan las divergencias que el Anexo V evidencia en la distribución territorial del apoyo total procedente de la PAC. La concentración del apoyo total en Andalucía, Castilla y León, Cataluña, Aragón y Castilla-La Mancha denota el mayor peso relativo del apoyo en los subsectores del ovino-caprino, vacuno de carne, vino, cultivos herbáceos y aceite de oliva, diferenciándose así las regiones de agricultura más continental muy sub-



Mapa 2. Estimación del Apoyo Total (TSE_{pac}) por CCAA: porcentaje del PIB (promedio 2005-2009).
Map 2. Total Support Estimate (TSE_{cap}) per AC: percentage of GDP (average 2005-2009).

9. Con la Revisión Intermedia se ha estimado que un porcentaje de modulación del 5 por ciento permitiría destinar 1.200 millones de euros adicionales al desarrollo rural, cantidad que, sin ser despreciable, tampoco modifica sustancialmente el desequilibrio entre ambos pilares.

vencionada de las regiones hortofrutícolas que no cuentan con tales transferencias directas. Otra diferencia fundamental subyace en la forma en que se proporciona ese apoyo total, con apoyos al precio de mercado especialmente relevantes en las regiones donde la especialización láctea (Galicia) y hortofrutícola (litoral mediterráneo) de la producción conlleva al predominio de medidas de protección en frontera, con el predominio de la financiación vía consumidor y de la resistencia al cambio, mientras que en otros lugares el apoyo se recibe a través de pagos directos más o menos desacoplados de la producción y financiados por el contribuyente.

El crecimiento del PIB en el periodo de estudio, unido a la reducción del apoyo total en términos nominales, ha conllevado una caída del TSE_{pac} en porcentaje del PIB, del 1,24 por ciento al 0,93 por ciento, situándose todavía por encima del nivel promedio de la UE (0,8 por ciento) pero en la media de la OCDE¹⁰. A nivel regional destacan los altos valores que caracterizan a Extremadura, las dos Castillas, Aragón y Andalucía, mientras que no llega al 1 por ciento en País Vasco, Cataluña, Baleares, Madrid, Comunidad Valenciana y Canarias. Como se ve en el Mapa 2, las regiones mediterráneas y la cornisa cantábrica presentan unos valores más bajos de TSE_{pac} porcentual que el sur y el centro de la península.

Transferencias nacionales a la agricultura regional española¹¹

Transferencias estatales, autonómicas y cofinanciación del desarrollo rural

Las transferencias nacionales se subdividen en tres categorías: **transferencias estatales**,

cuya financiación íntegra corresponde al gobierno central, **transferencias autonómicas**, que dependen exclusivamente de los gobiernos de las comunidades autónomas, y la **cofinanciación de las medidas de desarrollo rural**, que se nutre de ambos organismos pagadores en distintos porcentajes según la medida de que se trate. Las transferencias nacionales se caracterizan porque no incluyen pagos basados en la producción y el porcentaje que suponen las medidas de carácter estructural (GSSE) en el valor total es más elevado que en el caso de las transferencias de la PAC (8-14 por ciento en las transferencias estatales, 30-40 por ciento en la cofinanciación del desarrollo rural, 45-65 por ciento en las transferencias autonómicas). Este último hecho revela el importante papel que desempeñan las ayudas nacionales como complemento a la financiación de servicios proporcionados al sector agrícola en general.

Siguiendo el criterio de clasificación de la OCDE mostrado en el Cuadro 1, las medidas de **desarrollo rural**, al suponer una **cofinanciación**, se distribuyen tal y como se ejecutan desde la PAC, por lo que se adjudican en buena parte al productor individual, especialmente en las categorías B, C y F del PSE (inversiones en explotaciones agrícolas, formación y asesoramiento, ayudas agroambientales y a zonas desfavorecidas y forestación de tierras agrícolas), aunque también destacan, ya dentro del GSSE, por su contribución al desarrollo de infraestructuras (categoría K). Las **transferencias estatales** también se adjudican, todavía en mayor medida, al productor individual, pues se concentran en financiar en la categoría B del PSE el uso de inputs variables y fijos en la explotación (seguros agrarios y renovación de maquina-

10. <http://www.oecd.org/dataoecd/31/38/45560193.xls?contentId=45560194>

11. Se pone a disposición del lector un listado exhaustivo de todas las ayudas computadas y su clasificación según la metodología de la OCDE.

ria), y la escueta parte destinada a los servicios generales (GSSE) apoya actividades de promoción y comercialización y la lucha contra plagas y enfermedades (categorías L y N). Por último, las **transferencias autonómicas** se destinan al productor individual en virtud de las categorías B y G del PSE (ayudas para los seguros agrarios y el carburante, a la modernización de explotaciones agrarias, a la adquisición de tierras y maquinaria, a los sectores apícola y ganadero y a paliar daños de condiciones climáticas adversas), pero sobre todo se concentran en los servicios generales a través del desarrollo de infraestructuras, actividades de promoción, comercialización y medidas sanitarias (categorías K, L y N).

Si atendemos a la composición del apoyo nacional según el tipo de la transferencia, se desprende del Gráfico 1 que la mayor aportación a los más de 1.200 millones de euros que supone cada año el $TSE_{nacional}$ procede de la cofinanciación del desarrollo rural, que supone en promedio un 45 por ciento. Le siguen las transferencias estatales con un peso medio

del 36 por ciento; el apoyo autonómico queda reflejado en el 19 por ciento restante.

En función del receptor de la medida de política agraria la distribución queda de la siguiente manera. El $PSE_{nacional}$, con más de 850 millones de euros anuales, se compone a partir de las transferencias estatales (46 por ciento) y la cofinanciación del desarrollo rural (42 por ciento), y una aportación de carácter autonómico que roza el 12 por ciento. A los casi 350 millones de euros anuales que representa el $GSSE_{nacional}$ contribuyen en mayor medida la cofinanciación del desarrollo rural y las transferencias autonómicas, con un 51 y 37 por ciento respectivamente, mientras que la contribución estatal se rebaja a algo más del 12 por ciento.

Respecto a la evolución que han experimentado los indicadores del apoyo nacional merece la pena destacar la tendencia a su aumento, prácticamente en todos los casos. Sobresale el apoyo autonómico, que en todas sus vertientes (apoyo al productor, apoyo al

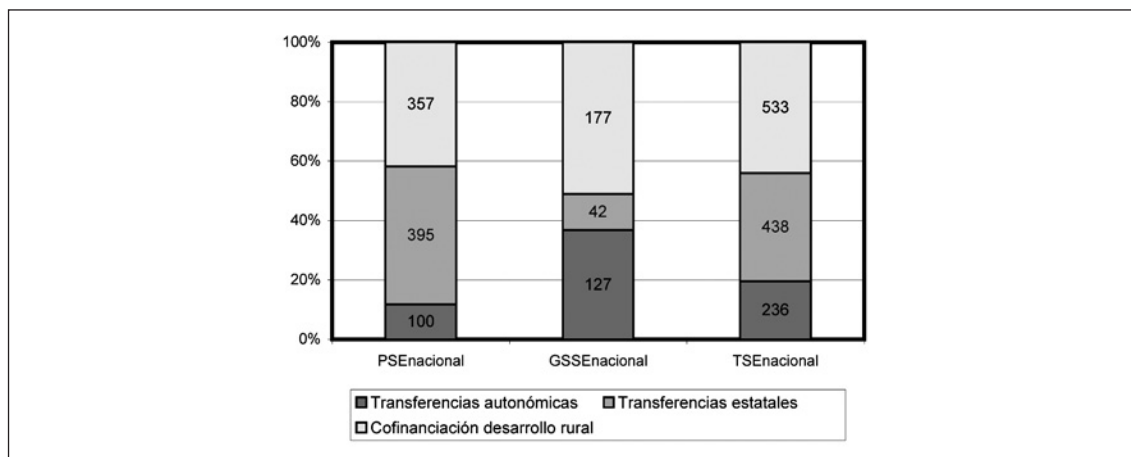


Gráfico 1. Composición de las transferencias nacionales (promedio 2005-2009 en millones de euros corrientes).

Graphic 1. Composition of national transferences (average 2005-2009 in millions of current euros).

Fuente: Elaboración propia.

sector y apoyo total) se incrementa más del doble. La aportación estatal aumenta más moderadamente, 30 por ciento en su apoyo al productor y 10 por ciento en su apoyo al sector. Es la financiación del desarrollo rural la que se mantiene más estable, con reducción del 10 por ciento en las medidas que apoyan directamente al productor que viene compensada con un 26 por ciento de aumento en las medidas que benefician al sector en conjunto.

Cálculo del apoyo nacional que reciben las CCAA

La estimación del apoyo nacional aplicado a cada región española se resumen en los Gráficos 2 y 3. La situación de partida en España, como promedio del quinquenio 2005-2009, se caracteriza porque de los aproximadamente

1.200 millones de euros que nutren el $TSE_{nacional}$ un 70,5 por ciento implica transferencias directas al productor (PSE), un 28,8 beneficia a la agricultura en su conjunto (GSSE), y el 0,7 restante es un apoyo al primer consumidor (categoría O). La evolución de los principales indicadores a lo largo del periodo es positiva y se ilustra en el Gráfico 2, apuntando la tendencia de la política agraria nacional en España hacia el fortalecimiento del apoyo desvinculado de la producción y con un claro objetivo de desarrollo rural, pues si el $PSE_{nacional}$ crece casi un 18 por ciento a lo largo del periodo el $GSSE_{nacional}$ lo hace en más de 40 puntos porcentuales. Además, aunque dentro del PSE se mantienen los apoyos a los insumos variables (categoría B), los que aumentan son la cofinanciación del desarrollo rural y los subsidios para compensar al agricultor afectado por desastres naturales.

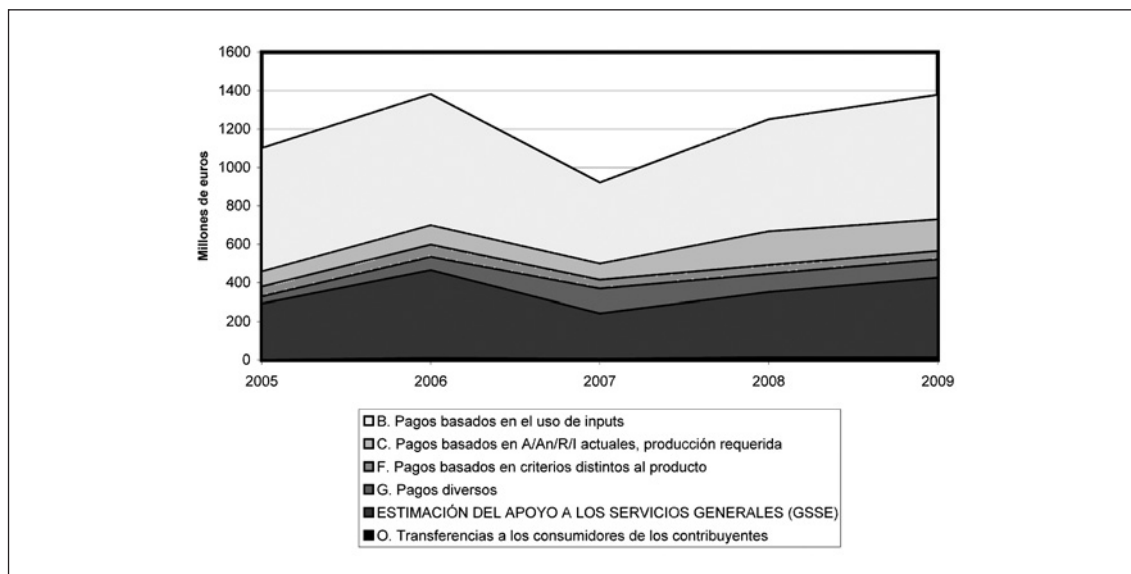


Gráfico 2. Evolución de la composición del $TSE_{nacional}$ en España en el periodo 2005-2009 (millones de euros corrientes).

Graphic 2. Evolution of the $TSE_{nacional}$ composition in Spain for the period 2005-2009 (millions of current euros).

Fuente: Elaboración propia.

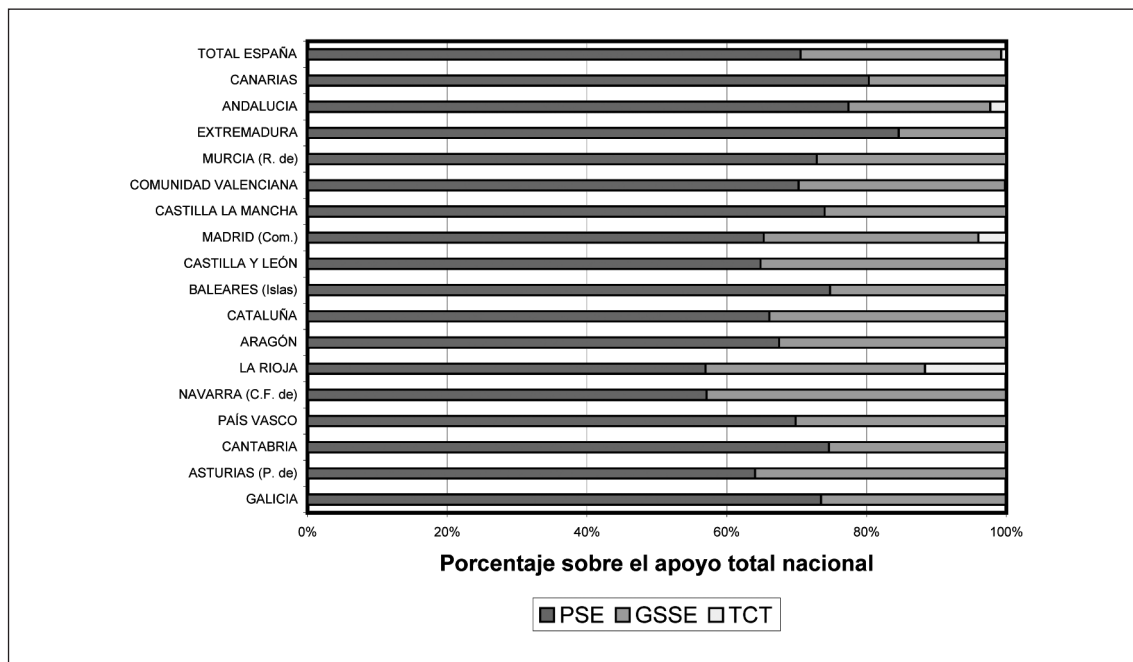


Gráfico 3. Composición porcentual del TSE_{nacional} por regiones (promedio 2005-2009).
 Graphic 3. Composition in percentage of the TSE_{nacional} per regions (average 2005-2009).

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en el Gráfico 3, el modelo regional de apoyo es equilibrado y con pocas diferencias respecto a la media nacional. Aunque más de la mitad del apoyo en todas las regiones descansa todavía en transferencias directas al productor, destacan Aragón, Asturias, Castilla-La Mancha, Cataluña, Comunidad Valenciana, La Rioja, Madrid y Navarra por su mayor esfuerzo en el apoyo con características de bienes públicos que beneficia indirectamente al agricultor (%GSSE_{nacional} superior a la media nacional). Y con mayor diversificación en sus formas de ayuda sobresalen Andalucía, La Rioja y Madrid, que incluyen en su modelo de apoyo al primer consumidor como receptor del mismo. En la evolución de los indicadores no puede hablarse de un comportamiento uniforme, aunque se apuntala la tendencia hacia instru-

mentos desacoplados de los incentivos a la producción y que benefician indirectamente a los agricultores. Así, las mayores oscilaciones las encontramos en el PSE_{nacional}, que aumenta en Andalucía, Canarias, Cantabria, Castilla-La Mancha, Comunidad Valenciana, Extremadura, Galicia y Murcia, mientras que se reduce en el resto de regiones. La evolución es más pareja en el caso del GSSE_{nacional} que se incrementa excepto en Baleares, Castilla-La Mancha, La Rioja y Navarra.

Analizar por regiones la evolución de la composición del apoyo por tipo de medida (como se ofreció en el Gráfico 2 para España) no es fácil dado que la aportación estatal ha sido regionalizada por indicador (PSE y GSSE) pero no por tipo de medida dentro de cada uno de ellos. Basándonos entonces en las transferencias autonómicas y en la cofinanciación

del desarrollo rural se constata que se está produciendo una cierta reinstrumentalización de las formas de apoyo en la mayoría de regiones, de manera que los apoyos a los insumos (categoría B), que pueden ser un estímulo a la producción, crear derechos adquiridos y no fomentar prácticas de producción sostenible, por lo que deben aplicarse con moderación, están siendo reemplazados por otros instrumentos más desacoplados de los incentivos a la producción y más compatibles con los actuales criterios “verdes” de la OMC. Los principales rasgos a destacar son:

- La tendencia que acabamos de definir se confirma en todas las CCAA excepto en Galicia y Cantabria en el norte, Comunidad Valenciana y Murcia en el litoral mediterráneo y Canarias, donde, fuera de todo pronóstico, se está reforzando la categoría B.
- Dentro de las medidas desvinculadas de la producción sufren una merma generalizada los pagos basados en criterios distintos al producto (categoría F), que tan sólo

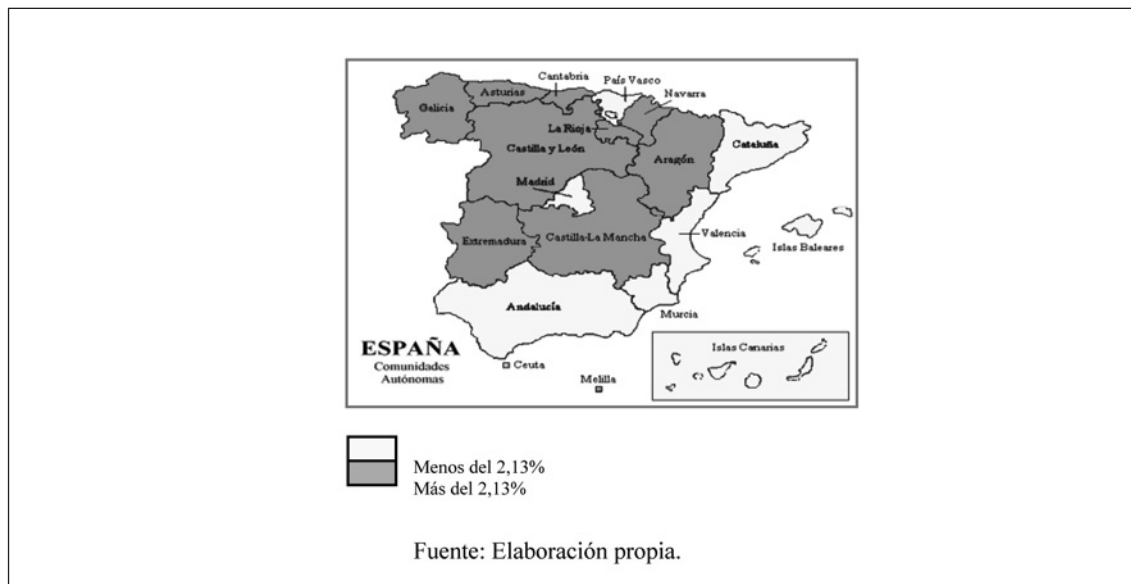
aumentan en Galicia, Castilla y León, Extremadura, Murcia y Andalucía.

- En el País Vasco, Navarra y La Rioja absolutamente todos los indicadores sufren un retroceso, que confirma una tendencia a la reducción en los niveles de apoyo al sector.

Si medimos el peso de la ayuda en términos del porcentaje del valor bruto del ingreso de los agricultores (es decir, el PSE porcentual), ilustrado en el Mapa 3, es interesante observar las diferencias regionales: los agricultores menos subvencionados desde el apoyo nacional se concentran en el País Vasco, Madrid, todo el litoral mediterráneo y las islas, precisamente aquellas zonas más industrializadas, de mayor urbanización y con mayor actividad turística.

Las transferencias totales

Finalizamos nuestras estimaciones ofreciendo un sencillo ejercicio de comparación de los



Mapa 3. $PSE_{nacional}$ por CCAA: porcentaje de los ingresos de los productores (promedio 2005-2009).
 Map 3. $PSE_{nacional}$ per AC: percentage of producers incomes (average 2005-2009).

montantes transferidos desde cada origen (comunitario y nacional), así como la suma de los mismos en cada región. Para ello, hemos elaborado el Cuadro 3 y el Anexo VI. Cuantitativamente, el Cuadro 3 ilustra los siguientes hechos. En el apoyo total que recibe el productor español (denominado en el Cuadro 3 como *PSEe TOTAL*), la aportación nacional media proporciona el 9,1 por ciento; de esta manera, el *PSEe TOTAL* alcanza en la actualidad los 9.500 millones de euros, y habiéndose reducido tan sólo un 1 por ciento a lo largo del periodo, se cifra en casi el 25 por ciento de los ingresos del productor (en la media de la UE). Por su parte, la relevancia del apoyo nacional se incrementa en promedio hasta el 22,5 por ciento cuando consideramos el apoyo total a los servicios generales (*GSSEe TOTAL*); el *GSSEe TOTAL* equivale actualmente a un 13 por ciento del apoyo total (por encima de la media de la UE pero todavía lejos de la media OCDE). En suma, España y sus CCAA financian un promedio del 10,6 por ciento del apoyo total a la agricultura (*TSEe TOTAL*), que va en aumento; el *TSEe TOTAL*, después de sufrir una nada desdeñable reducción del 9,5 por ciento en cinco años, presenta una cifra de 11.180 millones de euros, o lo que es lo mismo, el 1 por ciento del PIB (algo por encima de los promedios en UE y OCDE). Las transferencias totales a nivel regional y su evolución están disponibles en el Anexo VI.

Información cuantitativa sobre gasto público agrario en España

El Cuadro 4 presenta los gastos presupuestados del MARM y del conjunto de CCAA para 2008¹². Los datos del Ministerio han sido de-

purados de las transferencias derivadas de la PAC (en todos los capítulos presupuestarios) que se originan en la UE. También se ha traído de los presupuestos autonómicos las transferencias corrientes y de capital procedentes del MARM y de la UE. Esta última operación es posible ya que las CCAA contabilizan dichas transferencias como ingresos. Además, el Cuadro 4 compara los gastos agrarios estatales y autonómicos procedentes de los presupuestos de las distintas administraciones con los gastos agrarios estatales y autonómicos notificados a los organismos internacionales desde la Subdirección General de Relaciones Internacionales y Asuntos Comunitarios del MARM (OCDE y OMC).

Los datos del Cuadro 4 sugieren que el gasto público agrícola en España financiado con fondos propios es mayor si consultamos los presupuestos nacionales. No es posible dilucidar si la falta de coincidencia es achacable a diferencias en las fuentes de donde procede la información o si pudiera existir una subestimación de las transferencias en las notificaciones a la OCDE. La constatación de este hecho nos hace sospechar que la información que España facilita a la OCDE sobre transferencias nacionales está subestimada, pues aparece un gasto agrario mayor de carácter estatal y autonómico en determinadas partidas de gasto (personal, bienes y servicios e inversiones reales), que sí se contemplan en los cálculos de la OCDE, pero que no se encuentran incluidas en las notificaciones españolas. De hecho, entendemos que las notificaciones españolas sólo refieren transferencias corrientes al sector. Se han revisado los Presupuestos Generales de la Generalitat Valenciana (GVA)¹³, elegidos por

12. Gastos consolidados del Ministerio de Economía y Hacienda.

13. Los Presupuestos Agrarios de la GVA están contenidos en la sección 12: Agricultura, Pesca y Alimentación de la Conselleria de Economía y Hacienda. De ellos se han traído las transferencias comunitarias y estatales, así como también los gastos dirigidos al sector pesquero y los relacionados con la dinamización de los territorios rurales a través de los programas LEADER y RURALTER, pues la OCDE no los considera.

http://portales.gva.es/c_economia/web/html/portal_c.htm?nodo=Hacienda_PresupuestosAnteriores

Cuadro 3. Principales indicadores de la OCDE en España para transferencias de la PAC y transferencias nacionales (millones de euros corrientes)

Table 3. OECD main indicators for CAP transferes and national transferes in Spain (millions of current euros)

	2005	2006	2007	2008	2009
PSEpac	8.883,59	8.301,02	8.435,32	8.436,62	8633,47
PSEnacional	807,60	917,47	679,98	898,35	951,99
PSE TOTAL	9.691,19	9.218,49	9.115,30	9.334,97	9.585,46
% PSEpac	22,43	22,33	19,85	19,54	22,39
% PSEnacional	2,04	2,47	1,60	2,08	2,47
% PSEe TOTAL	24,47	24,80	21,45	21,62	24,86
GSSEpac	1.564,02	1.551,06	878,37	1.033,12	1040,76
GSSEnacional	292,50	453,31	236,80	337,19	410,58
GSSEe TOTAL	1.856,51	2.004,37	1.115,17	1.370,30	1.451,33
% GSSEpac	13,90	14,87	8,97	10,48	10,62
% GSSEnacional	26,59	32,81	25,64	27,03	29,88
% GSSEe TOTAL	15,03	16,97	10,41	12,34	12,98
TSEpac	11.252,23	10.430,52	9.788,34	9.854,29	9801,76
TSEnacional	1.100,30	1.382,05	921,76	1.251,19	1378,64
TSEe TOTAL	12.352,53	11.812,57	10.710,10	11.105,49	11.180,40
% TSEpac	1,24	1,06	0,93	0,91	0,93
% TSEnacional	0,12	0,14	0,09	0,11	0,13
% TSEe TOTAL	1,36	1,20	1,02	1,02	1,06

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4. Gasto público agrícola en España financiado con fondos propios en 2008 (millones de euros)

Table 4. Own-funded agricultural public support in Spain in 2008 (millions of euros)

	Transferencias corrientes	Inversiones y transferencias de capital	Otros	TOTAL
CCAA	467	2.048	163	2.678
MINISTERIO	384	1.471	98	1.953
	Medidas exentas de reducción	Medidas no exentas	TOTAL	
ESPAÑOLA	387	353	740	

Fuente: Ministerio de Economía y Hacienda y elaboración propia.

su claridad y concisión, cuya comparación por categorías con la notificación correspondiente a la Comunidad Valenciana (CV) se muestra en el Cuadro 5.

Efectivamente, del Cuadro 5 se desprende que también en la CV el gasto agrario financiado con fondos propios según los Presupuestos de la GVA es superior al que se deduce a partir de las notificaciones a la OCDE, estando las mayores diferencias concentradas en las categorías de Investigación y Desarrollo (H), Infraestructura (K), Promoción y Comercialización (L) y Otros Servicios (N), precisamente donde se incluyen los gastos de personal, la compra de bienes, los gastos de funcionamiento y las inversiones reales de las distintas instituciones autonómicas de carácter agrario (de investigación y formación como el IVIA, Cámaras Agrarias, Direcciones y Servicios Generales...).

Conclusiones

Las transferencias a la agricultura que concede la UE se implementan cada vez más desvinculadas de la producción, lo que asegura su compatibilidad con las reglas del sistema multilateral de comercio en materia agrícola. Este es el resultado de una serie de cambios que se inician en 1992, prosiguen en la Agenda 2000 y se consolidan en las decisiones tomadas con la Revisión Intermedia adoptada en 2003. El Chequeo Médico en 2009 se insertó en este proceso de reformas, suponiendo un apuntalamiento de la reforma de 2003 al introducir algunas correcciones en los desajustes que esta puede haber generado.

Los resultados obtenidos en este trabajo para las regiones españolas, basados en el cálculo de los indicadores de apoyo a la agricultura auspiciados desde la OCDE (PSE, GSSE y TSE), demuestran que el *pago único* creado con la reforma de 2003 no implica cambios sustan-

ciales, pues permite el mantenimiento del *statu quo* tanto en el nivel global de las transferencias como en su distribución. Efectivamente, las diferencias interregionales que hemos encontrado en la percepción del PSE_{pac} y del $GSSE_{pac}$ siguen siendo apreciables, por tanto, las transferencias comunitarias son todavía muy dependientes del modelo histórico de apoyo de la PAC y tienen poco que ver con una remuneración de las funciones de la agricultura por los bienes públicos que ofrece en el momento actual.

No cabe duda de que la UE es la pieza central de las políticas agrarias en España. Aún así, los gobiernos estatal y autonómicos también conceden ayudas con cargo a fondos propios dentro del marco legal previsto al respecto por la legislación comunitaria. Los EEMM no están autorizados a otorgar ayudas cuyo objetivo sea simplemente mejorar la renta de los productores, ni que tomen como base para su concesión el precio, la cantidad, la unidad de producción o la unidad de los medios de producción. En consecuencia, el esfuerzo nacional en materia de política agraria parece más racional que el comunitario, tanto en su enfoque menos orientado al productor y más a la ayuda estructural, como en su distribución regional, donde la gestión del territorio se configura como el principal argumento distributivo (modelo regional) aunque también influyen los ámbitos productivo y social, lo que le confiere al reparto del presupuesto estatal y autonómico cierto carácter multifuncional. Si bien la transferencia nacional supone en promedio algo menos del 11 por ciento de la transferencia total, no cabe duda de que su peso va ganando en importancia, y seguirá ganando todavía más en el futuro a medida que se vaya reduciendo el presupuesto de la PAC y las Administraciones Nacionales participen más en ayudas cofinanciadas.

Si el Chequeo Médico no ha introducido cambios en profundidad en la PAC, tampoco se sustenta como una estrategia clara a largo

Cuadro 5. Gasto público agrícola en la CV financiado con fondos propios en 2008 (millones de euros)
 Table 5. Own-funded agricultural public support in VC in 2008 (millions of euros)

Estimación del apoyo al productor (PSE)	Notificación OCDE	Presupuestos GVA
A. Ayuda basada en la producción		
B. Pagos basados en el uso de inputs	38,73	51,76
B.1. Uso de inputs variables	24,9	32
B.2. Formación de capital fijo	13,84	19,76
B.3. Servicios agrarios		
C. Pagos basados en A/An/R/I actuales, producción requerida	3,52	8,64
C.1. De un único producto		5
C.2. De un grupo de productos		3
C.3. De todos los productos	3,52	0,64
D. Pagos basados en A/An/R/I no actuales, producción requerida		
E. Pagos basados en A/An/R/I no actuales, producción no requerida		0,89
F. Pagos basados en criterios distintos al producto	0,45	
F.1. Retirada de recursos a largo plazo	0,45	
F.2. Producción de productos no comerciables		
F.3. Otros criterios diferentes del producto		
G. Pagos diversos	7,36	15,35
Estimación del apoyo a los servicios generales (GSSE)		
H. Investigación y desarrollo agrario		49,08
I. Centros de capacitación agraria	0,05	1,3
J. Servicios de inspección		
K. Infraestructura	2,58	53,6
L. Promoción y comercialización	14,16	42,73
M. Almacenamiento público		
N. Otros servicios	2,7	56,02
Estimación del apoyo al consumo (CSE)		
O. Transferencias a los consumidores de los contribuyentes	0,3	15,33
Estimación del apoyo total (TSE)	112,56	355,1

Fuente: Elaboración propia.

plazo. Por tanto, todavía está abierto el debate sobre la PAC posterior a 2013. Las reformas de la PAC siempre han seguido una dinámica interna cuya lógica se basaba en el cumplimiento de los preceptos de la Organización Mundial de Comercio mientras se aseguraba el mantenimiento del *statu quo* presupuestario. Sin embargo, la situación actual de la principal política europea, analizada y argumentada en este trabajo para el caso español, y los retos futuros a lo que se enfrenta, nos hacen pensar que es posible un cambio radical en política agraria, quizás más orientado a objetivos ambientales. Este escenario plantea múltiples interrogantes. ¿Es posible que se desmonte la PAC y que las actividades primarias en Europa pierdan así su carácter estratégico?, ¿es posible que la PAC se actualice adaptándose al nuevo contexto económico y social?, ¿o el debate actual pospondrá la reforma sustancial? Las nuevas orientaciones contenidas en la Comunicación de la Comisión de noviembre de 2010 y las propuestas legislativas de octubre de 2011 arrojan algo de luz sobre estas cuestiones.

Este panorama está generando intensos debates y profundas reflexiones, a los que este trabajo pretende contribuir a partir de los hechos que constata. Efectivamente, los resultados que hemos presentado sugieren que las intervenciones en la agricultura siguen siendo palpables en España, siendo el segundo país receptor de fondos agrícolas comunitarios. Además, los resultados que hemos obtenido evidencian para España unas diferencias regionales en los niveles de apoyo que son apreciables, así como también en los instrumentos que se privilegian en cada CA. En consecuencia, si la situación es distinta de unas regiones a otras, los riesgos también son diferentes. Son muy importantes todas las cuestiones que están en juego: un flujo mo-

netario, que reorientado de manera directa hacia bienes públicos podría ser mucho más eficiente, el carácter estratégico del autoabastecimiento, y un patrimonio ambiental y social, de carácter rural y cultural, de primera magnitud. Y disponemos ahora en España, con la realización de este trabajo, de una información potencialmente útil para orientar la toma de decisiones políticas racionales, y para alertar de los lugares donde los procesos de ajuste social asociados a la liberalización pueden ser más dolorosos, a medida que la UE siga modificando y desmantelando sus mecanismos de apoyo a la agricultura.

Concluimos proponiendo líneas futuras de investigación con las que aumentar la potencialidad de los resultados de este trabajo. Un análisis exhaustivo de los presupuestos de todas las Administraciones Autonómicas, debidamente depurados para evitar que se incluya una doble contabilidad, permitiría averiguar qué se paga en cada región con fondos propios y comparar con lo notificado a la OCDE para destapar las posibles diferencias. Además, las transferencias a la agricultura también se miden en el contexto de las negociaciones comerciales multilaterales, lo que abre una vía complementaria de análisis empírico consistente en la evaluación del apoyo público a la agricultura regional española aplicando la metodología de la OMC. Por último, disponiendo de una serie de años suficientemente amplia, se puede abordar un enfoque prospectivo que permita el planteamiento y análisis de diversos escenarios de futuro en función de las principales alternativas de política agraria que se están considerando en la UE, calculando los efectos sobre el apoyo a la agricultura de cada región mediante el uso de los indicadores manejados en este trabajo.

Anexo I. Estimación del MPS regional según metodología OCDE (millones de euros corrientes)
Appendix I. Estimation of the regional MPS based in the OECD methodology (millions of current euros)

	MPS regional según metodología OCDE				
	2005	2006	2007	2008	2009
GALICIA	367,6	326,7	226,2	189,5	163,0
ASTURIAS (P. de)	94,5	76,4	37,7	30,5	24,9
CANTABRIA	58,2	45,7	20,2	13,3	9,8
PAÍS VASCO	75,9	69,4	38,5	34,3	30,7
NAVARRA (C.F. de)	69,0	58,6	56,5	64,2	54,5
LA RIOJA	35,5	29,3	30,8	24,8	21,2
ARAGÓN	273,8	218,7	168,3	149,9	97,0
CATALUÑA	505,7	456,3	319,7	432,0	328,1
BALEARES (Islas)	28,1	38,3	27,9	24,1	19,0
CASTILLA Y LEÓN	693,1	449,0	320,8	291,5	238,4
MADRID (Com.)	129,2	129,4	88,4	83,7	65,7
CASTILLA LA MANCHA	250,4	240,3	142,0	184,7	140,3
COMUNIDAD VALENCIANA	261,5	216,1	263,1	263,9	200,1
MURCIA (R. de)	170,4	151,4	143,9	200,6	95,8
EXTREMADURA	81,8	83,7	159,9	174,3	76,9
ANDALUCIA	735,2	575,5	733,6	901,0	485,5
CANARIAS	34,9	27,3	23,2	38,9	16,8
TOTAL ESPAÑA	3864,9	3192,1	2800,7	3101,1	2067,7

Fuente: Elaboración propia.

Anexo II. Estimación del Apoyo al Productor (PSEpac) por CCAA (millones de euros corrientes)
Appendix II. Producer Support Estimation (PSEcap) per AC (millions of current euros)

PSE SEGÚN METODOLOGÍA OCDEPRODUCCIÓN RAMA AGRARIA REGIONAL											
	2005	2006	2007	2008	2009	2005	2006	2007	2008	2009	2009
GALICIA	544,5	547,2	398,4	358,9	362,5	1804,8	1694,4	1936,6	1968,2	1757,1	
ASTURIAS (P. de)	171,1	150,5	110,7	99,5	102,6	440,6	413,6	472,7	480,5	428,9	
CANTABRIA	104,8	80,9	59,4	54,4	79,7	268,2	251,8	287,8	292,5	261,1	
PAÍS VASCO	128,1	105,3	108,6	84,0	82,0	483,7	454,1	519,0	527,5	470,9	
NAVARRA (C.F. de)	175,6	172,5	154,9	163,2	173,8	884,8	830,7	949,4	964,9	861,4	
LA RIOJA	62,9	69,3	77,5	59,5	56,2	572,9	537,8	614,7	624,7	557,7	
ARAGÓN	683,0	687,7	589,1	591,4	539,6	2985,3	2802,6	3203,2	3255,4	2906,3	
CATALUÑA	799,0	645,9	593,4	713,1	707,5	4389,3	4120,7	4709,7	4786,5	4273,1	
BALEARES (Islas)	59,6	73,5	56,0	49,4	45,5	385,5	361,9	413,6	420,4	375,3	
CASTILLA Y LEÓN	1616,9	1476,7	1300,7	1211,4	1257,8	5177,1	4860,3	5555,0	5645,6	5040,1	
MADRID (Com.)	158,1	169,1	129,7	124,6	133,2	375,9	352,9	403,4	409,9	366,0	
CASTILLA LA MANCHA	927,3	940,2	966,4	925,0	1053,4	3820,2	3586,4	4099,0	4165,9	3719,0	
COMUNIDAD VALENCIANA	388,0	299,0	345,8	347,5	319,4	2973,9	2791,9	3191,0	3243,0	2895,2	
MURCIA (R. de)	236,2	210,4	208,1	251,7	179,9	1885,5	1770,1	2023,2	2056,1	1835,6	
EXTREMADURA	623,8	645,4	753,5	736,7	702,3	2113,7	1984,3	2268,0	2305,0	2057,7	
ANDALUCÍA	2134,3	1966,4	2472,7	2558,8	2645,4	10284,5	9655,1	11035,2	11215,2	10012,2	
CANARIAS	70,2	60,9	110,5	107,3	192,6	753,2	707,1	808,1	821,3	733,2	
TOTAL ESPAÑA	8883,6	8301,0	8435,3	8436,6	8633,5	39599,2	37175,9	42489,7	43182,6	38550,9	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo III. Composición porcentual del PSEpac en las CCAA
Appendix III. Composition in percentage of PSEcap in each AC

	2005	2007	2009	2005	2007	2009
Andalucía						
A. Ayuda basada en la producción	70	30	19	Comunidad Valenciana		
B. Pagos basados en el uso de inputs	2	1	7	A. Ayuda basada en la producción	76	77
C. Pagos basados en A/An/R/I actuales, producción requerida	27	14	18	B. Pagos basados en el uso de inputs	7	3
D. Pagos basados en A/An/R/I no actuales, producción requerida	0	0	0	C. Pagos basados en A/An/R/I actuales, producción requerida	17	8
E. Pagos basados en A/An/R/I no actuales, producción no requerida	0	55	55	D. Pagos basados en A/An/R/I no actuales, producción requerida	0	0
F. Pagos basados en criterios distintos al producto	1	0	1	E. Pagos basados en A/An/R/I no actuales, producción no requerida	0	12
G. Pagos diversos	0	0	0	F. Pagos basados en criterios distintos al producto	0	0
				G. Pagos diversos	0	0
Aragón						
A. Ayuda basada en la producción	45	30	19	Extremadura		
B. Pagos basados en el uso de inputs	4	2	3	A. Ayuda basada en la producción	39	30
C. Pagos basados en A/An/R/I actuales, producción requerida	50	19	22	B. Pagos basados en el uso de inputs	6	3
D. Pagos basados en A/An/R/I no actuales, producción requerida	0	0	0	C. Pagos basados en A/An/R/I actuales, producción requerida	53	23
E. Pagos basados en A/An/R/I no actuales, producción no requerida	0	49	54	D. Pagos basados en A/An/R/I no actuales, producción requerida	0	0
F. Pagos basados en criterios distintos al producto	1	0	2	E. Pagos basados en A/An/R/I no actuales, producción no requerida	0	42
G. Pagos diversos	0	0	0	F. Pagos basados en criterios distintos al producto	2	2
				G. Pagos diversos	0	0
Asturias (P. de)						
A. Ayuda basada en la producción	58	35	25	Galicia		
B. Pagos basados en el uso de inputs	4	0	3	A. Ayuda basada en la producción	70	58
C. Pagos basados en A/An/R/I actuales, producción requerida	38	21	35	B. Pagos basados en el uso de inputs	6	3
				C. Pagos basados en A/An/R/I actuales, producción requerida	23	14

Fuente: Elaboración propia.

Anexo III. Composición porcentual del PSEpac en las CCAA (continuación)
 Appendix III. Composition in percentage of PSEcap in each AC (continuation)

	2005	2007	2009	2005	2007	2009
D. Pagos basados en A/An/R/I no actuales, producción requerida	0	0	0	D. Pagos basados en A/An/R/I no actuales, producción requerida	0	0
E. Pagos basados en A/An/R/I no actuales, producción no requerida	0	44	36	E. Pagos basados en A/An/R/I no actuales, producción no requerida	0	25
F. Pagos basados en criterios distintos al producto	0	0	1	F. Pagos basados en criterios distintos al producto	1	1
G. Pagos diversos	0	0	0	G. Pagos diversos	0	0
Baleares (Islas)				Madrid (Com.)		
A. Ayuda basada en la producción	49	50	42	A. Ayuda basada en la producción	86	69
B. Pagos basados en el uso de inputs	12	2	3	B. Pagos basados en el uso de inputs	2	0
C. Pagos basados en A/An/R/I actuales, producción requerida	39	20	23	C. Pagos basados en A/An/R/I actuales, producción requerida	11	10
D. Pagos basados en A/An/R/I no actuales, producción requerida	0	0	0	D. Pagos basados en A/An/R/I no actuales, producción requerida	0	0
E. Pagos basados en A/An/R/I no actuales, producción no requerida	0	28	32	E. Pagos basados en A/An/R/I no actuales, producción no requerida	0	21
F. Pagos basados en criterios distintos al producto	0	0	0	F. Pagos basados en criterios distintos al producto	1	0
G. Pagos diversos	0	0	0	G. Pagos diversos	0	0
Canarias				Murcia (R. de)		
A. Ayuda basada en la producción	50	21	9	A. Ayuda basada en la producción	77	70
B. Pagos basados en el uso de inputs	25	1	2	B. Pagos basados en el uso de inputs	4	2
C. Pagos basados en A/An/R/I actuales, producción requerida	18	5	0	C. Pagos basados en A/An/R/I actuales, producción requerida	19	10
D. Pagos basados en A/An/R/I no actuales, producción requerida	0	0	0	D. Pagos basados en A/An/R/I no actuales, producción requerida	0	0
E. Pagos basados en A/An/R/I no actuales, producción no requerida	0	0	0	E. Pagos basados en A/An/R/I no actuales, producción no requerida	0	18
F. Pagos basados en criterios distintos al producto	0	0	0	F. Pagos basados en criterios distintos al producto	0	0
G. Pagos diversos	7	73	89	G. Pagos diversos	0	0

Fuente: Elaboración propia.

Anexo III. Composición porcentual del PSEpac en las CCAA (continuación)
 Appendix III. Composition in percentage of PSEcap in each AC (continuation)

	2005	2007	2009	2005	2007	2009
Cantabria						
Navarra (C.F. de)						
A. Ayuda basada en la producción	59	35	13	43	37	32
B. Pagos basados en el uso de inputs	4	0	2	8	2	3
C. Pagos basados en A/An/R/I actuales, producción requerida	37	24	24	48	19	20
D. Pagos basados en A/An/R/I no actuales, producción requerida	0	0	0	0	0	0
E. Pagos basados en A/An/R/I no actuales, producción no requerida	0	41	61	0	42	39
F. Pagos basados en criterios distintos al producto	0	0	0	1	0	6
G. Pagos diversos	0	0	0	0	0	0
Castilla-La Mancha						
País Vasco						
A. Ayuda basada en la producción	37	19	14	62	36	39
B. Pagos basados en el uso de inputs	10	9	5	6	1	1
C. Pagos basados en A/An/R/I actuales, producción requerida	51	26	25	31	20	20
D. Pagos basados en A/An/R/I no actuales, producción requerida	0	0	0	0	0	0
E. Pagos basados en A/An/R/I no actuales, producción no requerida	0	44	39	0	43	40
F. Pagos basados en criterios distintos al producto	2	2	17	1	0	0
G. Pagos diversos	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia.

Anexo III. Composición porcentual del PSEpac en las CCAA (continuación)
 Appendix III. Composition in percentage of PSEcap in each AC (continuation)

	2005	2007	2009		2005	2007	2009
Castilla y León				La Rioja			
A. Ayuda basada en la producción	45	25	20	A. Ayuda basada en la producción	60	40	37
B. Pagos basados en el uso de inputs	3	1	6	B. Pagos basados en el uso de inputs	12	10	11
C. Pagos basados en A/An/R/I actuales, producción requerida	51	22	23	C. Pagos basados en A/An/R/I actuales, producción requerida	23	17	17
D. Pagos basados en A/An/R/I no actuales, producción requerida	0	0	0	D. Pagos basados en A/An/R/I no actuales, producción requerida	0	0	0
E. Pagos basados en A/An/R/I no actuales, producción no requerida	0	51	50	E. Pagos basados en A/An/R/I no actuales, producción no requerida	0	33	34
F. Pagos basados en criterios distintos al producto	1	1	1	F. Pagos basados en criterios distintos al producto	5	0	1
G. Pagos diversos	0	0	0	G. Pagos diversos	0	0	0
Cataluña							
A. Ayuda basada en la producción	70	55	47				
B. Pagos basados en el uso de inputs	5	2					
C. Pagos basados en A/An/R/I actuales, producción requerida	25	12	11				
D. Pagos basados en A/An/R/I no actuales, producción requerida	0	0	0				
E. Pagos basados en A/An/R/I no actuales, producción no requerida	0	31	39				
F. Pagos basados en criterios distintos al producto	0	0	1				
G. Pagos diversos	0	0	0				

Fuente: Elaboración propia.

Anexo IV. Estimación del Apoyo a los Servicios Generales (GSSEpac)
 por CCAA (millones de euros corrientes)
Appendix IV. General Services Support Estimate (GSSEcap) per AC (millions of current euros)

	GSSE SEGÚN METODOLOGÍA OCDE				
	2005	2006	2007	2008	2009
GALICIA	160,1	154,9	88,5	88,3	91,9
ASTURIAS (P. de)	41,3	44,9	9,4	33,5	29,8
CANTABRIA	20,1	19,2	3,4	3,7	3,9
PAÍS VASCO	22,4	22,3	2,3	2,9	4,8
NAVARRA (C.F. de)	30,4	31,5	5,0	7,6	8,0
LA RIOJA	16,4	16,3	4,9	4,7	5,9
ARAGÓN	104,6	108,4	13,4	27,2	25,2
CATALUÑA	95,0	96,7	34,5	33,4	35,6
BALEARES (Islas)	12,8	12,1	1,9	2,1	1,5
CASTILLA Y LEÓN	230,6	227,9	32,9	41,7	53,6
MADRID (Com.)	24,5	24,9	0,5	0,3	4,0
CASTILLA LA MANCHA	170,2	162,1	74,3	76,4	86,7
COMUNIDAD VALENCIANA	99,2	108,5	88,8	95,1	100,2
MURCIA (R. de)	80,7	90,2	55,3	50,0	61,4
EXTREMADURA	107,9	96,7	68,2	69,8	86,0
ANDALUCIA	263,0	254,7	342,2	340,2	356,9
CANARIAS	84,9	79,6	53,0	156,2	85,3
TOTAL ESPAÑA	1.564,0	1.551,1	878,4	1.033,1	1.040,8

Fuente: Elaboración propia.

Anexo V. Estimación del Apoyo Total (TSEpac) por CCAA (millones de euros corrientes)
 Appendix V. Total Support Estimate (TSEcap) per AC (millions of current euros)

	TSE SEGÚN METODOLOGÍA OCDE				
	2005	2006	2007	2008	2009
GALICIA	714,6	708,4	487,3	447,4	454,5
ASTURIAS (P. de)	215,5	197,9	120,7	133,3	132,5
CANTABRIA	126,0	100,8	62,9	58,2	83,7
PAÍS VASCO	152,1	128,8	112,0	87,6	87,6
NAVARRA (C.F. de)	216,5	223,2	169,2	179,2	187,2
LA RIOJA	82,9	88,6	84,5	66,2	63,5
ARAGÓN	828,7	866,0	647,5	656,3	598,3
CATALUÑA	943,4	799,6	667,4	778,9	757,0
BALEARES (Islas)	72,7	85,9	58,1	51,7	47,1
CASTILLA Y LEÓN	1.864,3	1.718,3	1.349,0	1.269,9	1.329,2
MADRID (Com.)	185,1	196,3	131,2	125,6	138,0
CASTILLA LA MANCHA	1.278,5	1.272,0	1.183,8	1.120,7	1.165,4
COMUNIDAD VALENCIANA	547,9	460,6	510,7	497,9	419,8
MURCIA (R. de)	339,3	324,5	292,9	322,5	241,4
EXTREMADURA	819,5	795,9	856,6	835,2	790,7
ANDALUCIA	2.682,1	2.293,2	2.862,1	2.941,5	3.007,6
CANARIAS	183,2	170,7	192,5	282,5	298,5
TOTAL ESPAÑA	11.252,2	10.430,5	9.788,3	9.854,3	9.801,8

Fuente: elaboración propia.

Anexo VI. Transferencias totales por CCAA (millones de euros corrientes)
Appendix VI. Total transfers per AC (millions of current euros)

TSE NACIONAL SEGÚN METODOLOGÍA OCDE																			
2005				2006				2007				2008				2009			
	NAC	PAC	TOTAL	NAC	PAC	TOTAL	TOTAL	NAC	PAC	TOTAL	TOTAL	NAC	PAC	TOTAL	TOTAL	NAC	PAC	TOTAL	
GALICIA	68,20	714,61	782,81	77,05	708,35	785,40	785,40	59,86	487,28	547,13	547,13	75,54	447,40	522,94	522,94	99,41	454,50	553,91	
ASTURIAS (P. de)	28,63	215,54	244,17	29,83	197,88	227,72	227,72	10,06	120,68	130,74	130,74	25,99	133,26	159,25	159,25	25,61	132,47	158,08	
CANTABRIA	10,48	125,98	136,46	18,50	100,75	119,26	119,26	25,70	62,87	88,57	88,57	21,11	58,19	79,31	79,31	25,64	83,68	109,32	
PAÍS VASCO	16,37	152,06	168,43	17,56	128,78	146,34	146,34	5,87	111,98	117,85	117,85	15,28	87,61	102,90	102,90	11,51	87,57	99,09	
NAVARRA (C.F. de)	53,98	216,47	270,46	68,32	223,17	291,48	291,48	21,48	169,24	190,71	190,71	46,72	179,16	225,88	225,88	47,95	187,18	235,14	
LA RIOJA	33,79	82,93	116,72	49,09	88,59	137,67	137,67	29,70	84,47	114,17	114,17	33,25	66,15	99,40	99,40	30,56	63,55	94,11	
ARAGÓN	135,91	828,69	964,60	146,84	865,97	1012,81	1012,81	66,12	647,46	713,58	713,58	120,52	656,32	776,84	776,84	119,34	598,26	717,60	
CATALUÑA	155,24	943,43	1098,67	171,31	799,62	970,93	970,93	36,72	667,35	704,07	704,07	140,09	778,87	918,96	918,96	129,16	757,05	886,21	
BALEARES (Islas)	11,60	72,66	84,26	13,16	85,94	99,09	99,09	10,16	58,11	68,27	68,27	11,13	51,68	62,80	62,80	9,48	47,09	56,57	
CASTILLA Y LEÓN	159,23	1864,31	2023,55	194,89	1718,32	1913,21	1913,21	131,22	1348,96	1480,18	1480,18	182,31	1269,89	1452,20	1452,20	247,38	1329,16	1576,54	
MADRID (Com.)	8,87	185,07	193,94	10,61	196,32	206,92	206,92	9,34	131,24	140,58	140,58	10,32	125,61	135,93	135,93	11,16	137,99	149,15	
CASTILLA LA MANCHA	144,02	1278,54	1422,56	218,12	1271,97	1490,08	1490,08	203,56	1183,83	1387,39	1387,39	146,03	1120,74	1266,77	1266,77	134,91	1165,36	1300,27	
COMUNIDAD VALENCIANA	54,01	547,86	601,87	80,54	460,61	541,16	541,16	51,23	510,73	561,97	561,97	98,89	497,85	596,74	596,74	117,66	419,76	537,42	
MURCIA (R. de)	17,38	339,31	356,69	18,90	324,48	343,38	343,38	17,86	292,85	310,72	310,72	21,69	322,49	344,18	344,18	43,77	241,35	285,12	
EXTREMADURA	60,13	819,48	879,61	64,88	795,90	860,78	860,78	70,72	856,64	927,36	927,36	65,67	835,16	900,83	900,83	74,50	790,69	865,19	
ANDALUCÍA	131,17	2682,11	2813,28	192,40	2293,21	2485,61	2485,61	166,06	2862,13	3028,20	3028,20	218,37	2941,45	3159,82	3159,82	220,58	3007,55	3228,13	
CANARIAS	11,29	183,17	194,47	9,96	170,66	180,62	180,62	6,51	192,51	199,02	199,02	16,57	282,46	299,03	299,03	27,90	298,53	326,44	
TOTAL ESPAÑA	1100,30	11252,23	12352,53	1382,05	10430,52	11812,57	11812,57	921,76	9788,34	10710,10	10710,10	1251,19	9854,29	11105,49	11105,49	1378,64	9801,76	11180,40	

Fuente: elaboración propia.

Referencias bibliográficas

- Anders S, Harche J, Herrmann R, Salhofer K, 2004. Regional Income Effects of Producer Support under the CAP. *Cahiers d'économie et sociologie rurales*. Vol. 73, No. 4, págs. 103-122.
- Andrés González-Moralejo S, García Álvarez-Coque JM, 2009. Distribución regional del apoyo de la PAC a la agricultura española tras la Revisión Intermedia. *Investigaciones Regionales*, Vol. 14, págs. 27-59.
- Andrés González-Moralejo S, 2010. *El cambio en el apoyo a la agricultura española*. En Chequeo Médico de la PAC, y Perspectivas de la Política Agraria Común tras 2013, Cap. 9. Edita: Eumedía y MARM. Págs. 213-236.
- Berthelot J, 2004. *Ending Food dumping: taking the US and EU through the WTO disputes procedure after the expiry of the "peace clause"*, <http://solidarite.asso.fr>. Mayo 2004.
- Blandford D, 2005. Imposing WTO disciplines on domestic support: an assessment of the Doha Round Approach, *Economía Agraria y Recursos Naturales*, Vol. 5, nº 9, págs. 3-26.
- Buckwell A, 2009. *Elements of the post 2013 CAP*. Workshop on «The future of the CAP 2013», 10th November 2009, European Parliament. En trámite de edición.
- Bureau D, Mahé LP, 2008. CAP reform beyond 2013: an idea for a longer view. *Notre Europe, Studies & Research*, Vol. 64. Disponible en: <http://www.notre-europe.eu>
- Compés R, García Álvarez-Coque JM, 2005. Las reformas de la política agrícola común en la Unión Europea ampliada: implicaciones económicas para España, *Papeles de Economía Española* nº 103, págs. 230-244.
- Compés R, García Álvarez-Coque JM, 2009. *La reforma de la PAC y la agricultura española: alternativas y oportunidades para España*. Fundación Alternativas. Disponible en: <http://www.falternativas.org/documentos>
- Enrocare GMBH, 2007. *Reflection on the possibilities for the future development of the CAP*, European Parliament. Disponible en: <http://www.europarl.europa.eu/activities/committees/studies/download.do?file=19451>
- European Commission, 2001. *Study on the impact of community agricultural policies on economic and social cohesion*, Directorate-General for Regional Policy, Brussels.
- European Spatial Planning Observation Network, 2005. ESPON Project 2.1.3: *The Territorial Impact of CAP and Rural Development Policy*. Arkleton Institute for Rural Development Research, University of Aberdeen.
- García Álvarez-Coque JM, Möhlendick B, Soriano V, 1994. *Gasto Público y Sistema Autonómico. La política agraria autonómica a examen*. Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació de la Generalitat Valenciana. Serie Estudios.
- García Álvarez-Coque JM, Andrés González-Moralejo S, 2007. Estimación del apoyo comunitario a la agricultura de las Comunidades Autónomas, *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, Vol. 213, nº 1, pp. 179-206.
- Group of Leading Agricultural Economists, 2009. *A Common Agricultural Policy for European Public Goods. Declaration*. Disponible en: <http://www.reformthecap.eu/sites/default/files/Declaration%20on%20CAP%20reform.pdf>
- Hansen H, 2005. Effects of agricultural policy measures on gross transfers to farmers: Intertemporal and interregional evidence from the CAP Paper prepared for presentation at the XIth Congress of the EAAE (European Association of Agricultural Economists) 'The Future of Rural Europe in the Global Agri-Food System' Copenhagen, Denmark August 24-27, 2005.
- MAPA, 2004. Territorialización de los apoyos públicos, en Libro Blanco sobre la Agricultura y el Desarrollo Rural, Cap. 3, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Martínez VD, 2010. *Implementación del Chequeo Médico en otros países de la UE*. En Chequeo Médico de la PAC, y Perspectivas de la Política Agraria Común tras 2013, Cap. 4. Edita: Eumedía y MARM. Págs. 85-103.
- Massot A, 2009. *España ante la refundación de la Política Agrícola Común de 2013*. Real Instituto Elcano, Documento de Trabajo 35/2009, Boletín nº 116.

- Massot A, 2010. *La revisión presupuestaria como marco general de la PAC post 2013*. En Chequeo Médico de la PAC, y Perspectivas de la Política Agraria Común tras 2013, Cap. 5. Edita: Eumedia y MARM. Págs. 105-128.
- OECD, 2007. Agricultural Policies in OECD countries: monitoring and evaluation 2007. http://www.oecd.org/document/59/0,3343,en_2825_494504_39551355_1_1_1_1,00.html
- Oskam AJ, Meester G, 2006. How useful is the PSE in determining agricultural support? *Food Policy*, Vol. 31, págs. 123-141.
- Sapir A (Dir.), 2009. *An agenda for a Growing Europe. Making the EU Economic System Deliver*. Report of a Independent High-Level Study Group established on the initiative of the President of the European Commission, Julio 2003. Disponible en: <http://www.euractiv.com/ndbtext/innovation/sapirreport.pdf>
- Sapir A (Ed.), 2009. Europe's economic priorities 2010-2015. Memos to the new Commission. Bruegel, Brussels.
- Sumner DA, Brunke H, 2003. "Commodity Policy and California Agriculture", en Jerome B. Siebert. Forthcoming in *California Agriculture: Issues and Challenges*. University of California, Giannini Foundation.
- Tangermann S, 2005. "Is the Concept of the Producer Support Estimate in Need of Revision?", *OECD Food, Agriculture and Fisheries Working Papers*, No. 1, OECD Publishing. doi:10.1787/845314770374
- Tangermann S, 2006. Response to the article on "How useful is the PSE in determining agricultural support?" *Food Policy*, Vol. 31, págs. 142-147.
- Tarditi S, Zanas G, 2001. Common agricultural policy, in: *Competitiveness and Cohesion in EU Policies*, Hall R., Smith A. and Tsoukalis L. (eds.), Oxford University Press, págs. 179-216.
- Walkenhorst P, 2003. Regional diversity, policy targeting and agricultural producer support in Switzerland, *Jahrbuch für Regionalwissenschaft*, 23 (2), págs. 141-153.
- Wise TA, 2004. *The Paradox of Agricultural Subsidies: Measurement Issues, Agricultural Dumping, and Policy Reform*, Global Development and Environment Institute, Tufts University, Working paper N° 04-02, Febrero 2004. <http://ase.tufts.edu/gdae>
- Zanas GP, 2002. The distribution of CAP benefits among member states and the impact of a partial re-nationalisation: a note, *Journal of Agricultural Economics*, 53 (1), págs. 108-112.
- Zahrnt V, 2009. *Public Money for public goods: Winters and losers from CAP reform*. ECIPE (European Centre for International Political Economy) Working Paper n° 08/2009.

(Aceptado para publicación el 20 de junio de 2012)

El manejo del riego y la contaminación por sales y nitrato: un caso de inundación vs. aspersión

I. García-Garizábal^{*,1}, R. Abrahao^{**} y J. Causapé^{***}

* Universidad de Zaragoza, Departamento de Ciencias de la Tierra. C/ Pedro Cerbuna 12. 50009 Zaragoza, España

** Mirarco - Laurentian University. Canada

*** Instituto Geológico y Minero de España (IGME)

Resumen

La agricultura de regadío permite aumentar las producciones agrícolas y una mayor estabilidad en el suministro de alimentos, si bien es el principal consumidor de agua y responsable de la contaminación de las aguas en el mundo. Este trabajo evalúa el uso del agua y la contaminación generada en dos cuencas de regadío diferentes (inundación y presurizado) analizando los índices de aprovechamiento del agua, contaminación por sales (ICS) y por nitratos (ICN) en cada una de ellas durante los años hidrológicos 2006-2008. Los valores de aprovechamiento del agua fueron similares en ambos regadíos (84%) poniendo de manifiesto la posibilidad de alcanzar adecuados aprovechamientos mediante adaptaciones en los sistemas de riego. En cuanto a los contaminantes exportados, la mayor masa de sales se midió en la cuenca con regadío presurizado, debido a su subsuelo más salino ($D_{\text{sales-inundación}} = 1,7 \text{ t/ha}\cdot\text{año}$ vs. $D_{\text{sales-presurizado}} = 3,2 \text{ t/ha}\cdot\text{año}$), mientras que la mayor masa de nitrato ($D_{\text{nitrato-inundación}} = 53 \text{ kg N/ha}\cdot\text{año}$ vs. $D_{\text{nitrato-presurizado}} = 26 \text{ kg N/ha}\cdot\text{año}$) se midió en la cuenca con regadío por inundación, con menores aportes de fertilizante nitrogenado, pero con un mayor volumen de drenaje ($Q_{\text{inundación}} = 446 \text{ mm}$ vs. $Q_{\text{presurizado}} = 116 \text{ mm}$). Los índices de contaminación resultaron más favorables para el regadío presurizado (ICS = $0,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}/\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$; ICN = $0,20$) frente de inundación (ICS = $1,6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}/\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$; ICN = $0,68$), lo que indica que es posible reducir el grado de contaminación del regadío por inundación, disminuyendo el volumen de los retornos de riego.

Palabras clave: Riego por inundación, riego presurizado, eficiencia, salinidad, nitratos.

Abstract

Irrigation management and pollution by salts and nitrate: flood vs. pressurized system

Irrigated agriculture allows the increase of agrarian yields and the stability in food supply, but it is also considered the main fresh water consumer and polluter in the world. This work aims to evaluate water use and pollution of two irrigation lands (flood- and pressurized-irrigation) based on the analysis of irrigation efficiency, salt contamination index (ICS) and nitrate contamination index (ICN) for each irrigated land during the hydrological years 2006-2008. Irrigation efficiency was similar in both irrigation lands (84%), revealing the possibility of reaching adequate efficiencies with implementations in the irrigation systems. Regarding pollutants, the highest mass of salt exported was recorded in the irrigated land with most saline soils ($D_{\text{salt-flood}} = 1.7 \text{ t/ha}\cdot\text{year}$ vs. $D_{\text{salt-press}} = 3.2 \text{ t/ha}\cdot\text{year}$) and the highest mass of nitrate exported was detected in the irrigated land with lowest nitrogenous fertilizer supplies, but with highest volume of drainage ($Q_{\text{flood}} = 446 \text{ mm}$ vs. $Q_{\text{press}} = 116 \text{ mm}$). Contamination indices showed

¹ Autor para correspondencia: iggarcia@unizar.es

better results for the pressurized-irrigation land ($ICS = 0.8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}/\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$; $ICN = 0.2$) than for the flood-irrigation land ($ICS = 1.6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}/\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$; $ICN = 0.68$), proving that it is possible to reduce the contamination of irrigated lands decreasing irrigation return flows.

Key words: Flood-irrigation, pressurized-irrigation, efficiency, salinity, nitrate.

Introducción

Una de las principales cuestiones actuales sobre la sostenibilidad de la vida en nuestro planeta es si en los próximos años habrá suficiente agua para satisfacer las necesidades de la agricultura y de todos los otros usuarios de este importante recurso (usos urbanos, industriales, turísticos y ecológicos).

La actividad de regadío posibilita el aumento de las producciones agrícolas, además de permitir una mayor estabilidad en el suministro de alimentos, principalmente en aquellas regiones donde el desarrollo de los cultivos está limitado por las lluvias. De este modo, la agricultura consume el 70% de toda agua extraída de sus cursos naturales, siendo por ello comúnmente considerada el principal factor responsable de la escasez global de agua dulce (FAO, 2002).

No obstante, aunque los volúmenes empleados por el sector agrario son elevados, se estima que a nivel mundial tan sólo un 50% del agua extraída es finalmente utilizada por las plantas, acabando el resto como drenaje y retornos de riego en ríos y acuíferos (FAO, 2003).

Estos volúmenes de agua devueltos a los sistemas hídricos podrían contribuir en la reducción del impacto generado por la extracción de recursos, si no fuera porque la calidad que presentan puede distar mucho de la original, al transportar sales y agroquímicos arrastrados desde el perfil del suelo.

En cuanto a la presencia de agroquímicos, el nitrato supone un problema muy importante para la calidad de las aguas, teniendo en cuenta el gran aumento en el uso de fertili-

zantes asociado a los notables cambios que se han implantado en la agricultura en las últimas décadas (OMS, 2004). El problema del nitrato respecto a otros agroquímicos, es su efecto sobre la salud humana cuando aparece en el agua de consumo en altas concentraciones. El consumo de agua con altas concentraciones de nitrato provoca el desarrollo de metahemoglobina en la sangre, haciendo al torrente sanguíneo incapaz de transportar suficiente oxígeno por el organismo y llegando a provocar la muerte del individuo (OMS, 2004).

Por otro lado, para las plantas y animales acuáticos la aparición de altas concentraciones de nitrato en ríos y océanos está causando graves efectos medioambientales, provocando la aparición de procesos de eutrofización de los recursos hídricos (Diaz, 2001), como se evidencia en las costas de los Estados Unidos (Scavia y Bricker, 2006) o China (Wang, 2006).

Los impactos generados por el regadío pueden ser agravados por factores físicos (geología y clima) y agronómicos (manejo del riego y de la fertilización). Por ejemplo, la salinidad natural del terreno puesto en riego puede contribuir notablemente a la exportación de masas de sales del área regada, afectando a los recursos hídricos aguas abajo (Christen *et al.*, 2001; Tanji y Kielen, 2002). Fuertes eventos de lluvia, por otro lado, provocan la movilidad lateral y vertical de estas sales en el suelo, pudiendo causar un importante aumento en las masas exportadas (Thyalakumaran *et al.*, 2007). Las lluvias intensas también pueden contribuir a la erosión de los suelos y al lavado de fertilizantes y otros productos agroquímicos (Carter, 2000).

En cuanto a los factores agronómicos, García-Garizábal *et al.* (2009) verificaron que un adecuado manejo del agua de riego puede provocar importantes reducciones en las masas de sales y nitrato exportadas de una cuenca agrícola. Gheysari *et al.* (2009) indican que es posible controlar los niveles de nitrato lixiviado de la zona radicular con un adecuado manejo conjunto del riego y de la fertilización. Asimismo, se ha demostrado que una reducción en la fertilización nitrogenada puede disminuir sensiblemente los niveles de nitrato lixiviado sin provocar descenso en las producciones (Moreno *et al.*, 1996; Cui *et al.*, 2010), evidenciando, de esta manera, que es posible llegar a un equilibrio entre impactos ambientales aceptables y altas producciones agrícolas.

El objetivo de este trabajo es comparar y relacionar el uso agrícola del agua y la contaminación generada por sales y nitrato en dos regadíos con diferentes características agronómicas (riego por inundación y riego presurizado) mediante el seguimiento de cuencas hidrológicas de regadío, analizando los índices de aprovechamiento del agua y los índices de contaminación por sales y por nitrato.

Descripción de la zona de estudio

Localización

Las zonas de estudio se corresponden con dos cuencas de regadío representativas de la Comunidad de Regantes de Bardenas (España; Figura 1). La primera de ellas está regada por inundación, mientras que la segunda presenta sistemas de riego presurizados. Ambas zonas se abastecen con agua de muy buena calidad ($CE = 0,3 \text{ dS/m}$; $NO_3^- = 2 \text{ mg/l}$) procedentes del Embalse de Yesa y transportada hasta las cuencas a través del canal de Bardenas (Figura 1).

La red de acequias que rodea a la cuenca regada por inundación constituye la divisoria de aguas superficial, delimitando una cuenca hidrológica de 95 ha de las cuales el 96% se corresponde con suelos destinados a regadío. El resto de la superficie la ocupan caminos de acceso y la red de drenaje superficial, encargada de evacuar los sobrantes de riego. La cuenca se localiza a una altura de 367 m.s.n.m.. En el caso del regadío presurizado, la cuenca fue delimitada a partir del modelo digital de terreno (CHE, 2010) y un punto situado al final del barranco que constituye un desagüe natural y evacua las aguas de drenaje agrícola de la cuenca. Esta cuenca presenta una extensión de 405 ha de regadío y se encuentra a una altitud media de 350 m.s.n.m.

Clima

El clima es mediterráneo templado (ITGE, 1985), presentando una evapotranspiración de referencia histórica (ET_0) de 1068 mm/año y una precipitación (P) de 460 mm/año (Tabla 1; GA, 2009a) con una alta variabilidad anual. Durante los tres años que recoge el estudio se dieron un año climático medio (2006) y dos años medio-secos (2007 y 2008). Los meses más secos se corresponden con las estaciones de invierno y verano mientras los más húmedos se registran en primavera y otoño. En cuanto a la ET_0 , se registran valores mínimos en invierno y máximos en verano que superan ampliamente a la precipitación, haciendo necesario el riego para satisfacer las demandas hídricas de los cultivos.

Geología

Las cuencas se ubican sobre unos niveles de glaciares de gravas con matriz arcillosa que constituyen un acuífero libre. Sobre el acuífero incide una red de barrancos y desagües que deja aflorar el sustrato terciario, que constituye el límite impermeable local y actúa tam-

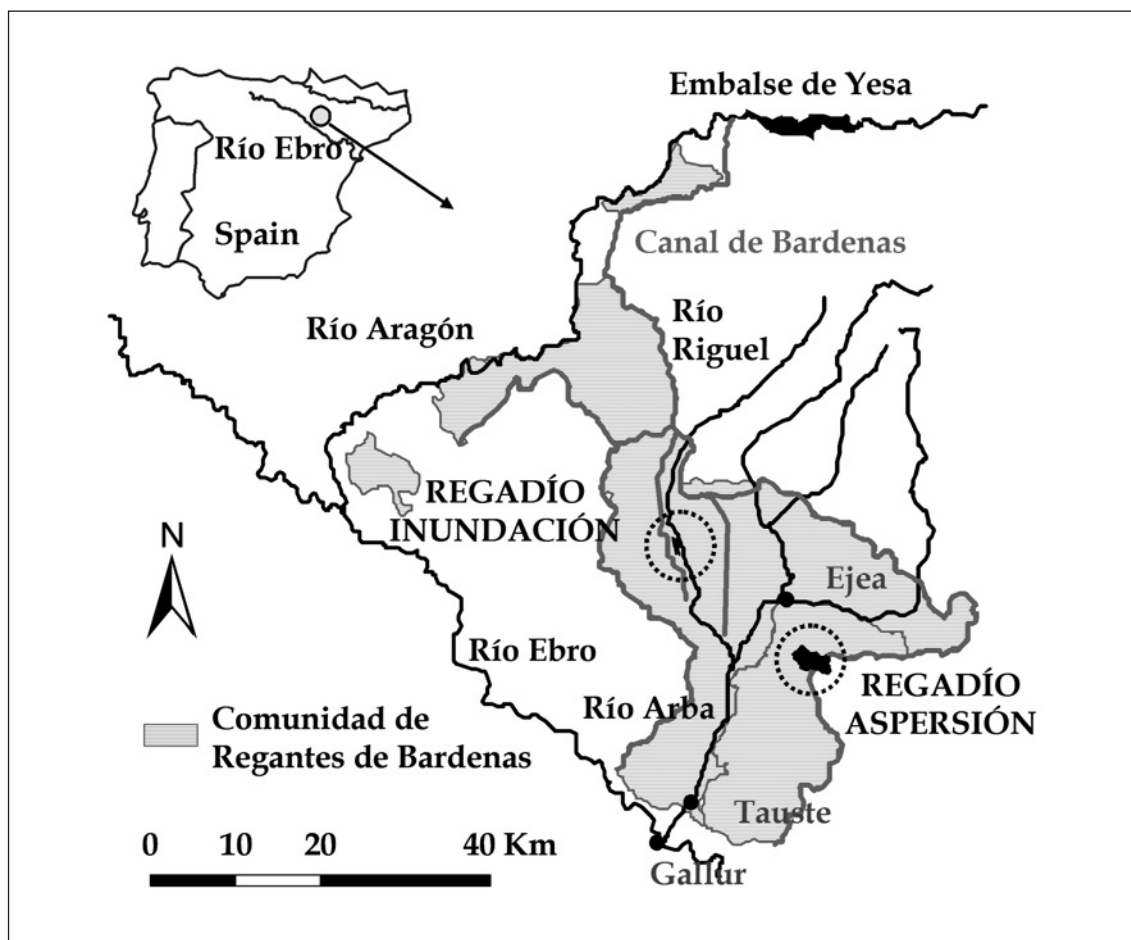


Figura 1. Emplazamiento de las cuencas de regadío en el sistema de Bardenas (inundación-A; presurizado-B).

Figure 1. Location of the two irrigated basins in the Bardenas District (flood-irrigation system-A; pressurized-irrigation system-B).

Tabla 1. Datos medios mensuales de evapotranspiración de referencia (ET_0) y precipitación (P) en las zonas de estudio (GA, 2009a)

Table 1. Monthly average reference evapotranspiration (ET_0) and precipitation (P) in the study areas (GA, 2009a)

	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
ET_0	68	31	14	15	33	65	86	119	161	192	171	114
P	42	46	39	31	38	32	45	57	44	24	27	31

bién como fuente natural de sales (Causapé *et al.*, 2004a). Una red de sondeos transformados a piezómetros determinó un espesor de gravas en la cuenca de inundación de hasta 5,5 metros y en la cuenca presurizada de hasta 10 metros, que disminuían de manera progresiva desde las zonas topográficamente más elevadas hacia la parte más baja de la cuenca, donde casi llegaba a desaparecer y afloraba el sustrato impermeable.

En cuanto a las características hidráulicas del acuífero, ITGE (1995) y SIAS (2009) estiman permeabilidades de hasta 90 m/día y transmisividades de hasta 600 m²/día, con una porosidad eficaz en torno al 10-15%.

Suelos

Los suelos de las zonas fueron caracterizados mediante la elaboración de mapas de conductividad eléctrica aparente (CEa) con un sensor electromagnético móvil georreferenciado (SEMG; Amezketa, 2007) modelo IS de Dualem tanto en configuración horizontal (CEah), que integra la respuesta electromagnética a un metro de profundidad, como en configuración vertical (CEav), que integra hasta dos metros de profundidad. Los datos arrojaron una baja salinidad de los suelos (CEah_{Inundación} = 0,16 dS/m; CEav_{Inundación} = 0,25 dS/m; CEah_{Presurizado} = 0,27 dS/m; CEav_{Presurizado} = 0,48 dS/m), si bien ligeramente mayor en los de la cuenca presurizada por la naturaleza salina del subsuelo de esta zona. De hecho, el mayor registro de CEa en la cuenca regada por inundación fue de 1,28 dS/m sobre las lutitas terciarias frente a los casi 6 dS/m (Urdanoz *et al.*, 2008) que se midieron sobre el terciario en la cuenca regada a presión.

En cuanto a la textura de los suelos, Lecina *et al.* (2005) hicieron una primera caracterización en estas zonas, diferenciando dos grupos: El primero se corresponde con los suelos desarrollados sobre el glacis, con texturas

francas, pedregosidades del 11 al 43% y una moderada capacidad de retención de agua disponible para las plantas (CRAD), clasificados como Calcixerollic Xerochrept con inclusiones de Petrocalcic Xerochrept (Soil Survey Staff, 1992), mientras que el segundo grupo incluyó los suelos desarrollados sobre el terciario con texturas arcillosas, pedregosidad mucho más baja, del 4 al 18%, y una mayor capacidad de retención de agua que fueron clasificados como Typic Xerofluvent (Soil Survey Staff, 1992).

Agronomía: riego y fertilización

El riego es la principal componente que diferencia a las dos cuencas. Así, aunque ambas presentaban un riego a la demanda (los agricultores elegían el momento y la cantidad de agua que deseaban aplicar disponiendo de unas dotaciones máximas anuales de agua desde el inicio de la campaña de riego en función de las reservas disponibles en el embalse que abastece al sistema) una de ellas estaba regada por inundación mientras que la otra disponía de sistemas de riego presurizado, estando el 86% de la superficie ocupada por sistemas de riego por aspersión, y el 14% restante por sistemas de riego por goteo.

En cuanto a los cultivos, su distribución en las cuencas varió significativamente a consecuencia del sistema de riego implantado. Así, en la cuenca regada por inundación, cereal de invierno (46%) y alfalfa (31%) fueron los cultivos principales, ya que el maíz y el girasol no ocuparon más del 15% de la superficie anual (Tabla 2). En cambio, en la cuenca regada mediante sistemas presurizados, el maíz fue siempre el cultivo mayoritario (55%), seguido por el cereal de invierno (24%) y el tomate (9%), quedando relegados a cultivos minoritarios el brócoli, girasol o guisante. No se encontró alfalfa en la segunda cuenca, aún siendo un cultivo muy extendido en esta Comunidad de Regantes.

Tabla 2. Cultivos principales en la cuenca regada por inundación y en el regadío presurizado durante los tres años de estudio (2006-2008)
Table 2. Major crops distribution in the flood-irrigation basin and in the pressurized-irrigation basin during the three years of the study (2006-2008)

%	2006		2007		2008	
Cultivo	Inundación	Presurizada	Inundación	Presurizada	Inundación	Presurizada
Cereal Invierno	33	–	51	25	55	23
Alfalfa	39	–	31	–	24	–
Maíz	8	61	3	63	–	40
Tomate	–	10	–	4	–	14
Otros	20	29	15	8	21	23

Los volúmenes de riego presentan variaciones entre los cultivos (Tabla 3). De este modo, en la cuenca regada por inundación el cereal de invierno presentó 2-3 riegos al año de 128 mm cada uno, mientras que alfalfa y maíz, con unas mayores demandas hídricas, presentaron 8-10 riegos de 122 mm y 8 riegos de 136 mm respectivamente.

En el sistema presurizado, el riego se caracterizó por presentar un elevado número de aplicaciones pero de bajo volumen. Así, al cereal de invierno se le dieron bajas dosis de agua (10 riegos de 15,7 mm) mientras que el maíz (40 riegos de 18,5 mm) alcanzó un volumen total de 740 mm al año. Ambos fueron regados por aspersión. Por otro lado, el to-

Tabla 3. Riego, fertilización nitrogenada y rendimiento de los cultivos en la cuenca regada por inundación y en la cuenca presurizada los tres años hidrológicos de estudio (2006-2008)
Table 3. Irrigation, nitrogenous fertilization and yield for the crops in the flood-irrigation (Inundación) and pressurized-irrigation (Presurizado) basins, during the three hydrological years of the study (2006-2008)

Cultivo	Inundación			Presurizado		
	Riego	Fertilizante	Rto.	Riego	Fertilizante	Rto.
	mm	kg N/ha	kg/ha	mm	kg N/ha	kg/ha
Cereal Invierno	235	162	5000	157	164	4600
Alfalfa	1057	61	11700	–	–	–
Maíz	1088	420	10600	740	380	12000
Tomate	–	–	–	552	182	80000

mate fue regado por goteo, con aplicaciones muy frecuentes de pequeñas dosis de agua a lo largo de todo el ciclo, aportando un volumen total anual de 552 mm.

Respecto a la fertilización, las dosis medias anuales fueron de 156 kg N/ha en la cuenca regada por inundación y 273 kg N/ha en la cuenca regada con sistemas presurizados, sin grandes variaciones en la aplicación para un mismo cultivo (Tabla 3). Así, las dosis fueron sensiblemente altas para el maíz, 420 kg N/ha en inundación, sobre 380 kg N/ha en aspersión. El cereal de invierno recibió una fertilización media de 163 kg N/ha, mientras que el tomate fue de 182 kg N/ha. Para la alfalfa, las dosis medias anuales de nitrógeno ascendieron a 61 kg N/ha, si bien no necesitaría de este fertilizante al tratarse de una leguminosa (Delgado y Muñoz, 2005). En este sentido, el código de buenas prácticas agrarias (BOE 1996; BOA 1997), derivado de la directiva europea 91/676 (EU 1991), establece que la fertilización nitrogenada de la alfalfa será nula a excepción del año de implantación del cultivo con hasta 30 kg N/ha. El fertilizante nitrogenado se aplicó principalmente en forma de abonos complejos (8-15-15 y 15-15-15), urea (46% N), solución nitrogenada N-32 (32% N) y en menor medida como nitrato amónico (33,5% N).

Metodología

Se evaluó la gestión de los recursos hídricos y la contaminación generada por los dos regadíos durante 3 años hidrológicos (período 2006-2008). Para ello, se desarrollaron balances anuales de agua y se cuantificaron los contaminantes (masa de sales y masa de nitrato) exportados en cada cuenca. Posteriormente se calcularon una serie de índices para evaluar la gestión del riego y relacionar los contaminantes exportados con las características salinas y de fertilización nitrogenada

(agronómicas) de cada regadío. Para esta tarea se utilizó la aplicación informática Evaluador Medioambiental de Regadíos (EMR; Causapé, 2008), que automatiza los cálculos para el desarrollo de los balances de agua y el cálculo de índices de gestión del agua (necesidades hídricas netas-NH; índice de aprovechamiento del agua-IAA; eficiencia de riego-ER) y de contaminantes (índice de contaminación salina-ICS; índice de contaminación por nitratos-ICN).

Balance de agua

Se desarrollaron los balances anuales de agua a partir de la medición o estimación de las principales entradas, salidas y almacenamiento de agua en cada cuenca de regadío (Figura 2). La ecuación empleada en los balances fue:

$$\text{Entradas} - \text{Salidas} - \text{Almacenamiento} = \text{Error balance}$$

$$(P + R + EL) - (ET_R + Q + PEA) - (As + Aa) = \text{Error}$$

donde las entradas por precipitación (P), riego (R) y entradas laterales (EL), menos las salidas por evapotranspiración real (ET_R) drenaje (Q) y pérdidas por evaporación y arrastre del riego por aspersión (PEA), menos el almacenamiento de agua en suelos (As) y acuíferos (Aa), constituyen el error del balance.

Los datos climáticos de precipitación y evapotranspiración de referencia (ET_o ; Penman-Monteith) necesarios para el desarrollo de los balances se obtuvo de las estaciones agroclimáticas que la red del Servicio Integral de Asesoramiento al Regante (SIAR; GA, 2009a) posee en las inmediaciones de las cuencas.

Los volúmenes de riego diarios fueron facilitados por la Comunidad de Regantes. En el caso del regadío presurizado, se cuantificaron las pérdidas por evaporación y arrastre a los volúmenes de riego aplicado en sistemas

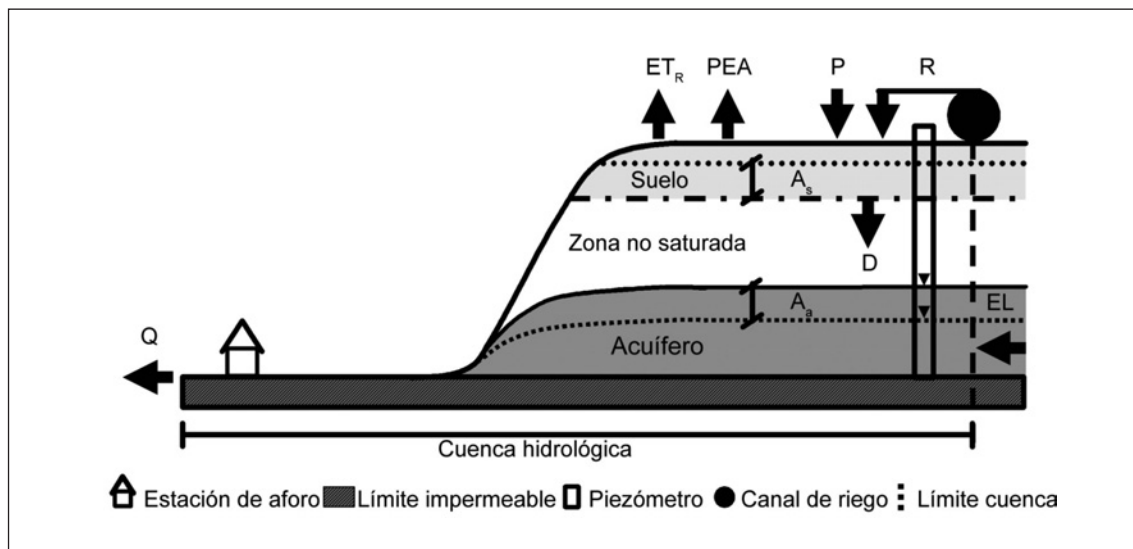


Figura 2. Modelo hidrogeológico en el que se representan los diferentes componentes del balance de agua de las cuencas de regadío estudiadas: riego (R), precipitación (P), pérdidas por evaporación y arrastre (PEA), evapotranspiración real (ET_R), drenaje del suelo (D), entradas laterales (EL), drenaje total (Q), agua almacenada en el suelo (A_s) y en el acuífero (A_a).

Figure 2. Hydrological sketch where the different water balance components of the irrigated basins studied are represented: irrigation (R), precipitation (P), evaporation and wind drift losses in sprinkler irrigation systems (PEA), real evapotranspiration (ET_R), drainage associated with the hydrological basin (D), incoming flows (EL), total drainage (Q), storage in soil (A_s) and aquifer (A_a).

de aspersión a partir de la ecuación propuesta por Playán *et al.* (2005; $PEA (\%) = 20,34 + 0,214 \cdot v [m/s]^2 - 2,29 \cdot 10^{-3} \cdot HR [\%]^2$; v = velocidad del viento a 2 metros sobre la superficie, HR = humedad relativa a 1,5 metros sobre el suelo).

En el caso de las entradas laterales, en la cuenca regada por inundación, su aportación anual al balance se cuantificó a partir de la red de piezómetros, de tal manera que, el espesor saturado de agua ($ESat$) medido cada 21 días en un piezómetro instalado al noroeste de la cuenca, se relacionó con el volumen de agua circulante por el drenaje en la estación de aforos ($AS_{Inundación} (m^3/día) = 86,39 \cdot \exp^{1,82 \cdot ESat}$; $n = 11$; $R^2 = 0,79$; $p < 0,001$) que disponía de un aforador rectangular y un limnógrafo electrónico que registró la altura

del agua cada 15 minutos (h), transformada a caudal a partir de la curva de gasto contraída para la estación ($Q_{Inundación} (m^3/s) = 0,0002 h^2 - 0,0020 h - 0,0179$; $n = 9$; $R^2 = 0,99$; $p < 0,001$). En el caso de la cuenca presurizada, las entradas laterales procedían del área no regada incluida en la cuenca, y fueron estimados a partir de los datos de precipitación y el coeficiente de escorrentía (0,087) obtenido de la relación entre la precipitación y el caudal. Basado en el conjunto de datos disponible para la estación de aforos, se comprobó que en años con intensas lluvias se alcanzaron coeficientes de escorrentía mayores (0,313), y que fueron utilizados para eventos de lluvia diario que superaron los 25 mm.

La ecuación de la curva de gasto utilizada en la estación de la cuenca regada mediante

sistemas presurizados fue la propuesta por la aplicación Winflume (Wahl, 2000):

$$Q_{\text{Presurizado}} \text{ (m}^3\text{/s)} = 1,73 \cdot (h + 0,00347)^{1.624} \\ \text{for } h \leq 0.5 \text{ m}$$

$$Q_{\text{Presurizado}} \text{ (m}^3\text{/s)} = 10,28 \cdot (h + 0,01125)^{1.725} \\ \text{for } h > 0.5 \text{ m}$$

En cuanto a la evapotranspiración de los cultivos (ET_C), fue calculada diariamente a partir de los coeficientes de cultivo (K_C) determinados para la zona de estudio por Martínez-Cob (2010) y la ET_o según la ecuación $ET_C = ET_o \cdot K_C$ (Allen et al., 1998) y corregida a evapotranspiración real (ET_R) a partir de los cálculos desarrollados con EMR.

En cuanto al almacenamiento de agua, para el suelo se obtuvo de la diferencia de agua en los momentos inicial y final del año hidrológico de cada balance estimado con EMR, mientras que para el almacenamiento de agua del acuífero se calculó a partir de la variación de altura de agua en el acuífero medida en la red de piezómetros en los momentos inicial y final de cada año hidrológico, aplicándose una porosidad efectiva de entre el 15-25% de acuerdo a la litología de los materiales y a los valores recogidos en otros estudios locales (Custodio y Llamas, 1983; ITGE, 1995).

Por último, la bondad de los balances de agua fue cuantificada a partir del cálculo de los desbalances porcentuales anuales según:

$$\text{Desbalance (\%)} = [(E - S - A) / (E + S + A)] \cdot 200$$

Evaluación del aprovechamiento del agua y calidad del riego

Para evaluar la calidad del riego en los 3 años del período de estudio (2006-2008) se calcularon las necesidades hídricas netas de los cultivos, el índice de aprovechamiento de agua y la eficiencia de riego, índices calculados con EMR una vez alcanzados unos erro-

res adecuados que ponen de manifiesto la bondad de los balances de agua.

Las necesidades hídricas de los cultivos calcula el volumen de agua de riego necesaria para satisfacer las demandas de los cultivos y que además el suelo quede en las mismas condiciones de humedad al final de un determinado período.

$$NH \text{ (mm)} = (ET_C + AUf) - (AUi + Pef)$$

El índice de aprovechamiento de agua cuantifica el porcentaje de recursos hídricos (riego y precipitación) que han sido aprovechados para la evapotranspiración:

$$IAA \text{ (\%)} = [1 - (D + PEA) / (R + P)] \cdot 100$$

(D: Drenaje propio del sistema)

Finalmente, la eficiencia de riego evalúa el porcentaje del volumen de riego que no ha salido del sistema, siendo utilizado para satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos o acumulado en la reserva de agua en el suelo.

$$ER \text{ (\%)} = [1 - (D_R + PEA) / (R)] \cdot 100$$

(D_R : Drenaje procedente del riego)

Contaminación del regadío: masas de sales y nitrato exportadas

Para cuantificar la masa de contaminantes exportados a través del drenaje asociado a la cuenca se asignaron concentraciones de sales y nitrato al desagüe superficial, a las entradas laterales y al almacenamiento de agua en el acuífero.

$$D = Q - EL + Aa$$

Para ello, las estaciones de drenaje fueron equipadas con tomamuestras de agua automáticos programados para la recogida de una muestra diaria. Posteriormente las muestras de agua fueron trasladadas al laboratorio donde se determinó la conductividad eléctrica a 25°C con un conductivímetro Orion-5 Star equipado con sonda DuraProbe, y la

concentración de nitrato por colorimetría (AutoAnalyzer 3).

Para determinar la concentración de sales en cada muestra de agua, la conductividad eléctrica fue transformada a total de sólidos disueltos (TSD) a partir de los valores de residuo seco (RS) y concentración de bicarbonato ($[\text{HCO}_3^-]$) medidos en laboratorio en 48 muestras de agua tomadas en los regadíos estudiados y calculada como:

$$\text{TSD (mg/l)} = \text{RS (mg/l)} + \frac{1}{2} ([\text{HCO}_3^-]) \text{ (mg/l)};$$

(Custodio y Llamas, 1983)

obteniéndose las ecuaciones:

$$\text{TSD}_{\text{Inundación}} \text{ (mg/l)} = 704 \cdot \text{CE (dS/m)} + 90;$$

$n = 31; R^2 = 0,97; p < 0,001$

$$\text{TSD}_{\text{Presurizado}} \text{ (mg/l)} = 712 \cdot \text{CE (dS/m)} - 105;$$

$n = 17; R^2 = 0,99; p < 0,001$

Para las entradas laterales, se determinó la conductividad eléctrica y la concentración de nitrato a partir de los valores mensuales de las muestras de agua tomadas en los piezómetros de la zona de entrada de las aguas. Por último, la masa de sales y nitrato almacenada en el acuífero fue obtenida a partir del análisis de muestras manuales tomadas el 1 de octubre del año correspondiente en cada uno de los piezómetros.

Índices de contaminación salina y por nitratos

Habitualmente la contaminación de las aguas se evalúa por la concentración que presenta en contaminantes, aunque es la carga de sales exportada en los retornos de riego la que modifica la salinidad de los sistemas hídricos receptores de los retornos de riego en función de las proporciones de mezcla. Sin embargo, atendiendo sólo a las masas de sales exportadas, la salinidad "natural" puede enmascarar a la inducida por la gestión de cada regadío. Para determinar el impacto ambiental del regadío, y compararlo frente a

otros con distintas condiciones naturales, se calculó el índice de contaminación salina (ICS; Causapé, 2008). Este índice corrige la masa exportada por la conductividad eléctrica del agua de drenaje en época de no riego (CE_{NR}) al tratarse de un indicador representativo de la salinidad "natural" de cada regadío.

$$\text{ICS} = \text{D}_{\text{Sales}} / \text{CE}_{\text{NR}}$$

En el caso del nitrato, la masa exportada está condicionada por los cultivos dificultando la comparación del impacto agroambiental inducido por distintos regadíos o distintos años del mismo regadío. Para posibilitar dichas comparaciones discriminando el patrón de cultivos respecto a otras variables como el clima o el manejo agronómico (riego y fertilización) se calculó el índice de contaminación por nitratos (ICN; Causapé, 2008). Este índice permite analizar el impacto de la actividad agrícola y las prácticas de fertilización a partir de la relación entre el nitrato exportado en el drenaje de la cuenca y las necesidades teóricas de fertilización nitrogenada ($\text{NF} = \text{Rendimiento medio (GA, 2009b)} \cdot \text{Extracciones de N (Orús y Sin, 2006)}$) del área a evaluar.

$$\text{ICN} = \text{D}_{\text{N}} / \text{NF}$$

Resultados y discusión

Balances de agua

Los balances de agua resultaron satisfactorios, habiéndose obtenido unos desbalances anuales del -5 % al 1 % (Tabla 4) que indican la bondad de los mismos y la adecuada medición y/o estimación de los componentes que lo forman. De este modo, fue posible desarrollar el cálculo de los índices de gestión a partir de los diferentes componentes que constituyen la ecuación del balance.

El riego constituyó el principal aporte de agua en las cuencas (45% de las entradas), menos

Tabla 4. Entradas de agua (Entradas) como precipitación (P), riego (R) y entradas laterales (EL), salidas de agua (Salidas) como evapotranspiración real (ET_R), drenaje total (Q) y pérdidas por evaporación y arrastre (PEA), y almacenamiento de agua (Almacenamiento) en el suelo (As) y en el acuífero (Aa) en las cuencas hidrológicas (Inundación y Presurizado) durante los tres años hidrológicos de estudio 2006-2008. Desbalance (Desb.) y error del balance (Error)

Table 4. Water inputs (Entradas) as precipitation (P), irrigation (R) and incoming flows (EL), water outputs (Salidas) as real evapotranspiration (ET_R), total drainage (Q) and evaporation and wind drift losses in sprinkler irrigation systems (PEA), and water storage (Almacenamiento) in soil (As) and aquifer (Aa) in the hydrological basins (Inundación-flood and Presurizado-pressurized) during the three hydrological years of study 2006-2008. Unbalance (Desb.) and water balance error (Error)

	Entradas			Salidas			Almacenamiento			
	P	R	EL	ETR	Q	PEA	Aa	As	Desb.	Error
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	%
Inundación										
2006	450	567	285	830	417	0	42	65	-52	-4,4
2007	372	512	307	753	469	0	4	-39	4	0,3
2008	305	559	271	686	451	0	-16	13	1	0,1
Total	1127	1638	862	2269	1337	0	30	39	-48	-1,5
Presurizado										
2006	426	144	56	425	123	20	9	48	1	0,2
2007	411	397	31	643	106	57	68	-36	1	0,1
2008	361	519	27	656	118	59	69	7	-2	-0,2
Total	1198	1060	114	1724	347	136	146	19	0	0,0

en 2006 y 2007 en el regadío presurizado, donde al estar realizándose la instalación de los sistemas de riego, una parte de las parcelas regables se encontraban en barbecho y sin presentar suministro de agua. En 2008, con la total implantación de la superficie bajo riego en ambas cuencas, los volúmenes de agua aplicados por los agricultores se incrementan hasta ser del mismo orden (Tabla 4).

En cuanto a la precipitación, se considera la segunda entrada de agua en los balances (41%), oscilando entre los 450-426 mm del año más lluvioso (2006) y los 305-361 mm del año más seco (2008). Por último, los aportes

laterales constituyeron hasta un 24% de las entradas de agua implicadas en los balances.

Referente a las salidas, la evapotranspiración fue el componente principal, resultando entre el 63-78% de las salidas. Por otro lado, el volumen de agua medido en las estaciones de drenaje varió de manera importante, constituyendo el 37% de las salidas en la cuenca regada por inundación, y el 16% en el sistema presurizado, siendo el volumen de drenaje en la cuenca regada por inundación cuatro veces mayor al registrado en el regadío presurizado. No obstante, las entradas laterales presentaron mayor consideración en

la cuenca de inundación (Tabla 4). Descontando los aportes laterales al volumen de agua circulante por la estación de aforos, el drenaje propio de la cuenca fue siempre mayor en la cuenca de inundación que en la presurizada. Las salidas de agua contabilizadas como pérdidas por evaporación y arrastre ascendieron al 6%.

En cuanto al almacenamiento de agua, supuso tan sólo un 5-10% del volumen de agua implicado en los balances, si bien, resultando conveniente su consideración en este tipo de trabajos ya que en el caso del suelo, simplemente la CRAD (máximo volumen de agua que puede ser almacenado/desalojado en los suelos) puede ser del orden de las precipitaciones de los años más secos (García-Garizábal *et al.*, 2011). Respecto almacenamiento en el acuífero, la cuenca regada por inundación presentó variaciones anuales de agua en el acuífero de escasa entidad, mientras que la cuenca presurizada muestra un almacenamiento de agua en el acuífero todos los años, posiblemente asociado a que es un regadío recién implantado y aún no presenta unas condiciones de equilibrio en el nivel freático. En este sentido se prevé que en los próximos años las variaciones de almacenamiento disminuyan hasta que se alcancen unas condiciones de equilibrio en el sistema, presentando en el futuro ambas zonas variaciones de almacenamiento en el acuífero similares.

Evaluación del aprovechamiento del agua y calidad del riego

La ET_R evolucionó de manera diferente en las dos cuencas durante el periodo de estudio. Así, en la cuenca regada por inundación la evapotranspiración sufrió un descenso del 17% por el cambio en la distribución de cultivos, con una expansión del cereal de invierno y la disminución de la superficie destinada a alfalfa y maíz. En cambio, el regadío presurizado aumentó un 54% la evapo-

transpiración, asociado al paulatino incremento de la superficie cultivada una vez finalizada la instalación de los sistemas de riego. La variación en los cultivos en las cuencas queda reflejada también en las necesidades hídricas de cada sistema, ya que, si bien presentaron unos volúmenes unitarios similares, la mayor superficie cultivada en la cuenca presurizada condicionó unas mayores demandas de agua (Tabla 5).

El aprovechamiento del agua resultó moderado-alto, alcanzando un 83% en el regadío por inundación y del 84% en el regadío presurizado, que podría haber alcanzado hasta el 90% si las pérdidas por evaporación y arrastre en el sistema presurizado hubieran sido nulas, ya que estas pérdidas supusieron un 13% del riego total en la cuenca (15% del riego aplicado por aspersión). Este valor es ligeramente inferior al calculado por Dechmi *et al.* (2003) y Playán *et al.* (2005) en otras zonas regadas por aspersión cercanas, donde las pérdidas por evaporación y arrastre ascendieron al 15-20% del riego suministrado.

Por cultivos, el tomate presentó las mejores aplicaciones del riego, alcanzando eficiencias de aplicación en parcela del 89%, seguido del cereal de invierno (79%) y la alfalfa (76%). El maíz, con un alto valor económico en esta zona, presentó los menores valores de eficiencia (69%), ligado a los mayores volúmenes de agua aplicados por los agricultores ante la posibilidad de que experimentase una disminución en su rendimiento por aparición de déficit hídrico.

En este sentido, aunque está demostrada la mayor eficiencia y aprovechamiento del agua que se puede alcanzar en sistemas de riego a presión bajo adecuados manejos agronómicos (Clemmens y Dedrick, 1994; Zalidis *et al.*, 1997; Tedeschi *et al.*, 2001; Al-Jamal *et al.*, 2001; Caballero *et al.*, 2001; Caverro *et al.*, 2003; Causapé *et al.*, 2006) frente a sistemas de riego por inundación/no presurizados

(Clemmens y Dedrick, 1994; Isidoro *et al.*, 2004; Causapé *et al.*, 2004b; Causapé *et al.*, 2006), una adecuada gestión del riego por inundación ha permitido obtener valores de aprovechamiento de los recursos hídricos similares a los de un moderno regadío presurizado adecuadamente gestionado (Tabla 5). Así, García-Garizábal y Causapé (2010) y Gar-

cía-Garizábal *et al.* (2011) comprobaron que la implantación de sencillas mejoras en la gestión del riego por inundación por parte de los organismos gestores del riego (de riego a turnos a riego la demanda con dotaciones máximas de agua y tarificación por volumen consumido) incrementaron un 26% el uso del agua en la Comunidad de Regantes.

Tabla 5. Necesidades hídricas (NH) de los cultivos, volumen de riego (R), eficiencias de riego (ER) de los cultivos principales y índice de aprovechamiento del agua (IAA) en las dos cuencas de regadío los años hidrológicos 2006-2008 y para el periodo de estudio
Table 5. Net hydric needs (NH), total irrigation (R) and irrigation efficiency (ER) of the major crops (cereal de invierno-winter cereal, maíz-corn; alfalfa; tomate-tomato) and water use efficiency (IAA) in the basins (Inundación-flood and Presurizado-pressurized) for the three hydrological years of the study 2006-2008 and average values

Inundación/Presurizado	NH	R	ER				IAA
			Cereal de invierno	Maíz	Alfalfa	Tomate	
Años	hm ³ /año	hm ³ /año	%	%	%	%	%
2006	0,54 / 0,54	0,55 / 0,58	82 / —	74 / 75	78 / —	— / 90	87 / 85
2007	0,40 / 1,33	0,48 / 1,61	88 / 62	56 / 74	77 / —	— / 90	82 / 84
2008	0,55 / 1,90	0,53 / 2,10	82 / 86	— / 71	72 / —	— / 86	79 / 83
Media	0,50 / 1,26	0,52 / 1,43	84 / 74	65 / 73	76 / —	— / 89	83 / 84

Por lo tanto, el adecuado manejo del riego por inundación y la puesta en marcha de los sistemas presurizados permitió obtener unos buenos aprovechamientos del agua por parte de los agricultores (79-87%), si bien, han de continuar ajustando el manejo del agua para alcanzar de forma continuada unos altos y uniformes aprovechamientos del agua en parcela, que podría alcanzar hasta el 90% (Tanji y Kielen, 2002). No son recomendables unos registros de eficiencia superiores, ya que se pone en riesgo el buen estado de conservación de los suelos agrícolas al resultar insuficiente el lavado de las sales

evapoconcentradas acumuladas en el perfil edáfico (Abrol *et al.*, 1988). Así, de acuerdo a los resultados anteriores, los valores de aprovechamiento en la cuenca regada por inundación tienen un escaso margen de mejora, por lo que el trabajo de los agricultores debe centrarse en mantener estos aprovechamientos. No obstante, Lecina *et al.* (2005) plantean que sería posible un aumento en el aprovechamiento de agua en la zona con la implantación de sistemas de riego presurizados. Por otra parte, los agricultores de la cuenca que presenta ya sistemas presurizados deben esforzarse en mejorar la aplica-

ción del riego, principalmente reduciendo las pérdidas por evaporación y arrastre en los campos regados por aspersión, bien aplicando el agua en horas nocturnas o en periodos de poco viento (Playán *et al.*, 2005; Zapata *et al.*, 2007; Zapata *et al.*, 2009).

Contaminación del regadío: masas exportadas e índices de contaminación

Las masas de sales contabilizadas en las estaciones de aforos de las dos cuencas fueron similares, si bien el sistema presurizado presentó una mayor variabilidad anual por el au-

mento de los volúmenes de drenaje (regadío en proceso de desarrollo) y por la mayor salinidad de sus retornos de riego. Sin embargo, las sales exportadas por cada cuenca (drenaje propio del sistema) resultaron muy diferentes, con 1,7 t/ha·año en la de inundación y 3,2 t/ha·año en la de presurizado, por las menores masas de sales incorporadas en los aportes laterales y el mayor almacenamiento de sales en el acuífero de la cuenca regada a presión (Tabla 6).

En relación a otros sistemas de riego, las masas exportadas por estas dos cuencas fueron menores a las medidas en regadíos con bajos-

Tabla 6. Masa de sales exportada por el desagüe (Q_{sales}), masa de sales introducidas en las entradas laterales (EL_{sales}), masa de sales almacenadas en el acuífero (Aa_{sales}), masa de sales exportadas asociadas a la cuenca (D_{sales}), conductividad eléctrica en periodo de no riego (CE_{NR}) e índice de contaminación salina (ICS) en las dos cuencas estudiadas (inundación y presurizada)
 Table 6. Mass of exported salt in the drainage (Q_{sales}), mass of salt introduced with incoming flows (EL_{sales}), salt masses stored in the aquifer (Aa_{sales}), salt masses associated with the hydrological basin (D_{sales}), electrical conductivity during nonirrigated season (EC_{NR}) and salt contamination index (ICS) in the two irrigated basins (Inundación-flood and Presurizado-pressurized) for the three hydrological years of the study 2006-2008 and average values

Inundación / Presurizada	Q_{Sales}	EL_{Sales}	Aa_{Sales}	D_{Sales}	EC_{NR}	ICS
Años	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	dS/m	t·ha ⁻¹ /dS·m ⁻¹
2006	2,8 / 2,8	1,4 / 1,8	0,5 / 1,2	1,9 / 2,2	1,1 / 3,8	1,8 / 0,6
2007	3,1 / 2,3	1,6 / 0,8	0,0 / 2,0	1,5 / 3,5	1,1 / 3,8	1,4 / 0,9
2008	2,9 / 3,2	1,2 / 0,6	-0,1 / 1,3	1,6 / 3,9	1,1 / 3,8	1,5 / 1,0
Media	2,9 / 2,8	1,4 / 1,1	0,1 / 1,5	1,7 / 3,2	1,1 / 3,8	1,6 / 0,8

moderados aprovechamientos (en torno al 50 %) que exportaron masas anuales de entre 3,4 y 4,7 t/ha·año (Causapé *et al.*, 2004c; Duncan *et al.*, 2008), aproximándose a los valores encontrados en regadíos con moderadas-altas eficiencias de aplicación, de entre el 73% (5,2 t/ha·año; Roman *et al.*, 1999) y 82% (3,9 t/ha·año; Caballero *et al.*, 2001).

En cuanto al índice de contaminación salina, a pesar de la menor salinidad natural de la cuenca regada por inundación ($CE_{\text{NR-Inundación}} = 1,1$ dS/m vs. $CE_{\text{NR-Presurizado}} = 3,8$ dS/m) los valores de ICS fueron mayores a los calculados en el regadío presurizado (Tabla 6). Así, la mayor salinidad natural existente en la cuenca presurizada, motivó que las sales ex-

portadas fueran mayores a las de la cuenca de inundación, aún presentando similares valores de aprovechamiento del agua, si bien provocó que la “valoración” del impacto salino fuese menor ante la imposibilidad de exportar de forma natural bajas masas de sales. En este sentido, regadíos con altos valores de aprovechamiento obtienen índices de contaminación salina de sólo 0,4 t/ha·año·dS/m, mientras que en regadíos con menores eficiencias, los valores del índice de contaminación salina son mayores (1,9 t/ha·año·dS/m), alcanzando hasta los 11,4 t/ha·año·dS/m en los sistemas agrarios con altos valores de salinidad natural (Causape Valenzuela 2008).

En el caso del nitrato, la masa exportada por el regadío por inundación alcanzó los 61 kg

N/ha·año con una baja variabilidad anual, frente a los 12 kg N/ha·año del regadío presurizado, aunque la masa exportada se ha incrementado en más de un 200% (Tabla 7). Este aumento se asocia con el incremento de los volúmenes de drenaje medidos en la estación de aforos, pues la expansión del regadío en la cuenca presurizada, provocó unas mayores entradas de agua de riego y fertilización nitrogenada en la cuenca.

Respecto al almacenamiento de nitrato en el acuífero, el sistema por inundación presentó variaciones anuales mínimas, mientras que el regadío presurizado registró siempre tasas positivas por el almacenamiento de agua que está sufriendo el acuífero al final de las campañas de riego (Tabla 7).

Tabla 7. Masa de nitrato exportado por el desagüe (Q_N), masa de nitrato introducido en las entradas laterales (EL_N), masa de nitrato almacenado en el acuífero (Aa_N), masa de nitrato exportado asociada a la cuenca (D_N), necesidades de fertilización nitrogenada (NF) e índice de contaminación por nitratos (ICN) en las dos cuencas estudiadas (inundación y presurizada)

Table 7. Mass of nitrate exported in the drainage (Q_N), mass of nitrate introduced with incoming flows (ES_N), nitrate masses stored in the aquifer (Aa_N), nitrate masses associated with the hydrological basin (D_N), nitrogenous fertilization needs (NF) and nitrate contamination index (ICN) in the two irrigated basins (Inundación-flood and Presurizado-pressurized) for the three hydrological years of the study 2006-2008 and average values

Inundación / Presurizada	Q_N	EL_N	Aa_N	$D_{Nitrato}$	NF	ICN
Años	kg N/ha	kg N/ha	kg N/ha	kg N/ha	kg N/ha	—
2006	59 / 6	10 / 0,4	4 / 4	53 / 10	75 / 78	0,70 / 0,12
2007	67 / 10	10 / 0,6	2 / 26	59 / 36	82 / 150	0,72 / 0,24
2008	56 / 19	6 / 0,4	-3 / 15	47 / 33	77 / 166	0,61 / 0,20
Media	61 / 12	9 / 0,5	1 / 15	53 / 26	78 / 131	0,68 / 0,20

Comparado con otras zonas agrícolas, las masas de nitrato exportadas fueron menores a las cuantificadas en regadíos con eficiencias en torno al 50% (Causapé et al., 2004b; Isidoro et al., 2006) y se asemejaron a las ma-

sas medidas en sistemas con eficiencias de riego mayores al 70% (Cavero et al., 2003; Bustos et al., 2006). No obstante, en estos últimos regadíos las necesidades de fertilización fueron del mismo orden a la calculada

en la cuenca presurizada y de dos a tres veces superior a la de la cuenca regada por inundación.

En cuanto al índice de contaminación por nitratos, las mayores necesidades de fertilización de la cuenca regada por inundación ($NF_{\text{Inundación}} = 78 \text{ kg N/ha}$ vs. $NF_{\text{Presurizado}} = 131 \text{ kg N/ha}$) motivaron unos valores de ICN siempre mayores a los del regadío presurizado (Tabla 7). Así, a pesar de los menores requerimientos de nitrógeno en la cuenca en inundación, la masa de nitrato exportada fue mayor al presentar unos mayores volúmenes de drenaje, aún obteniéndose en los dos sistemas unos similares valores de aprovechamiento del agua. Este hecho provocó que, a pesar de la mayor cantidad de nitrógeno aportado en la cuenca presurizada, el impacto generado fuese menor. El comportamiento anterior es similar al obtenido cuando se comparan los valores de índice de contaminación por nitratos con otros sistemas agrarios (Causape Valenzuela 2008). En este sentido, en regadíos con elevados valores de aprovechamiento (73-90%) y de necesidades de fertilización nitrogenada (144-213 kg N/ha) se obtienen índices de contaminación por nitratos de sólo 0,25, mientras que en aquellos que alcanzan eficiencias de aplicación en torno al 50%, los valores del índice de contaminación por nitratos son mayores (1,2) presentando en este caso unas necesidades de fertilización nitrogenada de 164 kg N/ha.

Conclusiones

La metodología propuesta del seguimiento de cuencas hidrológicas y desarrollo de balances de agua para evaluar la gestión del riego resultó satisfactoria, habiéndose obtenido unos desbalances anuales del -5% al 1% que mostraron la bondad de los mismos y que permitieron evaluar el manejo del riego y de los recursos hídricos a partir de los valores propuestos en ellos.

A pesar de la evidente diferencia en los sistemas de riego presentes en las cuencas evaluadas (por inundación y por aspersión) los valores de aprovechamiento del agua obtenidos fueron similares, en torno al 84%. Este hecho pone de manifiesto la posibilidad de alcanzar unos adecuados aprovechamientos del agua realizando adaptaciones en los sistemas de riego, si bien es necesario conocer las características edáficas, cultivos y capacidad de abastecimiento del sistema a fin de establecer la estrategia de manejo y gestión del agua más adecuada.

En cuanto a los contaminantes exportados, la mayor masa de sales se midió en la cuenca con regadío presurizado, debido a su subsuelo más salino ($D_{\text{Sales-Inundación}} = 1,7 \text{ t/ha·año}$ vs. $D_{\text{Sales-Presurizado}} = 3,2 \text{ t/ha·año}$), mientras que la mayor masa de nitrato ($D_{\text{Nitrato-Inundación}} = 53 \text{ kg N/ha·año}$ vs. $D_{\text{Nitrato-Presurizado}} = 26 \text{ kg N/ha·año}$) se midió en la cuenca con regadío por inundación, con un menor aporte de fertilizante nitrogenado pero con un mayor volumen de drenaje ($\text{Estación}_{\text{Inundación}} = 446 \text{ mm}$ vs. $\text{Estación}_{\text{Presurizado}} = 116 \text{ mm}$). En cuanto a los índices de contaminación salina y por nitratos, resultaron más favorables para el regadío presurizado ($\text{ICS} = 0,8 \text{ t·ha}^{-1}/\text{dS·m}^{-1}$; $\text{ICN} = 0,20$) frente al regadío por inundación ($\text{ICS} = 1,6 \text{ t·ha}^{-1}/\text{dS·m}^{-1}$; $\text{ICN} = 0,68$), lo que indica que es posible reducir el grado de contaminación si se consigue mejorar el manejo del agua, disminuyendo el volumen de los retornos de riego.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación del Gobierno de España a través de los proyectos AGL2005-07161-C05-01 (MEC), CGL2009-13410-C02-01 (MICINN) y la beca de formación asociada BES-2006-12662 (MEC) y a la Unión Europea dentro del Programa Alþan de Becas de estudio Alto Nivel

destinado a ciudadanos latinoamericanos nº E07D400318BR. Gracias también al Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA-DGA), a las Comunidades de Regantes nº V y nº XI de Bardenas y a sus agricultores por su inestimable colaboración.

Bibliografía

- Abrol IP, Yadav JSP, Massud MI, 1988. Salt affected soils and their management. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italy.
- Al-Jamal MS, Ball S, Sammis TW, 2001. Comparison of sprinkler, trickle and furrow irrigation efficiencies for onion production. *Agricultural Water Management* 46 (3): 253-266.
- Allen R, Pereira L, Raes D, Smith M, 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italy.
- Amezketta E, 2007. Soil salinity assessment using directed soil sampling from a geophysical survey with electromagnetic technology: a case study. *Spanish Journal of Agricultural Research* 5(1): 91-101.
- BOA 1997. Decreto 77/1997, de 27 de mayo, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Comunidad Autónoma de Aragón y se designan determinadas áreas Zonas Vulnerables a la contaminación de las aguas por los nitratos procedentes de fuentes agrarias. Boletín Oficial de Aragón del 11 de junio de 1997. Gobierno de Aragón. España.
- BOE 1996. Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias. Boletín Oficial del Estado del 11 de marzo de 1996. Gobierno de Aragón. España.
- Bustos A, Caballero R, Roman R, 2006. Net changes of main ions in the soil profile of irrigated field plots in central Spain. *Irrigation Science* 25(1): 1-9.
- Caballero R, Bustos A, Roman R, 2001. Soil salinity under traditional and improved irrigation schedules in central Spain. *Soil Science Society of America Journal* 65(4): 1210-1218.
- Carter AD, 2000. Herbicide movement in soils: principles, pathways and processes. *Weed Research* 40: 113-122.
- Causape Valenzuela J, 2008. EMR 1.0: Herramienta al servicio de la vigilancia agroambiental del regadío. *INFORMACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA AGRARIA* 104 (3): 369-380.
- Causapé J, 2009. A computer-based program for the assessment of water-induced contamination in irrigated lands. *Environmental Monitoring and Assessment* 158(1-4): 307-314.
- Causapé J, Auqué L, Gimeno MJ, Mandado J, Quílez D, Aragüés R, 2004a. Irrigation effects on the salinity of the Arba and Riguel rivers (Spain): Present diagnosis and expected evolution using geochemical models. *Environmental Geology* 45 (5): 703-715.
- Causapé J, Quílez D, Aragüés R, 2004b. Assessment of irrigation and environmental quality at the hydrological basin level - I. Irrigation quality. *Agricultural Water Management* 70(3): 195-209.
- Causapé J, Quílez D, Aragüés R, 2004c. Assessment of irrigation and environmental quality at the hydrological basin level - II. Salt and nitrate loads in irrigation return flows. *Agricultural Water Management* 70(3): 211-228.
- Causapé J, Quílez D, Aragüés R, 2006. Irrigation efficiency and quality of irrigation return flows in the Ebro River Basin: An overview. *Environmental Monitoring and Assessment* 117(1-3): 451-461.
- Cavero J, Beltrán A, Aragüés R, 2003. Nitrate exported in drainage waters of two sprinkler irrigated watersheds. *Journal of Environmental Quality* 32(3): 916-926.
- CHE 2010. Geoportal SITEbro. <http://iber.chebro.es/geoportal/index.htm> (Octubre 2010)
- Christen EW, Ayars JE, Hornbuckle JW, 2001. Sub-surface drainage design and management in irrigated areas of Australia. *Irrigation Science* 21: 35-43.

- Clemmens AJ y Dedrick AR, 1994. Irrigation techniques and evaluations. In: *Advanced Series in Agricultural Sciences*. Tanji KK, Yaron B. (Eds.), 64-103. Springer-Verlag. Berlin.
- Cui Z, Zhang F, Chen X, Dou Z, Li J, 2010. In-season nitrogen management strategy for winter wheat: Maximizing yields, minimizing environmental impact in an over-fertilization context. *Field Crops Research* 116: 140-146.
- Custodio E y Llamas M, 1983. *Hidrología Subterránea*. Ediciones Omega. Barcelona.
- Dechmi F, Playán E, Caverio J, Faci JM, Martínez-Cob A, 2003. Wind effects on solid set sprinkler irrigation depth and yield of maize (*Zea mays*). *Irrigation Science* 22(2): 67-77.
- Delgado I y Muñoz F, 2005. La fertilización nitrogenada y el cultivo de la alfalfa. Fertilización nitrogenada. Guía de actualización. Gobierno de Aragón. Zaragoza, Aragón, España.
- Diaz RJ, 2001. Overview of hypoxia around the world. *Journal of Environmental Quality* 30: 275-281.
- Duncan RA, Bethune MG, Thayalakumaran T, Christen EW, McMahon TA, 2008. Management of salt mobilisation in the irrigated landscape. A review of selected irrigation regions. *Journal of Hydrology* 351(1-2): 238-252.
- EU 1991. Council Directive 91/676/EEC of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources. Consejo Europeo.
- FAO 2002. *World agriculture towards 2015/2030. An FAO perspective*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italy.
- FAO 2003. *Unlocking the water potential of agriculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italy.
- GA 2009a. Oficina del Regante. <http://oficinaregante.aragon.es> (Noviembre 2009)
- GA 2009b. Anuario estadístico agrario. <http://www.aragon.es/DepartamentosOrganismosPublicos/Departamentos/AgriculturaAlimentacion/AreasTematicas/EstadisticasAgrarias?channelSelected=1cfbc8548b73a210VgnVCM100000450a15acRCRD> (Noviembre 2009).
- García-Garizábal I, Causapé J, Abrahão R, 2009. Evolution of the efficiency and agro-environmental impact of a traditional irrigation land in the middle Ebro Valley (2001-2007). *Spanish Journal of Agricultural Research* 7: 465-473.
- García-Garizábal I y Causapé J, 2010. Influence of irrigation water management on the quantity and quality of irrigation return flows. *Journal of Hydrology* 385(1-4): 36-43.
- García-Garizábal I, Causapé J, Abrahao R. 2011. Application of the Irrigation Land Environmental Evaluation Tool for flood irrigation management and evaluation of water use. *CATENA* 87:260-267. Gheysari M, Mirlatifi SM, Homaei M, Asadi ME, Hoogenboom G, 2009. Nitrate leaching in a silage maize field under different irrigation and nitrogen fertilizer rates. *Agricultural Water Management* 96: 946-954.
- Isidoro D, Quílez D, Aragüés R, 2004. Water balance and irrigation performance analysis: La Violada irrigation district (Spain) as a case study. *Agricultural Water Management* 64(2): 123-142.
- Isidoro D, Quílez D, Aragüés R, 2006. Environmental impact of irrigation in La Violada District (Spain): II. Nitrogen fertilization and nitrate export patterns in drainage water. *Journal of Environmental Quality* 35 (3): 776-785.
- ITGE 1985. Investigación de los recursos hidráulicos totales de la cuenca del río Arba. Instituto Tecnológico Geominero de España, España.
- ITGE 1995. Informe complementario del mapa geológico de Luna. Hidrogeología de la hoja de Luna (27-11), Instituto Tecnológico Geominero de España, España.
- Lecina S, Playan E, Isidoro D, Dechmi F, Causapé J, Faci JM, 2005. Irrigation evaluation and simulation at the irrigation District V of Bardenas (Spain). *Agricultural Water Management* 73: 223-245.
- Moreno F, Cayuela JA, Fernández JE, Fernández-Boy E, Murillo JM, Cabrera F, 1996. Water balance and nitrate leaching in an irrigated maize crop in SW Spain. *Agricultural Water Management* 32: 71-83.
- Martínez-Cob A, 2010. Revisión de las necesidades hídricas netas de los cultivos de la cuenca del

- Ebro, Available from http://digital.csic.es/bitstream/10261/15896/1/NecHidrCHE04_T1_Mem.pdf (Noviembre 2010).
- Orús F, Sin E, 2006. El balance del nitrógeno en la agricultura. Fertilización nitrogenada. Guía de actualización. Gobierno de Aragón. Zaragoza, Aragón, España.
- Playán E, Salvador R, Faci JM, Zapata N, Martínez-Cob A, Sánchez I, 2005. Day and night wind drift and evaporation losses in sprinkler solid-sets and moving laterals. *Agricultural Water Management* 76(3): 139-159.
- Roman R, Caballero R, Bustos A, 1999. Field water drainage under traditional and improved irrigation schedules for corn in central Spain. *Soil Science Society of America Journal* 63(6): 1811-1817.
- Scavia D y Bricker SB, 2006. Coastal eutrophication assessment in the United States. *Biogeochemistry* 79: 187-208.
- Tanji KK y Kielen NC, 2002. *Agricultural drainage water management in arid and semi-arid areas*. FAO irrigation and drainage paper nº 61. Roma, Italy.
- Thayalakumaran T, Bethune MG, McMahon TA, 2007. Achieving a salt balance - Should it be a management objective? *Agricultural Water Management* 92: 1-12.
- Urdanoz V, Amezqueta E, Clavería I, Ochoa V, Aragües R, 2008. Mobile and georeferenced electromagnetic sensors and applications for salinity assessment. *Spanish Journal of Agricultural Research* 6(3): 469-478.
- SIAS 2009. Sistema de Información del Agua Subterránea. <http://www.igme.es/internet/ServiciosMapas/siasespana/sias-es.html> (Noviembre 2009).
- Soil Survey Staff 1992. *Keys to soil taxonomy*. Potomac Press. Blacksburg, Virginia, USA.
- Tedeschi A, Beltrán A, Aragües R, 2001. Irrigation management and hydrosalinity balance in a semi-arid area of the middle Ebro river basin (Spain). *Agricultural Water Management* 49(1): 31-50.
- Wahl T, 2000. *Winflume user's manual*. United States Department of the Interior, USA.
- Wang B, 2006. Cultural eutrophication in the Changjiang (Yangtze River) plume: History and perspective. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 69: 471-477.
- WHO 2004. *Guidelines for drinking-water quality*. Vol. 1: Recommendations. World Health Organization. Geneva, Italy.
- Zalidis G, Dimitriads X, Antonopoulos A, Geraki A, 1997. Estimation of a network irrigation efficiency to cope with reduced water supply. *Irrigation Drainage Systems* 11(4): 337-345.
- Zapata N, Playán E, Martínez-Cob A, Sánchez I, Faci JM, Lecina S, 2007. From on-farm solid-set sprinkler irrigation design to collective irrigation network design in windy areas. *Agricultural Water Management* 87(2): 187-199.
- Zapata N, Playán E, Skhiri A, Burguete J, 2009. Simulation of a collective solidset sprinkler irrigation controller for optimum water productivity. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 135(1): 13-24.

(Aceptado para publicación el 27 de junio de 2012)

Las preferencias de los consumidores españoles hacia las cocinas étnicas

D.M. Camarena Gómez* y A.I. Sanjuán López**,1

* División de Ciencias Económicas y Administrativas, Departamento de Contabilidad. Universidad de Sonora. Blvd. Luis Encinas y Rosales, S/N – 83000 Hermosillo, México

** Unidad de Economía Agroalimentaria y de los Recursos Naturales, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA). Avda Montañana 930. 50.059 Zaragoza, Spain

Resumen

Las cocinas étnicas forman parte de las nuevas tendencias en el consumo de la población española. Su introducción, aunque reciente, ha logrado hacerse un espacio en los canales de distribución minorista y consolidarse en el gusto de los consumidores. Con el fin de analizar las preferencias manifestadas por los consumidores españoles hacia distintas cocinas étnicas y situaciones de consumo, se ha realizado un experimento de elección y estimado un modelo logit mixto. A partir de este modelo, se han simulado escenarios alternativos para evaluar el potencial de mercado de cada cocina étnica. Entre situaciones de consumo, a igualdad del resto de características, el restaurante es la opción más elegida, en tanto que la entrega a domicilio y elaboración en casa resultan opciones menos atractivas. Mientras que la cocina mexicana es preferida unánimemente, los gustos hacia las cocinas asiática y árabe son más heterogéneas. Sin embargo, con la combinación adecuada de precios, incluso la cocina menos preferida, la árabe, podría competir con las cocinas alternativas, en particular, a través de la restauración.

Palabras clave: Experimento de elección, cocinas étnicas, consumidores españoles, logit mixto.

Abstract

Spanish consumers' preferences towards ethnic cuisines

Ethnic food is part of the new tendencies among Spanish consumers. Even when its introduction is recent, ethnic food has achieved a space in the retailers' distribution channels and a place in consumers' tastes. In order to analyze Spanish consumers' preferences toward ethnic cuisines, a choice experiment has been applied and a mixed logit has been estimated. Likewise, different scenarios have been simulated in order to evaluate the potential market for each ethnic cuisine. Among consumption situations, *ceteris paribus* the rest of characteristics, the restaurant is the most chosen alternative, while take-away and home preparation are less attractive for consumers. Whilst the Mexican cuisine is unanimously liked, tastes towards Asian and Arabian cuisines are more heterogeneous. Nevertheless, with the right combination of prices, even the least liked ethnic cuisine, the Arabian, could compete with alternative cuisines, in particular, through the restaurant option.

Key words: Choice experiment, ethnic cuisines, Spanish consumers, mixed logit.

1. Autor para correspondencia: aisanjuan@aragon.es

Introducción

En el ámbito de la alimentación, la interacción entre los distintos pueblos y culturas ha dado lugar a la introducción de nuevos alimentos. De esta forma, alimentos que tienen sus orígenes en Asia, Oriente y América han sido introducidos en Europa y viceversa. En ocasiones, los alimentos no se consumen de la misma manera que en el sitio del cual proceden, sino que sufren un proceso de adaptación mediante modificaciones que se ajustan a los gustos y costumbres culturales de la población indígena. Es así que alimentos y platos que son típicos de una cultura se consumen en sitios geográficamente distantes, identificándose en este nuevo entorno como alimentos o comidas étnicas. Estos alimentos, además de consumirse fuera de sus fronteras geofísicas y culturales de referencia, tienen una forma específica de cocinarse, condimentarse y prepararse, de ahí que formen parte de una cocina propia y original que les diferencia del resto (Camarena y Sanjuán, 2008a).

En el ámbito de la comercialización, Estados Unidos se ubica como el principal mercado de comidas étnicas en el mundo. Tan sólo en el período de 2003 a 2005, se introdujeron en este mercado aproximadamente dos mil nuevos productos étnicos, entre los que destacan aquellos de la cocina mexicana, china, así como algunos de la cocina japonesa y thai, además de los alimentos del tipo *halal* y *kosher* (Agriculture and Agri-Food Canada, 2008; FAO, 2005). En comparación, el mercado de alimentos étnicos en Europa es de menor magnitud (las ventas representan el 10% del mercado estadounidense), sin embargo, es de enorme interés debido a sus elevadas tasas de crecimiento (14% en comparación con un 5% en EEUU), lo que da muestras de un mercado con un alto dinamismo y un significativo potencial de expansión (DataMonitor, 2005). El peso del mercado de alimentos étnicos difiere notablemente entre países europeos,

habiendo alcanzado mayores grados de consolidación en Reino Unido, Alemania, Francia y Suecia (Chotard, 1999), en tanto que países como España e Italia, se consideran emergentes en lo que a venta de este tipo de comidas se refiere (Durán, 2006a).

De igual manera, hay que tener en cuenta que la expansión de las comidas étnicas en cada país tiene que ver con un contexto histórico, sociocultural y económico específico. En el caso de España, la evolución del mercado de comidas étnicas ha ido en paralelo a los flujos migratorios (Durán, 2006a). Así, a finales de los años noventa, cuando la proporción de inmigrantes representaba menos del 1% del total de la población, la comercialización de alimentos étnicos supuso 19 millones de euros (Durán, 2006a), mientras que en 2009, la población inmigrante representaba el 12.3% de la población (INE, 2010) y la venta de comidas étnicas alcanzó los 474 millones de dólares (Durán, 2006a; DataMonitor, 2005).

En este contexto, no es de extrañar que en sus estadios iniciales de desarrollo la disponibilidad de las comidas étnicas en el mercado fuera muy limitada, incluso era común que se introdujeran al país de manera informal en las maletas de los viajeros. Conforme la demanda empezó a emerger se establecieron empresas importadoras que abastecían a las tiendas de barrio/colmados o locutorios, las cuales se dirigían principalmente a consumidores inmigrantes (Rodríguez, 2006). A la par que estos establecimientos se iban posicionando, un creciente número de restaurantes étnicos fue surgiendo. Los establecimientos de restauración han jugado un papel esencial en la difusión y conocimiento de estas comidas entre los consumidores españoles, ya que en algunos casos fue a través de ellos que se tuvo el primer contacto con este tipo de gastronomía (Durán, 2006b). No obstante, con el desarrollo y expansión del mercado, nuevas iniciativas han ido surgiendo al margen de los flujos migratorios.

Así, actualmente, restaurantes de carácter familiar o pequeñas cadenas locales que suelen ser iniciativas de inmigrantes co-existen en nuestras ciudades con restaurantes étnicos pertenecientes a cadenas multinacionales que se especializan sobre todo en comida *tex-mex* y asiática (Sánchez, 2011)².

El aumento gradual de comercios y restaurantes especializados en la venta de comidas étnicas ha llevado a un menor escepticismo por parte de los consumidores nacionales y a un paulatino conocimiento e interés. Así, conforme la demanda de alimentos étnicos se ha ido incrementando, los establecimientos de la gran distribución han comenzado a introducir estos productos en sus líneas de negocio. De esta forma, pueden captar a un segmento de consumidores inmigrantes en crecimiento, así como tener la posibilidad de atraer a consumidores nacionales a la búsqueda de nuevas experiencias y sensaciones culinarias (Rodríguez, 2006). Hoy en día resulta habitual encontrar en los lineales de los súper e hipermercados productos étnicos, también identificados con los términos “comida internacional” o “comidas del mundo”. En este sentido, la demanda de comidas étnicas precocinadas y platos preparados congelados se encuentran al alza, posiblemente por el deseo de los consumidores de experimentar en la cocina aquellos platos que han comido en locales de restauración o han conocido a través de sus viajes (Sánchez, 2011; Lamas, 2008).

De acuerdo a los modelos de decisión del consumidor, los individuos evalúan sus opciones influidos por factores individuales (motivación, conocimientos, actitudes, valores, estilos de vida) y del entorno (cultura, influencias personales, familia, clase social) (Blackwell *et al.*, 2002). En el caso específico de los ali-

mentos étnicos estos factores son determinantes al momento de elegir y comprar, ya que al tratarse de una comida ajena a la cultura de origen del consumidor, ésta le resultará desconocida y generará mayor grado de riesgo y aversión. Como consecuencia, se perfilará una actitud negativa que conducirá hacia unas preferencias tendentes al rechazo. Usando como marco teórico de referencia las contribuciones de Pilgrim (1957), la teoría del comportamiento planificado de Azjen (1991), y de acción razonada de Ajzen and Fishbein (1980), se consideran las preferencias como antecedentes de la intención de compra, y en consecuencia como predictores de la decisión final de compra del alimento étnico por parte del consumidor. Sin embargo, conforme el consumidor se familiariza con las comidas, ya sea por influencias personales o de su entorno –tal y como ha sucedido con la expansión de las comidas étnicas en el mercado español–, las percepciones pueden modificarse al pasar de un alimento desconocido a uno “novedoso”. Por lo que de forma gradual, la aversión al riesgo disminuye y se genera una actitud más positiva que influirá de manera directa en la definición de las preferencias del individuo y en la subsiguiente decisión de compra del alimento étnico.

En relación a la comercialización de comidas étnicas, se estima que ha conseguido una penetración del 25% en el mercado nacional, con una media de consumo de tres veces por año y un crecimiento del 20% en 2010 (Sánchez, 2011; Lamas, 2008). Estas características han llevado a considerar que la expansión de comidas étnicas en el territorio nacional seguirá aumentando hasta llegar a convertirse en el cuarto país europeo con mayor crecimiento en ventas.

2. Se estima que en el ámbito nacional existen algo más de 500 restaurantes de cadenas de especialidades étnicas, llegándose en 2010 a registrar 50 nuevas aperturas (Sánchez, 2011).

En este escenario, las oportunidades para los empresarios nacionales se encuentran a la orden del día: incursionar en un nuevo mercado, expandir la gama de productos y posicionarse en el gusto de nuevos segmentos de consumidores es una oportunidad que surge de la gastronomía étnica. Por su parte, los consumidores se enfrentan a nuevas opciones que si bien pueden ocasionar cierta reticencia por su desconocimiento, también pueden enriquecer sus tradicionales hábitos de consumo. Identificar nuevas tendencias en el consumo permite poner al alcance de agentes económicos herramientas que les permitan orientar sus estrategias.

Los estudios sobre alimentos étnicos desde la perspectiva de la demanda y el consumo, sin embargo, no son muy numerosos, si bien abundan más en aquellos países donde el mercado étnico cuenta con una trayectoria más larga. Por ejemplo, Creixell y Solér (2011) identifican a los países escandinavos como los responsables del 40% de consumo de comida mexicana en Europa (sin incluir el Reino Unido), de ahí que analicen el consumo de "tacos mexicanos" entre los consumidores suecos, estableciendo la relación existente entre la comida étnica, la cultura y los rituales contemporáneos que se construyen en torno al consumo de la comida étnica mexicana. En otros casos se examina la identidad étnica y el grado de aculturación de los consumidores como factores que influyen en las actitudes que manifiestan hacia los alimentos de una determinada cultura. En esta línea Larroche *et al.* (1999) analiza en Canadá a los consumidores italo-canadienses y las actitudes hacia distintas modalidades de comida étnica italiana. White y Kokotsaki (2004) examinan el vínculo que se establece entre las actitudes (culturales, de hedonismo, de aventura, salud, entre otras) y el consumo de comida india en función de las diferencias étnicas de los consumidores en el Reino Unido. En este mismo país, se han analizado las diferencias que existen en las experiencias de

consumo de comida étnica pakistaní entre consumidores de la primera generación de inmigrantes británico-pakistaní y consumidores ingleses sin ascendencia pakistaní (Jamal, 1998). Finalmente, Verbeke y Poquiqui (2005) analizan la actitud de los consumidores belgas hacia las comidas étnicas latinoamericanas, siendo las características psicográficas, como la fobia a los alimentos nuevos, los instrumentos con los cuales miden el grado de reticencia que los consumidores manifiestan hacia comidas que no forman parte habitual de su dieta.

En España, se pueden citar los trabajos de Camarena y Sanjuán (2008b), quienes estudian el nivel de fobia de los consumidores españoles hacia los alimentos nuevos y describen el vínculo existente entre la actitud neofóbica y variables de conocimiento, compra y consumo de alimentos étnicos. Camarena *et al.* (2011) complementan el análisis de neofobia con el etnocentrismo del consumidor, y utilizan estos rasgos personales para explicar el rechazo de los individuos hacia los productos étnicos. Otros trabajos se han centrado en colectivos de inmigrantes, principalmente latinoamericanos, para explicar sus hábitos de compra y consumo (Romo y Gil, 2009), o estudiar la influencia del origen del alimento étnico en sus elecciones (Camarena y Sanjuán, 2010).

Este artículo complementa el estudio de preferencias de los consumidores españoles realizado por Camarena *et al.* (2011) y de actitudes de Camarena y Sanjuán (2008b), de forma que, a partir del estudio de las preferencias de los consumidores españoles hacia las comidas étnicas mediante un experimento de elección, se simulan escenarios que permiten evaluar la competencia entre distintas cocinas étnicas en diferentes situaciones de consumo. Además, se aplica un modelo flexible, un logit mixto, compatible con la existencia de preferencias heterogéneas hacia distintas cocinas étnicas.

El artículo se estructura en cuatro apartados adicionales. En el segundo apartado, se describen los materiales y métodos, realizando una breve reseña del experimento de elección, su análisis mediante la estimación de un modelo logit mixto, así como la aplicación empírica (muestra, diseño del experimento de elección y especificación del modelo), y los componentes para la simulación de escenarios. En el tercer apartado, se muestran los resultados del trabajo y se finaliza, en el cuarto apartado, con las conclusiones de la investigación.

Materiales y métodos

El experimento de elección y el modelo Logit mixto

Desde su introducción en la década de los ochenta, el experimento de elección se ha convertido en una de las herramientas de análisis más utilizadas en la investigación sobre el comportamiento de los consumidores. Se trata de una técnica para modelizar las elecciones de los individuos y se ha aplicado en áreas tan diversas como la economía medioambiental (Hoyos, 2010; Rolfe y Bennett, 2009; Travisi y Nijkamp, 2008; Rolfe *et al.*, 2000 *inter alia*), del transporte (Hoen y Geurs, 2011; Arsenio *et al.*, 2006; Henser y Sullivan, 2003; Louviere, 2001 *inter alia*) y el marketing agroalimentario (Gracia *et al.*, 2011; Balcombe *et al.*, 2010; Barreiro *et al.*, 2008; Jaeger y Rose, 2008; Loureiro y Umberger, 2007).

El experimento de elección consiste en enfrentar al consumidor a dos o más productos hipotéticos conformados por combinaciones de niveles de atributos o características, entre los que tiene que elegir aquel producto que más le satisface y mejor se ajusta a sus necesidades y preferencias.

Una vez recopilada la información del experimento de elección, hay que proceder a la estimación de un modelo que permita expli-

car la elección o no de una alternativa en función de las características observables, ya sea de las alternativas o de los individuos. Con este fin, existen diversos modelos de elección discreta disponibles compatibles con la teoría de la utilidad aleatoria (RUM). Según esta teoría la utilidad que el individuo n obtiene al elegir una alternativa j ($U_j^n, j = 1, \dots, J$) es la suma de dos componentes: V_j^n , que es función de las características propias de la alternativa y observables (X_j^n) (y, opcionalmente del decisor, S^n), normalmente especificada mediante una relación lineal: $V_j^n = \beta' X_j^n$, siendo β un vector de parámetros a estimar; y otro componente desconocido, ε_j^n , considerado aleatorio y con una función de densidad conjunta $f(\varepsilon_j^n)$. Es a partir de esta función de densidad que se puede conjugar la regla de comportamiento de maximización de la utilidad con la probabilidad de elección: el individuo n elegirá la alternativa j , si ésta le proporciona una utilidad superior a cualquier otra alternativa i , disponible en su campo de elección. Partiendo del supuesto de que la parte aleatoria de la utilidad se distribuye como una función de valor extremo iid (independiente e idénticamente distribuida), se obtiene la especificación de un modelo logit, en el cual, la probabilidad de elegir la alternativa j es:

$$P_j^n = \frac{\exp(V_j^n)}{\sum_{j=1}^J \exp(V_j^n)} = \frac{\exp(\beta' X_j^n)}{\sum_{j=1}^J \exp(\beta' X_j^n)} \quad [1]$$

El logit mixto (o de parámetros aleatorios) pertenece a la categoría de modelos Generalizados de Valor Extremo (GEV) (Hensher y Greene, 2003; Train, 2003). Este modelo permite representar la heterogeneidad de preferencias de cada consumidor al asumir que los coeficientes β varían entre individuos (β^n) según una distribución asumida por el investigador (p.ej. normal, en cuyo caso se estima la media y desviación típica del coeficiente), y además, reconoce la posible existencia de correlación en el componente no observado

de la utilidad entre decisiones sucesivas realizadas por el mismo individuo (Hensher *et al.*, 2005; Revelt y Train, 1998). Se trata, por tanto, de un modelo más flexible que otros modelos de la familia logit superando, en particular, las principales limitaciones del modelo logit multinomial: el supuesto sobre ausencia de correlación del componente no observable de la utilidad entre alternativas y varianza constante; y la propiedad de independencia de alternativas irrelevantes (IIA), que implica que existe una sustitución proporcional entre alternativas (Train, 2003). En el modelo logit mixto, la probabilidad de elección no puede ser calculada exactamente y se realiza a través de simulación (Brownstone y Train, 1999). Una información más detallada sobre el procedimiento de estimación y simulación se puede consultar en Train (2003).

La flexibilidad del modelo logit mixto, y los avances en programación y software, ha propiciado que sea uno de los más utilizados y difundidos en la literatura reciente. En este sentido, existen diversas aplicaciones sobre consumo agroalimentario, en relación con la valoración del atributo orgánico (Van Loo *et al.*, 2011; Cicia *et al.*, 2002); el etiquetado nutricional (Gracia *et al.*, 2009); la certificación de calidad ligada al origen (Menapace *et al.*, 2011; Bonnet y Simioni, 2001); el tratamiento con hormonas de la carne (Alfnes, 2004) o la incorporación de organismos genéticamente modificados (Rigby y Burton, 2005). No existe sin embargo aplicaciones en el ámbito de la demanda de alimentos étnicos.

La muestra

Entre diciembre de 2006 y enero de 2007, se realizó una encuesta personal en Zaragoza, dirigida a compradores regulares de alimentos, mayores de 18 años. Como pre-requisito, se buscaban personas de origen y nacionalidad española, que hubiesen comido

fuera del hogar al menos una vez durante los dos meses anteriores a la realización de la encuesta. En la selección al azar de la muestra de participantes, se intentó mantener las proporciones de la población en términos de sexo y edad. Las encuestas se llevaron a cabo, principalmente, en sitios de ocio y esparcimiento, en las inmediaciones de establecimientos comerciales, en las zonas de espera de la central de autobuses y la estación del tren. Se obtuvo una muestra de 270 consumidores, lo que representa un error del 6%.

Las características sociodemográficas y económicas de la muestra (Tabla 1) indican que del total de participantes el 46,3% son hombres y el 53,7% mujeres (proporciones próximas a la población). La edad predominante se sitúa entre 25 y 34 años de edad (46,7%) proporción mayor que la existente en la ciudad de Zaragoza (19,7%). No obstante, en el tramo de 35 a 44 años (17,8%), y de 45 a 54 años de edad (13,3%) las cifras son próximas al porcentaje que existe en la población (19,3% y 16,7%, respectivamente).

La situación familiar de los encuestados se caracteriza por contar con una mayor proporción de personas que vive en pareja: el 28,9% sin hijos y el 28,1% con hijos, porcentajes ligeramente superiores a la población española. Le siguen con un 18,1% los que viven con sus padres y el 12,6% comparte piso con familiares y/o amigos.

Predominan las rentas intermedias: un 43,7% de los encuestados perciben entre 900 a 1500 euros netos mensuales, y un 20,9%, entre 1500 y 2000 euros, cifras que conjuntamente para ambos rangos de renta coinciden con la distribución en la población española. La muestra cuenta sin embargo, con una proporción mayor de personas en el tramo inferior de renta (16,7% de los encuestados declaran unos ingresos inferiores a 900 €) y menor en el tramo superior (4,9%), en comparación con el agregado nacional (9,1% y 7,2%, en el tramo inferior y superior, respectivamente).

Tabla 1. Características sociodemográficas de la muestra y de la población
Table 1. Sample and population sociodemographic characteristics

Indicador	Segmentos	% sobre total muestra	%sobre total población
Edad ¹	≤ 24	7,4	9,4*
	25-34	46,7	19,7
	35-44	17,8	19,3
	45-54	13,3	16,7
	55-64	7,8	13,9
	≥ 65	7,0	20,9
Sexo ¹	Hombre	46,3	48,6
	Mujer	53,7	51,3
Situación familiar ²	Vivo solo	11,9	17,5
	Vivo en pareja, sin hijos	28,9	21,5
	Vivo en pareja, con hijos	28,1	16,9
	Comparto el piso con familiares/amigos	12,6	**
	Vivo con mis padres ¹	8,1	**
	Vivo sin pareja, con hijos	0,4	0,8
Nivel de Ingresos ²	≤ 900 €	16,7	9,1
	900-1500 €	43,7	35,9
	1500-2100 €	20,9	28,12
	100-3000 €	13,7	19,5
	≥ 3000 €	4,9	7,2
Nivel de estudios ²	Sin estudios	0,7	10,2
	Elementales	8,9	21,5
	Medios (FP, Bachillerato, BUP)	20,7	44,0
	Superiores (Universitarios)	69,6	22,0

¹ Porcentajes en la población de la ciudad de Zaragoza. Fuente: IAEST, 2008.

² Porcentajes de la población en el Estado Español. Fuente: INE, 2008a; 2008b.

* Incluye población entre 18 y 24 años de edad.

** La clasificación utilizada por el INE es "otro tipo de hogar" el cual representa el 43,1% del total de los hogares.

En cuanto al nivel de estudios, existe un sesgo alcista en la muestra, donde un 69,6% de los encuestados ha realizado estudios superiores (universitarios), aunque no necesariamente concluido, cifra muy superior al 22% de la población española. Asimismo, el 20,7% de los encuestados tiene estudios secundarios y el 8,9% estudios elementales, porcentajes que representan en torno a la mitad de la distribución existente en la población.

Es de destacar que el trabajo se efectuó en espacios públicos y no en un ambiente controlado, por tal motivo las preguntas socio-demográficas y económicas se realizaron al final de la encuesta para no ocasionar la desconfianza y el recelo de los participantes. De ahí el desajuste observado entre la muestra y la población, especialmente en cuanto al nivel de estudios, máxime teniendo en cuenta que las personas con mayor formación suelen manifestar un mayor interés a la hora de responder cuestionarios (especialmente cuando no existe una gratificación económica).

En lo que respecta al conocimiento que los consumidores tienen sobre los alimentos étnicos, el 90% de los encuestados han degustado al menos una vez en el último año algún tipo de comida étnica. Las formas más habituales de conocimiento de estos alimentos han sido a través de restaurantes especializados en España (45,7%), mediante viajes realizados a otros países (17,2%), por amigos (11,2%), conocidos y/o amigos de otros países (11,1%), así como a través de la oferta de super/hipermercados (11,1%). Aunque una amplia mayoría de consumidores ha degustado alimentos étnicos, su consumo sigue siendo mayoritariamente esporádico, ya que el 60,9% los consume en ocasiones especiales o casi nunca, frente a un 39,1% que los degusta al menos una vez al mes.

Diseño del experimento de elección

La definición de los atributos incluidos en el experimento de elección (Tabla 2) se determinó después de realizar una revisión de la literatura³, considerar la oferta gastronómica de la ciudad de Zaragoza, y efectuar una encuesta piloto.

Se definieron tres situaciones de consumo, denominadas: "restaurante", "servicio de entrega a domicilio" y "elaboración en el hogar". De los 106 restaurantes (de un total de 886) de Zaragoza que se especializan en alguna modalidad de comida étnica, se observa que existe una mayoría de restaurantes de cocina china (53,8%), seguidos de aquellos de cocina árabe (9,4%) y mexicana (7,5%) (Ayuntamiento de Zaragoza, 2008; Red Aragón, 2008). Por tanto, los consumidores están más expuestos a estas tres especialidades. Por otra parte, una encuesta piloto sirvió como una primera fase orientativa para delimitar las especialidades étnicas más reconocidas y consumidas por los consumidores. Para ello, en primer lugar, se preguntaba agregadamente sobre el tipo de cocina étnica que había probado el consumidor en el último año; y, en segundo lugar, se pedía al encuestado que espontáneamente nombrase alimentos o productos étnicos que habían probado.

La encuesta final confirmó a las cocinas china, mexicana y árabe como las más representativas, habiendo sido degustadas por el 25, 23,5 y 10,2% de los consumidores, respectivamente. A estas categorías también pertenecen los tres productos más consumidos: el cuscús (13,4%), seguido del guacamole (9,5%) y el rollito primavera (8,5%). Hay que matizar, sin embargo, que muchos de los restaurantes clasificados como "chinos" ofrecen en realidad una fusión de platos con especialidades

3. En concreto, la literatura sobre experimentos de elección para delimitar el número de atributos y niveles, más que el contenido de los mismos, debido a la ausencia de experimentos aplicados al tema de la investigación.

japonesas (tailandesas en ocasiones), que se pone de manifiesto también en el nombre del establecimiento⁴. De hecho, la cocina japonesa también es reconocida, aunque en menor medida (7,6%), así como su producto idiosincrático, el sushi, conocido por el 6.7% de los encuestados. Por ello, de cara a la identificación de la cocina étnica en el experimento de elección el término “cocina asiática” resultaba más integrador y representativo de la oferta disponible y accesible por parte de los consumidores. Por otra parte, la oferta gastronómica identificada como árabe en los listados de la restauración consultados, integra cocinas del Magreb y del próximo Oriente. Platos como el *donner kebab* (de origen iraní pero fuertemente extendido en la gastronomía turca) es conocido por el 6,1% de los encuestados. Aunque dentro de las categorías árabe y asiática existe una gran diversidad, dentro de cada categoría existen ingredientes y platos que sirven de denominador común (p.ej. el *cus-cus*, el *humus bi tahina*, el cordero, el yogur, especias como el azafrán, la menta y el tomillo en la árabe; la soja, jengibre, arroz y tempura de verduras en asiática), y que al mismo tiempo las diferencia de las cocinas integradas en otra categoría⁵.

En cuanto a la definición del precio, para mantener unos valores realistas se realizó una consulta en los menús de los restaurantes especializados y de comida rápida, algunos de ellos

con servicio de entrega a domicilio. Se visitaron un mínimo de dos establecimientos por cada tipo de servicio (comida en el interior y entrega a domicilio) y tipo de cocina, y cuando había disponibilidad (ej. en restaurantes) por categoría (1 ó 2 tenedores). Asimismo, se visitaron cuatro cadenas de distribución que ofrecían de forma continuada alimentos étnicos en sus lineales⁶. En este caso se recogió información sobre formatos, contenido, precio, marca y origen de los productos. Para simplificar el experimento y poder establecer una comparación más directa con las otras opciones de consumo, se utilizó el precio de kits completos de comida pre-cocinada. Es necesario precisar, sin embargo, que la información recabada sirve como aproximación a la realidad pero el experimento de elección nos permite contemplar combinaciones inexistentes o poco extendidas en el mercado⁷.

Una vez recopilada la información, se observó una correlación entre precio y situación de consumo, de manera que éste era superior en restaurante, intermedio en entrega a domicilio, y mínimo para elaboración en el hogar⁸. Por ello, se planteó un diseño etiquetado, donde cada alternativa de elección viene definida por la situación de consumo, y cada opción cuenta con niveles de precios específicos. Jaeger y Rose (2008) animan al uso de experimentos etiquetados en el campo de la elección de alimentos, argumentando que

4. Referencias a Asia en el nombre del restaurante son comunes en la oferta gastronómica clasificada en los listados como “china”.

5. Se han excluido otras cocinas como la francesa o italiana por considerarse opciones menos disímiles, tanto en términos culturales como en distancia geográfica.

6. Las cadenas se visitaron en septiembre y octubre de 2006, y fueron El Corte Inglés, Hipercor, Carrefour y Lidl. En la actualidad, la oferta étnica se ha extendido a otras cadenas como Mercadona.

7. Por ejemplo, en el momento de la recogida de información de los lineales, no se encontraron kits de comida árabe; en tanto que el servicio de entrega a domicilio era muy limitado.

8. En comparación con un menú de entrega a domicilio, el consumo en las premisas del restaurante suele incluir bebidas y postres, lo que encarece su precio (agradecemos a un revisor esta apreciación). Por otro lado, el servicio de entrega a domicilio suele incluir una comisión de reparto, amortiguando la diferencia en precios de ambas situaciones de consumo.

no sólo evitan combinaciones irreales, sino que también aproximan al consumidor a un contexto real de elección. De este modo, para cada opción de consumo se definió un rango de precios suficientemente amplio para favorecer un posicionamiento claro por parte del consumidor y facilitar la precisión en la estimación de los parámetros (Hensher *et al.*,

2005), así como para poder contemplar combinaciones hipotéticas que pudiesen desarrollarse en el futuro. Se mantuvieron distancias iguales entre los niveles de precios para cada alternativa (i.e. 3 € en *entrega a domicilio* y preparación en el hogar; 6 € en restaurante), con el fin de mantener la ortogonalidad entre alternativas (Hensher *et al.*, 2005).

Tabla 2. Niveles y atributos de los productos hipotéticos
Table 2. Levels and attributes of hypothetical products

Atributos		
Situación de consumo*	Tipo de cocina	Precio**
En restaurante	Asiática	12 €; 18 €; 24 €
Entrega a domicilio	Árabe	9 €; 12 €; 15 €
En casa	Mexicana	3 €; 6 €; 9 €

* Las comidas de restaurante se refieren a las incluidas en un menú habitual.
** Los precios son por persona.

El número total de combinaciones o productos que se pueden obtener se calcula como L^{MA} , donde L (3) es el número de niveles, M el número de opciones o alternativas (3), y A el número de atributos (2), lo que da lugar a un total de 729 combinaciones. Para reducir este número, se aplicó un diseño factorial fraccional ortogonal, y para disminuir el número de elecciones (o evaluación de tarjetas) que cada consumidor debe realizar, se llevó a cabo una división por bloques. Para conseguir que la distribución de tarjetas en bloques sea totalmente aleatoria e incorrelacionada con los atributos, el bloque se convierte en un atributo adicional a la hora de realizar el diseño (Hensher *et al.*, 2005 pp. 114).

El experimento final cuenta con 27 productos (o combinaciones alternativas de nivel, atributo y situación de consumo), distribuidos

en tres bloques de 9 tarjetas cada uno (un ejemplo de tarjeta se muestra en la Figura 1)⁹. Dada la naturaleza de los alimentos étnicos como relativamente nuevos y no extendidos al total de la población, se incluyó adicionalmente la alternativa de “no elección”. De esta forma, no se fuerza al consumidor a realizar una elección, sino que, al igual que en una situación de elección real, puede decidir no comprar o posponer la decisión de compra (Dhar, 1997; Dhar y Simonson, 2003). Además, la inclusión de la “no elección” permite estimar con mayor precisión el grado de penetración y cuota de mercado de nuevos productos (Banzhaf *et al.*, 2001).

Por último, mencionar que el contenido del experimento de elección y su procedimiento se explicaba al consumidor por partida doble, oralmente y por escrito.

9. El diseño resultante tiene una medida de D-eficiencia igual al 74%.

Experimento de elección			
Consumidores nacionales			
Tarjeta A	Opción 1	Opción 2	Opción 3
	EN RESTAURANTE	ENTREGA A DOMICILIO	EN CASA
Situación de consumo			
Tipo de cocina	Asiática	Mexicana	Asiática
Precio	24 € (4000 pesetas)	12 € (2000 pesetas)	3 € (500 pesetas)

Figura 1. Ejemplo de tarjeta de elección.

Figure 1. Example of choice set.

Especificación del modelo

Inicialmente, se plantea un modelo donde el precio se incorpora como variable continua en las tres situaciones de consumo $j = r$ (restaurante), d (entrega a domicilio) o c (elaboración en casa). De este modo, la función de utilidad para el individuo n en una situación de consumo j se expresa como:

$$U_j^n = \alpha_j + \beta_{Pr,j}^n \cdot Pr_j^n + \beta_{As,j}^n \cdot As_j + \beta_{Mex,j}^n \cdot Mex_j + \varepsilon_j^n \quad [2]$$

donde:

α_j = constante específica para la alternativa $j = r, d, c$

Pr_j = precio en la alternativa $j = r, d, c$ (€/menú)

As_j = 1 si la cocina es Asiática en la opción j ; = -1 si la cocina es Árabe; 0 otra;

Mex_j = 1 si la cocina es Mexicana en la opción j ; = -1 si la cocina es Árabe; 0 otra.

El superíndice n en los parámetros asociados con la cocina asiática y mexicana, así como en el precio, indican que el parámetro es específico para cada consumidor, permitiendo que las preferencias de los consumidores sean heterogéneas con respecto a estas características. En los tres parámetros se asume una distribución normal. Dado que se trata de una distribución simétrica en torno a la media, esta especificación permite oponer preferencias, de forma que haya algunos consumidores que prefieran una característica mientras que a otros les desagrada. A partir de la estimación de la media y la desviación típica se puede cuantificar la proporción de consumidores que se inclinan por cada característica.

En esta especificación, todas las variables explicativas se han introducido como efectos y, por tanto, el coeficiente del nivel excluido se puede obtener cambiando el signo de la suma de los coeficientes de los niveles presentes (p.ej. $\beta_{Ar} = -(\beta_{Mex} + \beta_{As})$). La alternativa de no elección no cuenta con ninguna combinación de niveles en el diseño, por lo que se le ha asignado un valor nulo. En la estimación, para evitar que estos valores nulos se confundan con verdaderos niveles, para cada una de las alternativas (r, d, c) se incluye una constante específica (α_j) (Bennet y Blamey, 2001; Haaijer, 1999). Si los coeficientes de las constantes son significativos y positivos implica que las opciones presentadas a los consumidores proporcionan una utilidad superior a la no elección. Además, dada la codificación como efectos del resto de variables, la constante específica mide la utilidad global o "grand mean" de la alternativa, y los coeficientes estimados para cada uno de los niveles (y el calculado para el nivel ausente) informa del cambio en la utilidad con respecto a esta media global (Hensher et al., 2005, pp. 120).

Elasticidad y simulación de escenarios de elección

Los parámetros estimados en el modelo de elección discreta aportan información sobre

la dirección y la significatividad del efecto de la variable sobre la utilidad del individuo, y en consecuencia sobre la probabilidad de elección de una alternativa. Sin embargo, dada la relación no lineal que liga a la utilidad con la probabilidad de elección, la magnitud del impacto sobre la probabilidad requiere el cálculo del denominado efecto marginal y, de manera adicional, de una elasticidad. El efecto marginal (*EMg*) es el cambio marginal en la probabilidad de elegir la alternativa j para el individuo n ($Prob_j^n$) cuando cambia marginalmente el atributo k de la alternativa j observada por el individuo n ($X_{k,j}^n$), en tanto que la elasticidad (E) es el cambio porcentual de la probabilidad de elección al cambiar el atributo en un 1%:

$$EMg_{k,j}^n = \frac{\partial Prob_j^n}{\partial X_{k,j}^n} = [1 - P_j^n] \beta_k \quad y \quad [3]$$

$$E_{k,j}^n = EMg_{k,j}^n \times \frac{X_{k,j}^n}{P_j^n}$$

donde P_j^n es la probabilidad en la muestra de elegir la alternativa j por el individuo n ; y β_k la media del coeficiente estimado para el atributo k . Para calcular el efecto agregado para toda la muestra de individuos, se puede, bien utilizar la probabilidad media estimada (igual a la proporción existente en la muestra), o bien ponderar el efecto marginal de cada individuo por su probabilidad individual de elección (proporción de veces en los datos que el individuo n elige la alternativa j); o bien partir de los efectos marginales individuales pero no ponderarlos (*naive pooling*). Varios autores recomiendan la segunda opción como la mejor, que es la implementada en el paquete estadístico NLOGIT4.0.

Cuando se trata de variables categóricas, no se puede definir la derivada en [3], sin embargo se puede utilizar un enfoque indirecto a través de la definición de escenarios

alternativos (Hensher *et al.*, 2005). El software NLOGIT4.0 incluye un comando de simulación que permite automatizar el cálculo. La simulación requiere la definición de "escenarios" definidos en función de los valores concretos asignados a las variables. En concreto, en este artículo se utiliza la simulación de escenarios para evaluar el impacto de cambios en el tipo de cocina étnica sobre la elección de las situaciones de consumo, en tanto que la elasticidad, se reserva para evaluar el impacto de cambios en el precio.

Resultados

En cada conjunto de elección, existen cuatro alternativas (tres situaciones de consumo y la "no elección"), y cada consumidor realiza nueve elecciones (nueve tarjetas), por lo que el número total de elecciones es 2430 (2709). En la mayoría de las situaciones de elección, el consumidor se decanta por alguna de las opciones de consumo propuestas. La alternativa "ninguna" es elegida en un porcentaje minoritario, el 15,35%. Aunque pequeño, sin embargo, este porcentaje no es desdeñable, y pone de manifiesto lo apropiado de ofrecer al encuestado la posibilidad de no elegir para obtener resultados más realistas. Por otra parte, hay un 3,33% de los consumidores que sistemáticamente eligen la opción "ninguna". Este resultado podría interpretarse como una respuesta protesta, o la falta de interés absoluta del consumidor en participar en el experimento y revelar su preferencia. Por ello, tal y como sugieren algunos autores (Gordon *et al.*, 2001), se estimaron modelos con muestras truncadas, donde los consumidores que habían elegido siempre la opción ninguna fueron eliminados. Sin embargo, los resultados apenas variaron con respecto a la muestra completa, y por tanto, en lo sucesivo, la modelización se llevó a cabo con las 2430 elecciones efectuadas por los 270 consumi-

dores. La opción de consumo más atractiva es el "restaurante", elegida en un 35,72% de las ocasiones, seguida de la "elaboración en casa", con un 25,10%, mientras que la "entrega a domicilio", ha sido elegida en un 23,83% de las situaciones de elección. Sólo una proporción marginal de consumidores se decantan siempre por la misma situación de consumo (4,44% restaurante; 0,37% elaboración en casa).

Los resultados del modelo especificado en [2] se presentan en la Tabla 3. Las constantes son positivas y altamente significativas, lo que indica que cualquiera de las tres opciones de consumo proporciona una utilidad superior al consumidor que la alternativa de no elegir. Los coeficientes del parámetro precio son negativos indicando que la probabilidad de elegir una alternativa aumenta al

Tabla 3. Parámetros estimados en el modelo logit mixto
Table 3. Estimated parameters in the mixed logit model

Variable		Coeficiente	Error Standard
α_r	–	4,135***	0,000
α_d	–	2,276***	0,000
α_c	–	0,730***	0,000
Pr_r	media	-0,220***	0,001
	desv. típica	0,129**	0,031
Pr_d	media	-0,169***	0,000
	desv. típica	0,005	0,898
Pr_c	media	-0,056**	0,004
	desv. típica	0,002	0,978
As	media	-0,154**	0,007
	desv. típica	0,933***	0,000
Mex	media	0,546***	0,000
	desv. típica	0,019	0,927
Num. Obs	2430		
LL(0):	-3266.21		
LL (θ)	-3125,16		
LLR (X^2_{10})	282,097	(0,000)	

Notas: LL (0): Logaritmo de la función de verosimilitud evaluada en un modelo donde se incluyen sólo las constantes. LL (θ): Logaritmo de la función de verosimilitud evaluada en el modelo con todas las variables explicativas. LLR: Ratio de verosimilitud, entre el modelo estimado y uno que incluya sólo constantes. El valor de probabilidad entre paréntesis.

***, ** Indica que el parámetro es significativo al 1 y 5% del nivel de significación, respectivamente.

disminuir el precio, característica de una demanda normal. Al analizar la significatividad individual de las desviaciones típicas se observa que el coeficiente del precio en la opción restaurante, es significativo, lo que denota diferencias en las preferencias de la población. Es decir, la sensibilidad al precio cuando se opta por comer en un restaurante, no es igual para todos los consumidores. Por el contrario, la no significatividad de la desviación típica del precio en los alimentos que se preparan en casa o que tienen servicio de entrega a domicilio, revela que la disminución de la utilidad ante incrementos del precio es compartida por el conjunto de los consumidores. En el caso de las cocinas étnicas, la significatividad de la desviación típica en el coeficiente de la comida asiática indica que el desagrado por esta especialidad étnica en general no es representativa del conjunto de la población. Por el contrario, la no significatividad de la desviación típica en el coeficiente de la comida mexicana indica que las preferencias favorables hacia este tipo de cocina étnica son compartidas por el conjunto de los consumidores. Posiblemente estas preferencias pueden ser explicadas por la afinidad cultural que existe entre el pueblo español y el mexicano (un idioma, religión y pasado histórico común), y está en consonancia con las tendencias de los mercados internacionales, donde la comida mexicana se posiciona como una de las más demandadas y con mayor grado de penetración. En general, la significatividad de las desviaciones típicas permite determinar que únicamente existe heterogeneidad de preferencias respecto al atributo precio en la opción de consumo en restaurante, así como en relación con la comida asiática. Asimismo, dado que el coeficiente para la comida árabe se obtiene como combinación del de las otras dos cocinas, también existe cierto grado de heterogeneidad en los gustos con respecto a esta cocina étnica.

A continuación, y a partir de la media y desviación típica estimados para el coeficiente

de la comida asiática, se calcula el porcentaje de consumidores que se inclinan a favor y en contra de dicha opción culinaria. La media es -0,154 y la desviación típica 0,933. Por tanto, la probabilidad de que el parámetro sea positivo es:

$$\begin{aligned} \text{Prob}[\beta_{as} > 0] &= \text{Prob}\left[z > \frac{0 - (-0.154)}{0.933}\right] = \\ &= \text{Prob}[z > 0.165] = 1 - \text{Prob}[z \leq 0.165] = 1 - 0.56 = 0.44 \end{aligned}$$

donde z es la variable estandarizada, con una distribución $N(0,1)$. Estos resultados muestran que la comida asiática genera utilidad a un 44% de los encuestados.

Para calcular la distribución de las preferencias de la población hacia la cocina árabe, hay que tener en cuenta: 1) que el coeficiente es la suma cambiada de signo de los coeficientes de la cocina asiática y mexicana; 2) que dicho coeficiente, al calcularse como la suma de dos coeficientes que siguen una distribución normal, también es normal; y 3) que la media de la distribución de la suma de variables normales es la suma de las medias, y la desviación típica es la raíz cuadrada de la suma de las varianzas de ambas variables normales. Por tanto, la media del coeficiente de la cocina árabe es -0.392, y como la desviación para el parámetro estimado de la variable Mex es nula, su desviación típica coincide con la del coeficiente de la cocina asiática, 0,933. A partir de ambos parámetros, se puede calcular el porcentaje de la población a la que la cocina árabe genera utilidad, mediante el mismo cálculo que el expuesto anteriormente. El resultado es 0.340. En definitiva, con respecto a las cocinas étnicas, el modelo logit mixto estima que la cocina mexicana proporciona una utilidad positiva al 100% de los consumidores, la asiática al 44% y la árabe al 34%.

Aplicando el mismo cálculo a los coeficientes estimados para el precio en el restaurante, *para la mayor parte de los encuestados menor*

precio genera más utilidad (96%) y para una minoría se trata de un bien conspicuo, es decir mayor precio genera más utilidad. Eso se debe a que a falta de otros indicadores o atributos, se utiliza el precio como signo de calidad.

En la Tabla 4 se presenta la elasticidad con respecto al precio. La opción de consumo con mayor sensibilidad al precio es la de entrega a domicilio (la elasticidad es de -1,41), seguida del restaurante (-1,24), mientras que

la de elaboración en el hogar, es la más inelástica, con una elasticidad de -0,19. Es posible que la menor frecuencia del consumo de comidas étnicas en el hogar influya en la sensibilidad de los consumidores y, por ello, el incremento del precio en esta alternativa no tiene un efecto tan pronunciado en la utilidad y elecciones de los consumidores.

Para evaluar en qué medida influye el tipo de cocina étnica sobre la probabilidad de elegir

Tabla 4. Elasticidad precio de la elección de situaciones de consumo
Table 4. Price elasticity of the consumption situation choice

Restaurante	Entrega a domicilio	Elaboración en casa
-1,24	-1,41	-0,19

una determinada situación de consumo se realiza la simulación de escenarios. Así, se define un escenario base para cada alternativa de elección (restaurante, entrega a domicilio y elaboración en casa), fijando el tipo de cocina en árabe, la menos preferida. A continuación, se define un escenario alternativo en el que también para cada alternativa de elección, se modifica el tipo de cocina a mexicana y asiática. Es importante incidir en que al calcular la probabilidad de elección de una alternativa (ej. restaurante) al cambiar de cocina árabe a mexicana, se mantienen

constantes el resto de variables, tanto las que definen la alternativa objeto de análisis como de las otras opciones. Es decir, se fija el escenario base y el alternativo para una única situación de consumo.

Los resultados de la Tabla 5 muestran que cambiar el tipo de cocina de árabe a mexicana, incrementa la probabilidad de elección de cualquiera de las alternativas, pero este cambio es más significativo en el caso de la "elaboración en casa" y "entrega a domicilio" donde las cuotas de mercado se incrementa-

Tabla 5. Simulación de probabilidades de elección para cocinas étnicas alternativas
Table 5. Simulation of choice probabilities for alternative ethnic cuisines

Escenario	Características escenario		Probabilidad de elección - cuota %	
	Cocina	Restaurante	Entrega a domicilio	Elaboración en casa
Base	Árabe	30,4	19,5	20,6
Alternativo:	Mexicana	43,8	29,8	31,4
	Asiática	33,4	21,9	23,1

rían en torno a 11 puntos porcentuales (un aumento de un 52,3% y 52,2%, respectivamente). En la opción de "restaurante", este aumento se sitúa en un 43,8%, con una expansión de la cuota de mercado de 13,4 puntos (desde 30,4 hasta 43,8%). Cambiar desde un tipo de cocina árabe a una asiática, por el contrario, tiene un impacto sensiblemente menor. La elección de "entrega a domicilio" o "elaboración en casa" se verían favorecidas por la introducción de la cocina asiática en lugar de la árabe en 2,5 puntos porcentuales (un aumento del 12,3%), mientras que el impacto en "restaurante" sería una expansión de la cuota de mercado de 3,0 puntos (la probabilidad de elección aumentaría en 9,9%). Es decir, a igualdad de precios, las cocinas árabe y asiática atraen cuotas de mercado semejantes para cada situación de consumo.

De los resultados de la estimación se observa como la cocina mexicana es preferida sobre las restantes manteniendo el precio constante. En una segunda simulación se plantea qué posibilidades tiene la cocina árabe de competir con la mexicana cuando se ofrece a precios más atractivos. Por ello, se plantea un escenario base en el que la cocina árabe se ofrece, para cada situación de consumo, al mínimo precio contemplado en el experimento, y un escenario alternativo, en el que la cocina mexicana compite con precios superiores (medio y alto). En segundo lugar, dada la similitud en la preferencia entre la cocina árabe y asiática, se plantea un escenario en el que la cocina árabe sigue ofreciéndose al precio mínimo, y la asiática a precio mínimo y medio. De este modo, a través de la simulación se puede observar el grado de sustitución de una cocina por otra ante precios competitivos atractivos para el consumidor. Los resultados se muestran en la Tabla 6.

La cocina árabe puede competir más fácilmente en precio con cocinas alternativas en la opción de restaurante, incluida la preferida cocina mexicana, que en las opciones de en-

trega a domicilio y elaboración en casa. La probabilidad de elegir la opción de restaurante cuando la cocina es árabe y se ofrece a un precio de 12 €, es de un 43%, mientras que esta probabilidad se reduciría a un 32,6% si se tratase de un restaurante asiático de precios medios (18 €), y hasta un 28,8% en el caso de ofrecer cocina mexicana al precio máximo (24 €). Sin embargo, un restaurante mexicano de precio medio (43,4%) igualaría en probabilidad de elección al árabe de precio bajo (43,0%), mientras que a idéntico precio (12 €) el restaurante asiático se elegiría con mayor probabilidad (46,5%) que el árabe.

Los resultados ponen de manifiesto la importancia que adquiere el atributo precio a la hora de elegir un restaurante, de ahí que sea un elemento muy significativo al momento de establecer las estrategias de marketing en los restaurantes étnicos. En la entrega a domicilio y, en particular, en elaboración en casa, sin embargo, la cocina árabe lo tiene más difícil para competir, aún rebajando al máximo sus precios.

Así, un establecimiento de entrega a domicilio árabe a un precio bajo (6 €; 26,1%) se vería favorecido frente a una cocina mexicana de precio alto (19,8%) o asiática de precio medio (o superior; 29,0%). Sin embargo, sería menos elegido si tuviese que competir con la mexicana a precios medios (28,4%) y la asiática a precios bajos (29,0%).

En relación con los alimentos étnicos para elaborar en casa, la preferencia hacia la comida mexicana es todavía más patente, ya que, incluso a precios superiores, su cuota de mercado resultaría superior a la de la cocina árabe y asiática. Por ejemplo, la probabilidad de elegir una comida mexicana al precio más elevado para consumir en el hogar es de un 26,8%, superior al 22,7% (y 25,4%) correspondiente a la cocina árabe (y asiática) a precio bajo. Por su parte, si la comida asiática subiese de precio hasta un nivel medio, no saldría muy perjudicada en comparación con

Tabla 6. Simulación de probabilidades de elección para combinaciones alternativas de cocinas étnicas y precios
Table 6. Simulation of choice probabilities for alternative combinations of ethnic cuisines and prices

Escenario	Características escenario		Probabilidad de elección - cuota %		
	Cocina	Precio	Restaurante	Entrega a domicilio	Elaboración en casa
Base	Árabe	Bajo	43,0	26,1	22,7
Alternativo:	Mexicana	Alto	28,8	19,8	26,8
	Mexicana	Medio	43,4	28,4	31,7
	Asiática	Bajo	46,5	29,0	25,4
	Asiática	Medio	32,6	20,8	23,3

Los niveles de precio para cada alternativa de elección son los expuestos en la Tabla 1.

una comida árabe de bajo precio (con cuota 22,7%), dado que la probabilidad se incrementaría a un 23,3%.

Comparando entre situaciones de consumo, se pueden extraer las siguientes conclusiones. Primero, el precio juega un papel mucho más determinante para el consumidor a la hora de decidirse por un restaurante étnico u otro. De este modo, la cocina árabe que en general es la menos apreciada, podría competir fácilmente con alternativas étnicas más valoradas si se ofrece a precios competitivos. Y segundo, la demanda de alimentos étnicos para su elaboración en el hogar es fuertemente inelástica con respecto al precio. En este sentido, mayores grados de innovación tendentes a facilitar la preparación de los platos, pueden ayudar a facilitar la expansión de platos asiáticos o árabes.

En términos generales, el modelo logit mixto refleja que un precio bajo incrementa las probabilidades de elección de una situación de consumo. Asimismo, las preferencias de los consumidores se inclinan hacia la comida mexicana. Por tanto, el producto ideal para el consumidor medio sería una comida mexicana en un restaurante a precio bajo.

Conclusiones

Las comidas étnicas se han posicionado en el gusto y preferencias de los consumidores españoles. Aunque en un inicio su comercialización se centraba sobre todo en el colectivo de población inmigrante, gradualmente su difusión ha permitido un mayor conocimiento y aceptación entre la población española. Situación que a su vez ha permitido alcanzar un lugar más destacado en los lineales de los establecimientos de la gran distribución y en otros canales especializados de distribución minorista.

A través de un experimento de elección se han evaluado las preferencias de los consumidores españoles hacia distintas cocinas étnicas (asiática, árabe y mexicana), agrupadas en tres categorías de acuerdo al conocimiento mostrado por los consumidores, al grado de presencia en el mercado y algunos elementos comunes que son identificativos de la categoría más amplia, y ello en combinación con distintas situaciones de consumo: restaurante, entrega a domicilio y elaboración en casa. La estimación se ha llevado a cabo a través de un modelo logit mixto por su mayor flexibilidad

en los supuestos estadísticos, por permitir representar la heterogeneidad en las preferencias de los consumidores y por haberse convertido en el referente en la literatura especializada en experimentos de elección, en particular, aplicados al consumo de alimentos.

Bajo el supuesto de una distribución normal, los resultados muestran que la comida mexicana es preferida por todos los encuestados, mientras que la comida asiática y árabe, se enfrentan a gustos más heterogéneos. En concreto, un 43% de los consumidores se inclinan favorablemente hacia la comida asiática, y un 34% hacia la árabe. Por tanto, se puede concluir que la cocina mexicana se posiciona como la más preferida, seguida de la asiática y la árabe.

Con respecto al precio, en las opciones de entrega a domicilio y elaboración en casa, los consumidores prefieren unánimemente precios inferiores. Sin embargo, en la opción de restaurante, hay un 4% que se inclina por precios superiores. Entre situaciones de consumo, el restaurante es la opción más elegida, seguida de la elaboración en casa y entrega a domicilio, ambos con probabilidad de elección muy próxima. Asimismo, aunque las comidas étnicas se han introducido con éxito en el mercado aún no forman parte de la dieta habitual del consumidor, sino más bien se concretan en cocinas específicas, situaciones puntuales de celebración o momentos de ocio y/o esparcimiento.

La simulación de probabilidades de elección de cada alternativa al modificar el tipo de cocina, muestra que, a precios constantes, la distancia en cuota de mercado entre la cocina asiática y la árabe en cualquiera de las situaciones de consumo es mínima, mientras que la ventaja que tiene la mexicana sobre ambas, se intensifica en el caso de elaboración en el hogar y en la entrega a domicilio. Es decir, existe un nicho potencial de mercado interesante para la comida mexicana a través de estos canales que, especialmente en

el caso menos explotado de la entrega a domicilio, podría potenciarse.

Las preferencias hacia las cocinas étnicas no son ni mucho menos rígidas, y con la combinación adecuada de precios, incluso la menos preferida, la árabe, podría competir con las cocinas alternativas, y esta competencia sería más factible en el restaurante que en otras situaciones de consumo. Así, un restaurante árabe de menú a precio mínimo, superaría en cuota de mercado a uno mexicano a precios máximos y a uno asiático a precios intermedios. En el servicio de entrega a domicilio, por su parte, la cocina árabe a precio mínimo sólo saldría favorecida frente a la cocina mexicana de precios máximos, mientras que para la elaboración en el hogar, incluso a precios inferiores, la árabe contaría siempre con cuotas inferiores a las cocinas mexicana y asiática.

Aunque existe una marcada preferencia hacia la cocina mexicana, posiblemente motivada por temas de afinidad cultural y de posicionamiento en los mercados internacionales, también es cierto que, para los empresarios de otras cocinas étnicas, esto implica una oportunidad. A medida que los consumidores se familiaricen con alimentos novedosos en sus dietas, el grado de escepticismo o rechazo a degustar otros nuevos de la misma gama (étnicos) va a disminuir significativamente. No obstante, no hay que olvidar que elementos como la fijación de precios deben ser centrales dentro de sus estrategias de posicionamiento. Asimismo, no hay que pasar por alto que el potencial de diversificación y crecimiento de las cocinas étnicas en el mercado nacional se encuentra en sus etapas iniciales de desarrollo, por lo que las oportunidades derivadas de la comercialización de este tipo de alimentos recién empiezan a surgir.

El trabajo cuenta con algunas limitaciones derivadas del tamaño de la muestra y del ámbito geográfico de aplicación, por lo que extrapolar los resultados a entornos con mayor diversidad cultural, donde los consumidores

se encuentran expuestos a un abanico gastronómico más amplio debe realizarse con cautela. Asimismo, la inclusión de otras cocinas, situaciones de consumo y el análisis de colectivos directamente relacionados con población inmigrante, podrían derivar en resultados diferentes. Sin embargo, no hay que dejar de lado que este trabajo representa una de las primeras investigaciones empíricas que se desarrollan en el ámbito nacional donde se aplica un experimento de elección.

Por último, una vez identificada la heterogeneidad en las preferencias de los consumidores, la siguiente fase sería conocer las fuentes de esas diferencias, las cuales podrían estar motivadas por aspectos socio-económicos y demográficos de los individuos, así como características individuales psicográficas. Asimismo, contrastar si las preferencias manifestadas coinciden con los actos efectivos de compra (o preferencias relevadas) de los consumidores enriquecería la investigación y la comprensión de la conducta del consumidor de cocinas étnicas, de ahí que en el futuro sea una línea de investigación pendiente a desarrollar.

Bibliografía

- Agriculture and Agri-Food Canada, 2008. US ethnic food market: opportunities for Canadian agri-food exports, *Government of Canada*, http://www.ats.agr.gc.ca/us/4489_e.pdf [acceso en Octubre 2008].
- Alfnes F, 2004. Stated preferences for imported and hormone-treated beef: application of mixed logit model, *European Review of Agricultural Economics*, 31 (1): 19-37.
- Arsenio E, Bristow A, Wardman M, 2006. Stated choice valuations of traffic related noise, *Transportation Research Part D*, 11: 15-31.
- Ayuntamiento de Zaragoza, 2008. Zaragoza Turismo. http://www.zaragoza.es/ciudad/turismo/es/listado_Restaurante?op=t [acceso en Octubre 2008].
- Balcombe K, Fraser I, Di Falco S, 2010. Traffic lights and food choice: A choice experiment examining the relationship between nutritional food labels and price, *Food Policy*, 35: 211-220.
- Banzhaf M, Johnson F, Mathews K, 2001. Opt-out alternatives and anglers' stated preferences. In: Bennett and Blamey (eds): *The choice modelling approach to environmental valuation*. Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK.
- Barreiro-Hurlé J, Colombo S, Cantos-Villar E, 2008. Is there a market for functional wines? Consumer preferences and willingness to pay for resveratrol-enriched red wine, *Food Quality and Preference*, 19 (4): 360-371.
- Batres-Marquez P, Jensen H, Brester G, 2003. Salvadoran consumption of ethnic foods in the United States, *Journal of Food Distribution Research*, 34 (2):1-16.
- Bell B, Adhikari K, Chambers E, Cherdchu P, Suwonsichon T, 2011. Ethnic food awareness and perceptions of consumers in Thailand and the United States, *Nutrition and Food Science*, 41 (4): 268-277.
- Bennett J, Blamey R, (2001). *The Choice Modelling Approach to Environmental Valuation*. Edward Elgar Publishing.
- Blackwell R, Miniard P, Engel J, 2002. *Comportamiento del consumidor*, 9a Edición, Thomson Learning, México.
- Bonnet C, Simioni M, 2001. Assessing consumer response to protected designation of origin labelling: a mixed multinomial logit approach, *European Review of Agricultural Economics*, 28 (4): 433-449.
- Browstone D, Train K, 1999. Forecasting new product penetration with flexible substitution patterns, *Journal of Econometrics*, 89: 109-129.
- Camarena D, 2010. *El consumo de alimentos étnicos y sus condicionantes: aplicación empírica en el mercado aragonés*. Tesis doctoral, Departamento de Gestión de Empresas, Universidad Pública de Navarra.

- Camarena D, Sanjuán AI, 2008a. El mercado de comida étnica en España: el caso de la comida mexicana, *Estudios Sociales*, XVI (31): 7-37.
- Camarena D, Sanjuán AI, 2008b. Una Aplicación de la Escala de Fobia a los Alimentos Nuevos. El caso de los Alimentos Étnicos, *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 8 (2): 93-104.
- Camarena D, Sanjuán AI, 2010. Preferencias hacia el origen de un alimento étnico y la influencia de variables psicográficas. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 10(1): 69-97.
- Camarena DM, Sanjuán AI, Philippidis G, 2011. Influence of ethnocentrism and neo-phobia on ethnic food consumption in Spain, *Appetite*, 57: 121-130.
- Carrus G, Nenci A, Caddeo P, 2008. The role of ethnic identity and perceived ethnic norms in the purchase of ethnical food products, *Journal of Community & Applied Social Psychology*, 18 (5): 505-511.
- Chotard P, Malenge D, 1999. Ethnic products: a niche to develop, *The Courier*, 175: 72-75.
- Church S, Gilbert P, Khokhar S, 2006. Ethnic groups and foods in Europe. Eurofir, European Food Information Resource Network. <http://www.eurofir.net/temp/3rdspSynthesisspReportspEthnicspfoodshs1hs.pdf> [acceso en octubre 2008].
- Cicia G, Del Giudice T, Scarpa R, 2002. Consumer's perceptions of quality in organic food, *British Food Journal*, 104 (3-5): 200-213.
- Cruz M, López C, Schatan C, 2004. Pequeñas empresas, productos étnicos y de nostalgia: oportunidades en el mercado internacional, pp. 64. En CEPAL (Ed.): *Estudios y Perspectivas*, Naciones Unidas, México. Dhar, R. (1997). Consumer preference for a no-choice option, *Journal of Consumer Research*, 24: 215-231.
- Creixell M, Solér C, 2011. Integration of ethnic food into Swedish food rituals, the cultural fitness of tacos, *Appetite*, 58: 928-935.
- Dhar R, Simonson I, 2003. The effect of forced choice on choice, *Journal of Marketing Research*, 40 (2): 146-160.
- Datamonitor, 2005. *Insights into tomorrow's ethnic food & drink consumers*, Reference Code: DMCM2363.
- Durán E, 2006a. Comida étnica por encima del 20%, *Alimarket*, 192: 91-99.
- Durán E, 2006b. Comida étnica, crecimiento y quinta gama, *Hostelmarket*, 79:118-123.
- FAO, 2005. Alimentos tradicionales del Cercano Oriente en pos de las normas de calidad del Codex Alimentarius, http://www.fao.org/newsroom/es/focus/2005/104165/article_104285es.html [acceso en Septiembre 2009].
- Gordon J, Chapman R, Blamey R, 2001. Assessing the options for the Canberra water supply: an application of choice modelling, pp. 73-92. En Bennett, J. y Blamey, R. (eds.): *The Choice Modelling Approach to Environmental Valuation*. Ed. Edward Elgar Publishing Limited.
- Gracia A, López B, Virués S, 2011. Disposición a pagar por zumos naturales: aplicación de un experimento de elección, *ITEA*, 107 (1): 21-32.
- Gracia A, Loureiro M, Nayga R, 2009. Consumers' valuation of nutritional information: A choice experiment study, *Food Quality and Preference*, 20: 463-471.
- Haaijer ME, 1999. *Modeling Conjoint Choice Experiments with the Probit Model*. Ed. Labyrint Publications. The Netherlands.
- Henser D, Rose J, Greene W, 2005. *Applied Choice Analysis. A primer*. Ed. Cambridge University Press. New York.
- Henser D, Greene W, 2003. The Mixed Logit Model: The State of Practice, *Transportation*, 30 (2): 133-176.
- Henser D, Sullivan C, 2003. Willingness to pay for road curviness and road type, *Transportation Research Part D*, 8: 139-155.
- Hoen A, Geurs K, 2011. The influence of positionality in car-purchasing behaviour on the downsizing of new cars, *Transportation Research Part D*, 16: 402-408.
- Hoyos D, 2010. The state of the art of environmental valuation with discrete choice experiments, *Ecological Economics*, 69: 1595-1603.
- IAEST, 2008. Datos básicos de Aragón 2008. Instituto Aragonés de Estadística. http://portal.aragon.es/portal/page/portal/IAEST/IAEST_0000/IA

- EST_00/IAEST_001DB/IAEST_001DB_INDICE [acceso en diciembre de 2008].
- IAEST, 2006. Anuario Estadístico de Turismo 2008. Instituto Aragonés de Estadística, [acceso en diciembre de 2011].
- INE, 2010. Revisión del Padrón Municipal 2008. *Instituto Nacional de Estadística* <http://www.ine.es> [Acceso en febrero de 2010].
- INE, 2008a. *Encuesta de Estructura Salarial*. Instituto Nacional de Estadística. <http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=/t22/p133&file=inebase&N=&L=0> [acceso en mayo de 2009].
- INE, 2008b. *Indicadores Sociales 2008*. Instituto Nacional de Estadística. <http://www.ine.es/daco/daco42/sociales08/sociales.htm> [acceso en mayo de 2009].
- Jaeger S, Rose J, 2008. Stated choice experimentation, contextual influences and food choice: A case study, *Food Quality and Preference*, 19: 539-564.
- Jamal A, 1998. Food consumption among ethnic minorities: the case of British-Pakistanis in Bradford, UK, *British Food Journal*, 100 (5): 221-227.
- Lamas M, 2008. Precocinados y platos preparados congelados: Llega la sofisticación. Informe sectorial, *Alimarket*, 251-278.
- Laroche M, Kim C, Tomiuk MA, 1999. Italian ethnic identity and its relative impact on the consumption of convenience and traditional foods, *British Food Journal*, 101 (3): 201-228.
- Loureiro M, Umberger W, 2007. US consumer responses tell us about relative preferences for food safety, country-of-origin labeling and traceability, *Food Policy*, 32: 496-514.
- Louviere J, 2001. Choice experiments: an overview of concepts and issues, pp 1-36. En Bennett, J. y Blamey, R. (eds.): *The Choice Modelling Approach to Environmental Valuation*. Ed. Edward Elgar Publishing Limited.
- Menapace L, Colson G, Grebitus C, Facendola M, 2011. Consumers' preferences for geographical origin labels: evidence from the Canadian olive oil market, *European Review Agricultural Economics*, (in press): doi: 10.1093/erae/jbq051. [acceso en Julio 2011].
- Red Aragón, 2008. *Guía de restaurantes en Aragón*, www.redaragon.es [acceso en Octubre 2008].
- Revelt, D. y Train, K, 1998. Incentives for appliance efficiency in a competitive energy environment: random parameters logit models of households' choices, *Review of Economics and Statistics*, 8 (4): 647-657.
- Rigby D, Burton M, 2005. Preference heterogeneity and GM food in the UK, *European Review of Agricultural Economics*, 32 (2): 269-288.
- Rodríguez J, 2006. Inmigrantes la Revolución Necesaria, *Alimarket*, 192: 70-79.
- Rolfe J, Bennett J, 2009. The impact of offering two versus three alternatives in choice modelling experiments, *Ecological Economics*, 68: 1140-1148.
- Rolfe J, Bennett J, Louviere J, 2000. Choice modelling and its potential application to tropical rainforest preservation, *Ecological Economics*, 35: 289-302.
- Romo R, Gil JM, 2009. Ethnic identity and dietary habits among Hispanic immigrants in Spain, *113th EAAE Seminar: A resilient European food industry and food chain in a challenging world*, Chania, Crete, Greece [acceso en Julio 2011].
- Sánchez C, 2011. Comida étnica: lo exótico vende. *Alimarket*, 249: 163-179.
- Train K, 2003. *Discrete choice methods with simulation*. Ed. Cambridge University Press.
- Travisi C, Nijkamp P, 2008. Valuing environmental and health risk in agriculture: A choice experiment approach to pesticides in Italy, *Ecological Economics*, 67: 598-607.
- Van Loo E, Caputo V, Nayga R, Meullenet JF, Ricke S, 2011. Consumers' willingness to pay for organic chicken breast: Evidence from choice experiment, *Food Quality and Preference*, 22: 603-613.
- Verbeke W, Poquiqui G, 2005. Ethnic food attitudes and behaviour among Belgians and Hispanics living in Belgium, *British Food Journal*, 107: 823-840.
- White H, Kokotsaki K, 2004. *International Journal of Consumer Studies*, 28 (3): 284-294.

(Aceptado para publicación el 25 de mayo de 2012)

Efecto del sexo y la explotación sobre la calidad de la canal y de la carne del cordero lechal de raza Ojinegra

R. Ripoll-Bosch^{*,1}, G. Ripoll^{*}, J. Álvarez-Rodríguez^{**}, I. Blasco^{*},
B. Panea^{*} y M. Joy^{*}

* Unidad de Tecnología en Producción Animal. Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (CITA), Avda. Montañana, 930, 50059 Zaragoza, España

** Departament de Producció Animal, Universitat de Lleida. Avda Rovira Roure, 191, 25198, Lleida, España

Resumen

El presente trabajo pretende caracterizar la calidad de la canal y de la carne de cordero lechal de la raza Ojinegra de Teruel. Para ello se utilizaron 64 corderos lechales, 32 de cada sexo, procedentes de 4 explotaciones comerciales. Los resultados mostraron que la edad al sacrificio, el rendimiento de la canal, las medidas objetivas de la canal y el color instrumental de la grasa y del músculo *R. abdominis* estuvieron afectados por la explotación de origen ($P < 0,05$). Por el contrario, el sexo tuvo escaso efecto sobre los parámetros estudiados. En cuanto a la composición química de la carne, ni la explotación ni el sexo tuvieron efecto sobre ella ($P > 0,05$). La composición de ácidos grasos intramuscular estuvo más afectada por la explotación que por el sexo, registrándose un efecto significativo de la explotación sobre el contenido de ácido oleico, ácido α -linolénico, ácido linoleico conjugado (9c-11t), el grupo de ácidos grasos poliinsaturados $n-3$ y la relación de ácidos grasos poliinsaturados $n-6/n-3$ ($P < 0,001$). Sin embargo, el sexo solo afectó al contenido de ácido linoleico conjugado en la carne ($P < 0,05$). De este trabajo se puede concluir que la calidad de la canal y de la carne de los corderos Lechal de raza Ojinegra está determinada por el factor explotación, mientras el sexo es un factor no determinante. Por ello, para obtener un producto comercial homogéneo, sería necesario definir las condiciones técnicas de producción.

Palabras clave: Manejo, color, textura, composición química, ácidos grasos.

Abstract

Effects of sex and farming system on carcass and meat quality of suckling lambs from Ojinegra breed

The aim of this study was to characterize carcass and meat quality of suckling lambs from Ojinegra de Teruel sheep breed. Sixty-four suckling lambs, 32 from each gender, belonging to 4 different commercial farms were used. Slaughtering age, objective carcass measurements and instrumental fat colour and *Rectus abdominis* muscle colour were affected by the farm ($P < 0.05$). These parameters were seldom affected by the suckling lamb gender. Farm and gender had no effect on chemical composition of meat. The farm had greater influence on intramuscular fatty acid profile than gender. Oleic acid, α -linolenic acid, linoleic conjugated acid (9c-11t), polyunsaturated fatty acid group $n-3$ and polyunsaturated fatty acid relation $n-6/n-3$ differed among farms ($P < 0.001$). However, the gender had only effect on linoleic conjugated acid ($P < 0.05$). In conclusion, meat and carcass quality of Ojinegra suckling lambs relies mainly on management and feeding system of the dam, instead of gender. It would be mandatory to establish technical production rules in order to obtain a homogeneous meat product.

Key words: Management, colour, texture, chemical analysis, fatty acids profile.

1. Autor para correspondencia: rripoll@aragon.es

Introducción

La raza autóctona Ojinegra de Teruel cuenta con un censo de cerca de 30.000 cabezas y su núcleo principal se encuentra ubicado al nor-este de la provincia de Teruel (Aragón, España). Es una raza rústica y está perfectamente adaptada a producir en medios difíciles, con terrenos duros y accidentados, y con una climatología adversa (Sierra, 2002). Es por ello que desempeña un importante papel económico, social y medioambiental en las regiones donde se halla emplazada (Lara et al., 2000; Picazo et al., 2004). La raza Ojinegra de Teruel se considera de aptitud cárnica y está reconocida dentro de la Indicación Geográfica Protegida (IGP) "Ternasco de Aragón" (BOA, 2009). Sin embargo, es una oveja de pequeño formato con bajo crecimiento (Arrufat, 1982) y un engrasamiento precoz. Esto condiciona la adaptación de sus productos a las características solicitadas por el reglamento técnico de dicha IGP y por el mercado (Tor et al., 1999). Ante esta situación, la Asociación de Ganaderos de la Raza Ojinegra (AGROJI) se planteó la posibilidad de comercializar nuevos productos (diversificar) para aumentar la cuota de mercado y las rentas de los productores (Panea et al., 2010). Como alternativa al cordero de tipo ternasco (peso vivo al sacrificio 22-24 kg), se planteó la posibilidad de producir corderos lechales (10-12 kg), que al ser más ligeros evitan el engrasamiento excesivo de la canal. Además, se evita la fase de cebo post-destete, generalmente basada en el consumo de cereales, de forma que el ganadero ahorra en compra de piensos, un insumo con precios volátiles sujeto a las condiciones del mercado de materias primas.

La mayoría de razas locales han sido poco estudiadas y se dispone de escasos datos sobre los rendimientos productivos (Gandini y Oldenbroek, 2007). Este es especialmente el caso de la raza Ojinegra de Teruel. Aunque existen algunos trabajos que caracterizaron la raza y su sistema productivo (Picazo et al., 2004; Flores et al., 2002; Lara et al., 2000; Arru-

fat, 1982), pocos han estudiado las características de sus productos (Medel et al., 2002). En un trabajo realizado por Ripoll-Bosch et al. (2012b), se ponía de manifiesto la necesidad de estudiar estos aspectos de cara a la comercialización y aceptación del producto. En otro trabajo realizado por los mismos autores (Ripoll-Bosch et al., 2012a), en el que se hacía una caracterización de los parámetros productivos de la raza en distintas ganaderías comerciales, se observó que la explotación ganadera supone un factor de variabilidad determinante que condiciona los resultados productivos.

En la búsqueda de un producto alternativo al cordero tipo ternasco, este trabajo se planteó con el objetivo de evaluar el efecto del sexo y de la explotación sobre la calidad de la canal y de la carne del cordero lechal de raza Ojinegra de Teruel. Se evaluaron las características de la canal, el color de la grasa y de la carne, la composición química de la carne y la composición en ácidos grasos de la grasa intramuscular.

Material y métodos

Material animal

Se utilizaron un total de 64 corderos procedentes de 4 explotaciones comerciales (8 machos y 8 hembras por explotación) ubicadas en la comarca del Maestrazgo y regiones colindantes (Provincia de Teruel, España) e integrantes de la Asociación de Ganaderos de la Raza Ojinegra (AGROJI).

El manejo de las ovejas, así como la cría de los corderos lechales, se realizó siguiendo el manejo propio de cada explotación (Tabla 1). No se estipularon prácticas de manejo común para poder determinar el posible efecto del sistema de explotación. En todos los casos, los corderos fueron estabulados junto con sus madres y su alimentación se basó en la lactancia materna.

Tabla 1. Descripción del sistema de manejo y alimentación de las ovejas en las distintas explotaciones (A, B, C, D), para los periodos pre- y post-parto (2-3 y 6-7 semanas, respectivamente)

Table 1. Description of management and feeding system of ewes in each farm (A, B, C, D), at pre- and post-lambing periods (2-3 and 6-7 weeks, respectively)

Explotación	Pre-parto (2-3 semanas)		Post-Parto (6-7 semanas)	
	Manejo	Alimentación	Manejo	Alimentación
A	Estabulación previa	1,5 kg de concentrado (75% de cebada y 25% de pienso comercial) y paja <i>ad libitum</i>	Estabulación permanente con corderos	1-1,5 kg de concentrado y paja de cereal de invierno <i>ad libitum</i>
B	Pastoreo conducido	Pastoreo de praderas naturales	Estabulación permanente con corderos	1-1,5 kg de concentrado y heno de pradera <i>ad libitum</i>
C	Pastoreo conducido	Pastoreo de rastrojeras de cereal de invierno	Estabulación permanente con corderos	1-1,5 kg de concentrado y paja de cereal de invierno <i>ad libitum</i>
D	Estabulación previa	1 kg de concentrado (75% de cebada y 25% de pienso comercial) y paja <i>ad libitum</i>	Estabulación permanente con corderos	1-1,5 kg de concentrado y paja de cereal de invierno <i>ad libitum</i>

Cuando los corderos alcanzaron el peso vivo (PV) propio de la categoría lechal (entre 10 y 12 kg) se sacrificaron en el matadero comercial de Mercazaragoza (Zaragoza, España), siguiendo la normativa sobre protección de animales de la UE (Directiva 93/119/CE, RD 54/1995). Tras el sacrificio y faenado se registró el peso la canal caliente (PCC), que incluía la cabeza, el epiplón, los riñones y el hígado, y que no incluía pulmones, corazón, diafragma y bazo.

Medidas sobre la canal

Tras 24 horas de oreo, las canales fueron transportadas a las instalaciones del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), en Montañana (Zaragoza, España) (distancia de 10 km). Las canales frías se pesaron para obtener el peso de la

canal fría (PCF), que incluía la cabeza. Se procedió a la clasificación por grado de engrasamiento, siguiendo el modelo comunitario de clasificación de canales de corderos ligeros (DOCE, 1994). También se determinó el color del músculo *Rectus abdominis*, según la escala descrita por Colomer-Rocher et al., (1988). Esta escala sigue un sistema de puntuación sobre 9 puntos divididos entre los colores rosa claro (de 1 a 3 puntos), rosa (de 4 a 6 puntos) y rojo (de 7 a 9 puntos). Además, se tomaron dos medidas de la canal: anchura de la grupa (G) y longitud interna de la canal (L). Dichas medidas se utilizaron para calcular los índices de compacidad de la canal (PCF/L) y de relación de la anchura de grupa con la longitud de la canal (G/L) (Colomer-Rocher et al., 1988).

Se determinó el color instrumental de la grasa subcutánea y del músculo *Rectus abdominis*. El color de la grasa subcutánea se

determinó en la base de la cola (Díaz et al., 2002) y el del músculo *Rectus abdominis* en su cara interna en dos localizaciones, seleccionadas al azar con el fin de obtener un valor medio representativo del músculo (Ripoll et al., 2008). Inmediatamente antes de su determinación se quitó la fascia de cobertura que recubre el músculo *Rectus abdominis* (Eikelenboom et al., 1992). Debido al poco espesor del músculo, la medida se realizó sobre una placa blanca estándar (Panea et al., 2010) para estandarizar las lecturas y minimizar el error. Para ambas medidas se usó un espectrofotómetro Minolta CM-2600d en el espacio CIELAB (CIE, 1986) y se obtuvieron las coordenadas luminosidad (L^*), índice de rojo (a^*) e índice de amarillo (b^*). Así mismo, se calculó el tono ($H^* = \arctg(b^*/a^*) \times 57,29$) y la saturación ($C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$) (Wyszecki y Styles, 1982).

Preparación de las muestras

A partir de la media canal izquierda se tomaron muestras del músculo *Longissimus dorsi* para la determinación de la textura (desde la 9ª vértebra torácica hasta la 13ª, inclusive), la composición química (desde la 1ª vértebra torácica a la 5ª, inclusive) y la composición de ácidos grasos (de la 6ª vértebra torácica a la 8ª vértebra torácica, inclusive). Las muestras destinadas al análisis de textura se envasaron al vacío, se maduraron durante 2 días a 4 °C y se congelaron hasta el análisis. Para realizar los análisis, las muestras se descongelaron con agua corriente y, posteriormente, se cocinaron en baño maría a 75 °C hasta alcanzar una temperatura interna de 70 °C. Las muestras se cortaron para obtener paralelepípedos de 1 cm² de sección utilizando la configuración longitudinal (Lepetit y Culioli, 1994), y fueron analizados utilizando una máquina de ensayo universal Instron (modelo 5543, Instron Limited, Barcelona, España), provista de una célula de Warner-Bratzler. Se registraron los valores de esfuer-

zo máximo en kg/cm². Las muestras destinadas al estudio de la composición química y en ácidos grasos se congelaron a -20°C hasta el momento del análisis.

Análisis químicos

Antes del análisis, las muestras de carne fueron liofilizadas, molidas y mezcladas para determinar el contenido en proteína bruta (PB) (procedimiento Dumas; A.O.A.C., 2000). El contenido en grasa intramuscular se determinó utilizando un extractor Ankom (Model XT10, Ankom Technology, Madrid, España). Para la determinación del perfil de ácidos grasos (FA) de la grasa intramuscular del músculo *L. dorsi* se siguió el método de Bligh y Dyer (1959), siendo los ácidos metilados en frío con potasa metanólica y extrayendo los FAME con *n*-hexano, que fueron analizados con un cromatógrafo de gases (Autosystem XL Agilent Technologies 7890 Net Work GC System, Perkin Elmer, Boston, EEUU) equipado con detector de ionización de llama (*Flame Ionization Detector*, FID), un inyector Hamilton y columna capilar Omegawax 320 (30 m x 0,32 mm x 0,25 µm; Supelco, Bellefonte, EEUU), y helio (1,7ml/minuto) como gas portador. La temperatura del detector interno alcanzó los 260 °C y la temperatura inicial del horno fue 190 °C durante 2 minutos, subiendo a los 205 °C durante 3 minutos, con incrementos de 5 °C por minuto. La cantidad de ácidos grasos se expresa en porcentaje de metil ésteres. La proporción de ácidos grasos insaturados (UFA), poliinsaturados (PUFA), monoinsaturados (MUFA), saturados (SFA), y de las series *n*-6 y *n*-3, así como las relaciones PUFA/SFA y PUFA *n*-6/ *n*-3 se obtuvieron a partir de los porcentajes individuales de FA.

Análisis estadístico

Los estudios estadísticos se realizaron con el programa SAS v.9.1 (SAS Institute Inc., Cary, NC, EEUU). Las variables de la canal y de la

carne se evaluaron con el procedimiento GLM incluyendo la explotación de origen (A, B, C, D; $n = 16$ en cada caso) y el sexo del animal (macho, hembra; $n = 32$ en cada caso) como efectos fijos. Se utilizó el test de Bonferroni para comparar las medias.

Los resultados se muestran como medias mínimo cuadráticas y su error estándar promedio. El nivel de significación se estableció en $P < 0,05$. Las interacciones entre efectos fijos únicamente se comentan en el texto si fueron significativas ($P < 0,05$).

Resultados y discusión

Características de la canal

Las características de la canal se muestran en la Tabla 2. El efecto de la explotación de origen de los animales fue significativo en todos los parámetros estudiados, excepto para el peso vivo al sacrificio (PVS; $P > 0,5$) y para el índice de compacidad (PCF/L; $P = 0,7$). La interacción entre explotación y sexo fue no significativa en la mayoría de variables ($P > 0,05$), excepto para la longitud interna de la canal (L) y la edad de sacrificio ($P < 0,05$). La interacción existente en la medida de L se debería a que ésta fue ligeramente superior en los machos de las explotaciones A y C (0,17 y 0,33 cm, respectivamente), en la explotación D las diferencias entre machos y hembras se acentuaron (2,1 cm), mientras que en la explotación B fueron las hembras las que presentaron una mayor L (0,75 cm). También existe una interacción para la edad de sacrificio, ya que en la mayoría de explotaciones (A, C y D), las hembras necesitaron entre 0,1 y 1 día más que los machos para alcanzar el peso al sacrificio. Sin embargo, en la explotación B, las hembras necesitaron una media de 5,7 días más. Es difícil explicar las diferencias de crecimiento entre sexos según la

explotación, pero podrían deberse al manejo practicado con los animales. El pastoreo durante los últimos meses de gestación (caso de la explotación B) puede afectar a la calidad y cantidad de leche producida por las madres, aunque no significativamente en las ovejas que crían un solo cordero (Goodchild et al., 1999). Además, el manejo (estabulación vs. pastoreo) pre-parto (Joy et al., 2012b) o el nivel de alimentación pre-parto (Treacher, 1970) y post-parto (Gardner y Hogue, 1966) pueden afectar a la producción y composición de la leche y por tanto al crecimiento del cordero (Torres-Hernández y Hohenboken, 1980). Dado que no se dispone de controles de CC ni de metabolitos en sangre de las ovejas, y basándonos en el trabajo realizado por Ripoll-Bosch et al. (2012b), la explotación B puede que se registrara una baja producción de leche que penalizaría la capacidad de crecimiento de los corderos más pequeños y más débiles, grupo en el que cabría esperar que estuvieran las hembras. En general, la explotación tuvo una gran influencia sobre la edad de sacrificio de los corderos ($p < 0,001$). Por ejemplo, entre las explotaciones A y D se observaron diferencias de hasta 13,6 días, viéndose comprometido en la explotación D el objetivo de alcanzar el peso vivo de sacrificio (10-12 kg) a una edad máxima de 45 días requerido en la categoría comercial del cordero lechal. Dado que el manejo de las explotaciones A y D fue muy similar (Tabla 1), otro factor que podría explicar las diferencias de longitud de canal y crecimiento entre las explotaciones sería la existencia de cierta variabilidad genética entre los rebaños, debida a la ausencia de un esquema de selección común (Ripoll-Bosch et al., 2012a). Es por ello que, manejos similares (explotaciones A y D), ofrecerían resultados de longitud de canal y edad al sacrificio tan distintos. Sin embargo, sería necesario realizar más estudios que permitan conocer las causas de dichas diferencias entre explotaciones.

El rendimiento de la canal estuvo comprendido entre 49,8 y 54,6 %, siendo la explotación B la que presentó un menor rendimiento, probablemente debido a cierta ingestión de alimento voluminoso que provocaría un mayor peso del aparato digestivo y, por tanto, un menor rendimiento de la canal. Los corderos estuvieron estabulados junto a sus madres y en esas condiciones, cabría considerar una posible ingestión de alimento sólido, especialmente en la explotación B, que ofreció

un forraje de mayor apetencia que la paja. Estos resultados estarían de acuerdo con los presentados por Joy et al. (2008) cuando estudiaron el efecto del grado de intensificación en el cebo de corderos. También se observó un efecto significativo de la explotación en las medidas objetivas ($P < 0,001$), existiendo una relación directa y positiva entre la edad del cordero lechal y la longitud de la canal (L) y negativa entre la edad y la anchura de la grupa (G).

Tabla 2. Efecto de la explotación (Exp; A, B, C, D) y del sexo (Sex; H, hembra y M, macho) sobre las características de la canal de corderos lechales de raza Ojinegra
Table 2. Effect of farm (Exp; A, B, C, D) and gender (Sex; H, female and M, male) on carcass characteristics of suckling lambs from Ojinegra breed

	Explotación				Sexo		EE ¹⁰	Efecto [†]	
	A	B	C	D	H	M		Exp	Sex
n	16	16	16	16	32	32			
PVS ¹	10,4	10,5	10,7	10,8	10,4	10,8	0,11	NS	NS
EDAD ²	33,9 ^d	38,1 ^c	42,4 ^b	47,5 ^a	41,2	39,8	0,40	***	NS
PCC ³	6,4 ^{ab}	6,1 ^b	6,5 ^a	6,7 ^a	6,21 ^b	6,65 ^a	0,084	**	**
PCF ⁴	5,7 ^a	5,2 ^b	5,7 ^a	5,7 ^a	5,38 ^b	5,77 ^a	0,060	*	**
Rto ⁵	54,6 ^a	49,8 ^b	53,6 ^a	53,0 ^{ab}	51,92	53,57	0,592	*	NS
G ⁶	34,5 ^a	33,5 ^b	33,3 ^b	33,4 ^b	34,20	34,64	0,166	***	NS
L ⁷	42,2 ^b	42,2 ^b	43,7 ^a	43,5 ^a	42,67	43,12	0,140	***	NS
G/L	0,89 ^a	0,79 ^b	0,76 ^c	0,77 ^c	0,80	0,80	0,004	***	NS
PCF/L	0,134	0,124	0,130	0,131	0,126 ^b	0,134 ^a	0,001	NS	**
ENG ⁸	4,50 ^a	3,19 ^b	3,29 ^b	4,00 ^a	3,68	3,80	0,118	***	NS
COLOR ⁹	2,29 ^a	1,06 ^c	1,51 ^b	1,63 ^b	1,69	1,55	0,061	***	NS

[†]La interacción entre explotación y sexo fue no significativa en la mayoría de variables ($P > 0,05$), excepto en EDAD y L ($P > 0,05$); Letras distintas en una misma línea y efecto muestra que hay diferencias significativas entre grupos ($P < 0,05$), NS = $P > 0,05$; *** = $P < 0,001$; ** = $P < 0,01$; * = $P < 0,05$. ¹PVS = Peso vivo al sacrificio; ²EDAD = días de vida (días); ³PCC = Peso canal caliente (kg); ⁴PCF = peso canal fría (kg); ⁵Rto = Rendimiento de la canal (%) = $PCF \times 100 / PVS$; ⁶G = anchura de la grupa (cm); ⁷L = longitud interna de la canal (cm); ⁸ENG = grado de engrasamiento de la canal en la escala de 1 (muy magro) 2 (magro), 3 (media), 4 (grasa), estando estos valores subdivididos en tres puntos cada uno de ellos (1-, 1, 1+; 2-, 2, 2+; 3-, 3, 3+; 4-, 4, 4+); ⁹Escala de 1 a 9 distribuidos entre los colores rosa claro (de 1 a 3), rosa (de 4 a 6) y rojo (de 7 a 9); ¹⁰EE = Error Estándar.

El grado de engrasamiento de las canales estuvo comprendido entre 1+ y 2 y el color del músculo *Rectus abdominis* se clasificó como rosa claro, características habituales de los corderos sacrificados a peso ligero, cuyo grado de engrasamiento (Sanz et al., 2008; Juárez et al., 2009) y espesor de la grasa subcutánea (Ripoll et al., 2010) aumenta a medida que se incrementa el peso al sacrificio.

El efecto del sexo sólo fue significativo en el caso del PCC, PCF y PCF/L. En comparación con las hembras, los machos presentaron un mayor PCC, PCF y PCF/L ($P<0,05$). Estos resultados

coincidirían con los publicados por Panea et al. (2010) en un ensayo realizado con corderos lechales de raza Ansotana, en el que se observaba un mayor índice de compacidad en los machos. No obstante, tanto los lechales machos como hembras de la raza Ansotana tuvieron mayor índice de compacidad.

El factor explotación fue significativo en todas las variables de color instrumental estudiadas en el músculo *R. abdominis* y en la grasa caudal (Tabla 3; $P<0,05$), excepto en el tono (H^*) de la grasa caudal. Por el contrario, el sexo no tuvo efecto significativo en nin-

Tabla 3. Efecto de la explotación (Exp; A, B, C, D) y del sexo (Sex; H, hembra y M, macho) sobre el color instrumental de la grasa caudal subcutánea y del músculo *Rectus abdominis* de los corderos lechales de raza Ojinegra
Table 3. Effect of farm (Exp; A, B, C, D) and gender (Sex; H, female and M, male) on colour of subcutaneous caudal fat and muscle *Rectus abdominis* of suckling lambs from Ojinegra breed

	Explotación				Sexo		EE ¹	Efecto [†]	
	A	B	C	D	H	M		Exp	Sex
n	16	16	16	16	32	32			
Grasa caudal subcutánea									
L*	71,03 ^{ab}	70,65 ^b	73,53 ^a	72,90 ^a	71,93	72,12	0,694	*	NS
a*	3,57 ^a	3,27 ^{ab}	2,54 ^b	3,82 ^a	3,33	3,27	0,429	*	NS
b*	11,95 ^a	11,12 ^a	9,25 ^b	10,97 ^a	10,42	11,23	0,303	***	NS
H*	73,69	73,89	74,96	71,07	72,82	73,98	0,514	NS	NS
C*	12,52 ^a	11,64 ^a	9,61 ^b	11,65 ^a	10,98	11,74	0,393	***	NS
Músculo <i>Rectus abdominis</i>									
L*	44,28 ^c	48,62 ^b	50,51 ^a	48,83 ^b	47,32 ^b	48,79 ^a	0,541	***	*
a*	10,59 ^a	7,62 ^c	8,95 ^{bc}	9,47 ^{ab}	9,66 ^a	8,66 ^b	0,476	***	*
b*	14,50 ^a	10,96 ^b	11,30 ^b	8,90 ^c	11,12	11,71	0,613	***	NS
H*	53,81 ^a	51,36 ^a	50,85 ^a	43,07 ^b	48,46	51,09	1,832	***	NS
C*	18,06 ^a	13,51 ^b	14,61 ^b	13,13 ^b	14,94	14,72	0,663	***	NS

[†]La interacción entre explotación y sexo fue no significativa en ninguna variable estudiada ($P>0,05$), Letras distintas en una misma línea y efecto muestra que hay diferencias significativas entre grupos ($P<0,05$), NS = $P>0,05$; *** = $P<0,001$; * = $P<0,05$. ¹EE = Error Estándar.

guna de las variables ($P > 0,05$), excepto en la luminosidad (L^*) y en el índice de rojo (a^*) del músculo *R. abdominis* ($P < 0,05$). Horcada et al. (1998), en un estudio con corderos de raza Lacha y Rasa Aragonesa, tampoco encontraron diferencias significativas entre sexos para los parámetros de color de la grasa y del *R. abdominis*.

El color de la grasa caudal tuvo unos valores medios de luminosidad de $72,05 \pm 3,20$, un índice de rojo de $3,30 \pm 1,27$ y un índice de amarillo de $10,81 \pm 1,93$. Cuando se comparan estos valores con los observados en corderos lechales de raza Churra Tensina sometidos a sistemas de producción en los que la madre salía a pastar o disponía de heno de pradera (Joy et al., 2012b), se observa un menor índice de amarillo (b^*), mayor luminosidad (L^*) y un similar índice de rojo (a^*) en el presente estudio. Ello podría ser debido a diferencias entre razas (Juárez et al., 2009) y a diferencias entre las dietas recibidas en los distintos ensayos. La ausencia de forraje verde en la mayoría de las dietas del presente estudio es responsable de un menor índice de amarillo y una mayor luminosidad con respecto a otros corderos lechales en los que la madre ingiere una dieta de forraje seco (Ripoll et al., 2008; 2012).

Los parámetros de color del músculo *R. abdominis* mostraron unos valores medios de $48,08 \pm 3,38$ para la L^* , de $9,14 \pm 2,8$ para a^* y de $11,42 \pm 3,34$ para b^* . Dichos valores son similares a los observados por Panea et al. (2010) en el cordero lechal de raza Ansotana y a los observados por Joy et al., (2012b) en cordero lechal Churro Tensinos. La luminosidad del músculo es importante ya que los consumidores de corderos lechales esperan una carne clara, dado que los animales jóvenes tienden a presentar una carne más clara que los animales de mayor edad (Bañón et al., 2006). La clasificación visual del color del *R. abdominis* estuvo relacionada con la luminosidad (Tabla 3), observándose que la ex-

plotación con un color ligeramente más oscuro presentaba la menor luminosidad. Ripoll et al. (2012) observaron que hay una relación entre las categorías de color y la luminosidad, de manera que a medida que la carne era más roja, la luminosidad disminuía.

Calidad de la carne

La composición química de la carne se muestra en la Tabla 4. Se obtuvieron valores medios de $22,91 \pm 0,15\%$ de humedad, $1,84 \pm 0,12\%$ de grasa, $19,15 \pm 0,12\%$ de PB y $0,44 \pm 0,04\%$ de cenizas. El contenido en grasa intramuscular observado en este estudio es similar al observado en corderos lechales (Joy et al., 2012b) y corderos ligeros de 22-24 kg PV de raza Churra Tensina (Joy et al., 2008; Panea et al., 2011). En el presente estudio, ni la explotación ni el sexo tuvieron efecto significativo sobre la composición química de la carne ($P > 0,05$). Por el contrario, en un estudio realizado por Horcada et al. (1998) con corderos lechales de raza Latxa observaron diferencias en el contenido de grasa intramuscular debidas al sexo. Las diferencias existentes entre estudios podrían deberse a un efecto de la precocidad de la raza. La ausencia de diferencias entre sexos para la deposición de grasa intramuscular contrasta con el trabajo de Medel et al. (2002), aunque estos autores estudiaron corderos sacrificados a pesos algo mayores (16-18 kg de PV). Estas variaciones indicarían que la deposición de grasa se produciría a una edad y/o a un peso superior al peso de sacrificio realizado en el presente estudio, puesto que la grasa subcutánea e intramuscular son de deposición tardía (Kempster and Harrington, 1980; Wood et al., 1980). Ello justificaría la producción no diferenciada entre machos y hembras para obtener corderos lechales de raza Ojinegra de Teruel.

La textura instrumental de la carne (esfuerzo máximo) determinada a los dos días de maduración no estuvo afectada ni por el sexo ni

Tabla 4. Efecto de la explotación (Exp; A, B, C, D) y del sexo (Sex; H, hembra y M, macho) sobre la composición química (%) y la dureza instrumental (kg/cm²) del músculo *L. dorsi* de los corderos lechales de raza Ojinegra
 Table 4. Effect of farm (Exp; A, B, C, D) and gender (Sex; H, female and M, male) on chemical composition (%) and toughness (kg/cm²) of muscle *L. dorsi* of suckling lambs from Ojinegra breed

	Explotación				Sexo		EE ¹	Efecto [†]	
	A	B	C	D	H	M		Exp	Sex
n	16	16	16	16	32	32			
Materia seca (% MF)	23,05	22,54	23,19	22,85	23,07	22,75	0,262	NS	NS
Grasa intramuscular (% MF)	2,03	1,52	2,23	1,64	1,84	1,87	0,208	NS	NS
Proteína bruta (N x 6,25) (% MF)	19,19	19,15	18,94	19,30	19,28	19,00	0,216	NS	NS
Cenizas (% MF)	0,42	0,56	0,49	0,34	0,48	0,42	0,070	NS	NS
<i>Dureza instrumental a 2 días de maduración</i>									
Esfuerzo máximo (kg/cm ²)	4,24	3,66	3,63	2,60	3,55	3,51	0,208	NS	NS

[†]La interacción entre explotación y sexo fue no significativa en ninguna variable estudiada (P>0,05), NS = P>0,05. ¹EE = Error Estándar.

por la explotación (Tabla 4). El esfuerzo medio observado fue de 3,53 kg/cm². Sañudo *et al.* (1997) encontraron valores de 3,43 y 3,65 kg/cm² en corderos lechales de raza Awassi y Churra sacrificados a 10 kg de peso vivo. Estos mismos autores encontraron valores de 4,04 y 4,33 en corderos lechales de raza Castellana y Manchega sacrificados en las mismas condiciones. Bórnez *et al.* (2009), también en corderos lechales Manchegos, obtuvieron valores de 4 kg/cm² cuando se sacrificaron a 13 kg de peso vivo. Mayores valores encontraron Panea *et al.* (2010) en corderos lechales de raza Ansoñana (5,35-6 kg/cm²), y Vergara *et al.* (2005) en corderos de raza Manchega, cuyos valores oscilan entre 4,81-8,44. Santos (2007) observó valores muy superiores en corderos lechales de Churra da Terra Quente aunque en este caso no se llevó a cabo ningún tipo de maduración de la carne. Estos mismos autores tampoco encontraron diferencias entre sexos. Las diferencias observadas entre las distintas razas estudiadas podrían justificarse

por un efecto de la precocidad, ya que las razas más precoces suelen ser más tiernas, mientras que las diferencias entre sexos no suelen ser importantes en la calidad de este tipo de carnes (Sañudo *et al.*, 1998).

La composición en FA de la grasa intramuscular del músculo *L. dorsi* se muestra en la Tabla 5. En ninguno de los FA determinados se observó interacción entre la explotación y el sexo, excepto en el C18:3n3 (P<0,001). La explotación B presentó unas proporciones en dicho AG más elevadas que las restantes explotaciones (P<0,05) y con valores superiores para machos (2,562 vs. 1,729 en machos y hembras, respectivamente). En las explotaciones C y D, las proporciones de dicho AG fueron menores y la diferencia entre machos y hembras se redujo considerablemente (promedio de 1,005 y 0,898 en machos y hembras, respectivamente), mientras que en la explotación A, que registró la menor proporción, el valor de las hembras superó a los machos (0,485

vs. 0,663). El sexo del cordero lechal sólo tuvo efecto significativo sobre el C16:1 ($P<0,05$), C18:3n3 ($P<0,01$) y CLA9c-11t ($P<0,05$), observándose que los machos tenían mayor contenido de dichos FA. Miguélez et al. (2008) y Nudda et al. (2008) observaron un escaso efecto del sexo sobre el perfil de los AG de la carne de cordero lechal y en la de cabrito lechal, respectivamente. Joy et al. (2012a), estudiando el efecto del sistema de alimentación de las ovejas y el sexo de la cría sobre la calidad del cordero lechal, concluyeron que la producción de leche y el sistema de alimentación de la madre eran factores más determinantes que el sexo, especialmente cuando los animales están al inicio de su periodo de crecimiento. En el presente estudio se observó que el sexo tenía un efecto significativo en varios AG de cadena larga, aunque el único destacable es el C18:3n3, cuyo valor fue además dependiente de la explotación. Una vez más se observa que la explotación es un factor que influye en el perfil de AG, especialmente porque incluye la alimentación de la oveja, la cual determina el perfil de los AG de la carne de cordero lechal (Napolitano et al., 2002; Valvo et al., 2005).

En cuanto a las categorías de FA, se observó que el sexo sólo tuvo efecto sobre el porcentaje de CLA total (0,712% vs 0,791% en hembras y machos respectivamente; $P<0,05$). Panea et al. (2011), comparando machos y hembras de corderos lechales de raza Anson-tana, tampoco encontraron grandes diferencias sobre el perfil de AG del músculo, siendo únicamente significativos el C18:1n9t y el C22:6n3 (DHA). Miguélez et al. (2008), en un estudio con corderos de la IGP Lechazo de Castilla León, y Joy et al. (2012a), con corderos de la raza Churra Tensina, no encontraron ningún efecto del sexo sobre el contenido relativo de ningún FA de la grasa intramuscular. La composición química de la carne fue igual entre sexos (Tabla 4), lo cual estaría acorde con la ausencia de diferencias significativas por efecto del sexo sobre la mayoría de los FA que componen la grasa intramus-

cular. Las diferencias en el perfil de FA existentes entre los distintos estudios podrían deberse a diferencias del sistema de alimentación, que implica cambios entre sexos a nivel de la expresión de determinados genes relacionados con el metabolismo lipídico (Dervishi et al., 2012).

El factor explotación afectó a la mayoría de los FA (Tabla 5). La mayoría de los FA de cadena larga ($C>16$), especialmente los que actualmente se relacionan con la salud humana, se vieron afectados por la explotación, siendo de destacar el C18:1n11, C18:1n9c, C18:3n3, CLA9c-11t y los FA de cadena carbonada superior a 20. En cuanto a las categorías de FA, el lugar de procedencia de los animales tuvo un efecto significativo sobre MUFA, PUFA, CLA, PUFA $n-3$ y PUFA $n-6/n-3$ ($P<0,05$). Las diferencias de FA observadas entre explotaciones podría explicarse por la alimentación recibida por la madre, que está estrechamente correlacionado con la composición de FA de la leche (Chilliard et al., 2000; Elgersma et al., 2006) y, consecuentemente, con la de la carne de los corderos lechales (Valvo et al., 2005). Los mayores porcentajes en FA de cadena larga ($C>16$), PUFA, CLA, PUFA $n-3$ y menor proporción de MUFA y de PUFA $n-6/n-3$ se observan en la carne de los corderos de la explotación B. Esta explotación dispone de mayor cantidad de recursos forrajeros y, según un estudio de Valvo et al. (2005), las dietas forrajeras incrementan la proporción de CLA y PUFA $n-3$ en la leche y mejoran la composición de la carne de corderos lechales, debido a la presencia del FA 18:3 en los forrajes (Wood et al., 2003). Es por ello que el forraje ofertado a las ovejas durante la gestación y especialmente durante la lactación pudo favorecer el mayor contenido en CLA y PUFA $n-3$. En este sentido, Joy et al. (2012a) observaron que la composición de la grasa intramuscular del cordero lechal estaba afectada en gran medida por la dieta de la madres durante el post-parto, pero también por la del pre-parto, y afectaba principalmente al contenido en CLA.

Tabla 5. Efecto de la explotación (Exp; A, B, C, D) y del sexo (Sex; H, hembra y M, macho) sobre la composición de ácidos grasos de la carne de *Longissimus dorsi* de los corderos lechales de raza Ojinegra (%)
 Table 5. Effect of farm (Exp; A, B, C, D) and gender (Sex; H, female and M, male) on fatty acid composition of *Longissimus dorsi* of suckling lambs from Ojinegra breed (%)

	Explotación				Sexo		EE ⁶	Efecto [†]	
	A	B	C	D	H	M		Exp	Sex
n	16	16	16	16	32	32			
C8:0	0,069	0,060	0,075	0,085	0,075	0,069	0,0039	NS	NS
C10:0	0,887	0,706	0,735	0,827	0,827	0,751	0,0281	NS	NS
C11:0	0,026	0,025	0,02	0,020	0,023	0,022	0,0009	NS	NS
C12:0	1,049 ^a	0,808 ^b	0,786 ^b	0,917 ^{ab}	0,860	0,920	0,0267	**	NS
C13:0	0,050	0,042	0,035	0,042	0,043	0,042	0,0018	NS	NS
C14:0	6,351 ^a	5,082 ^b	5,240 ^b	5,942 ^{ab}	5,427	5,881	0,1815	*	NS
C14:1	0,424	0,358	0,341	0,408	0,363	0,402	0,0147	NS	NS
C15:0	0,552	0,558	0,510	0,551	0,541	0,544	0,0131	NS	NS
C15:1	0,258	0,234	0,216	0,231	0,224	0,246	0,0082	NS	NS
C16:0	23,24 ^a	21,09 ^b	21,57 ^b	23,31 ^a	22,14	22,46	0,2512	**	NS
C16:1	2,515	2,041	2,138	2,439	2,274 ^b	2,292 ^a	0,0834	NS	*
C17:0	0,783 ^b	0,904 ^a	0,827 ^b	0,829 ^{ab}	0,869	0,802	0,0151	*	NS
C17:1	0,750	0,766	0,791	0,734	0,776	0,745	0,0152	NS	NS
C18:0	12,05 ^{bc}	12,90 ^{ab}	13,01 ^a	11,81 ^c	12,49	12,39	0,1469	*	NS
C18:1n9t	0,549 ^b	0,736 ^a	0,607 ^{ab}	0,594 ^{ab}	0,616	0,627	0,0233	NS	NS
C18:1n11	0,481 ^b	1,214 ^a	0,623 ^b	0,750 ^b	0,759	0,775	0,0465	***	NS
C18:1n9c	34,42 ^{ab}	31,30 ^b	36,19 ^a	32,42 ^{ab}	33,72	33,44	0,3832	***	NS
C18:2n6t	0,712 ^{ab}	1,007 ^a	0,579 ^c	0,780 ^{ab}	0,730	0,810	0,0512	*	NS
C18:2n6c	6,844	8,136	7,115	8,102	7,735	7,363	0,2546	NS	NS
C18:3n6	0,109 ^b	0,147 ^a	0,072 ^c	0,093 ^{bc}	0,113	0,097	0,0054	***	NS
C18:3n3	0,574 ^c	2,198 ^a	0,990 ^b	0,912 ^b	1,047 ^b	1,291 ^a	0,0606	***	**
CLA9c-11t	0,430 ^c	0,789 ^a	0,520 ^b	0,491 ^{cb}	0,524 ^b	0,591 ^a	0,0145	***	*
C20:1n9	0,155 ^b	0,301 ^a	0,197 ^b	0,193 ^b	0,196	0,227	0,0118	***	NS
CLA10t12c	0,187	0,176	0,173	0,241	0,188	0,200	0,0099	NS	NS
C20:2	0,107 ^b	0,180 ^a	0,116 ^b	0,135 ^b	0,131	0,138	0,0055	***	NS

Tabla 5. Efecto de la explotación (Exp; A, B, C, D) y del sexo (Sex; H, hembra y M, macho) sobre la composición de ácidos grasos de la carne de *Longissimus dorsi* de los corderos lechales de raza Ojinegra (%) (continuación)
 Table 5. Effect of farm (Exp; A, B, C, D) and gender (Sex; H, female and M, male) on fatty acid composition of *Longissimus dorsi* of suckling lambs from Ojinegra breed (%) (continuation)

	Explotación				Sexo		EE ⁶	Efecto [†]	
	A	B	C	D	H	M		Exp	Sex
n	16	16	16	16	32	32			
C20:3n6	0,087 ^b	0,172 ^a	0,112 ^b	0,123 ^b	0,129	0,118	0,0073	**	NS
C22:1n9	0,102 ^b	0,158 ^a	0,122 ^{ab}	0,110 ^b	0,1301	0,114	0,0070	*	NS
C20:4n6	3,607	3,262	3,0172	3,788	3,648	3,267	0,1368	NS	NS
C20:3n3	0,428 ^b	0,723 ^a	0,499 ^b	0,487 ^b	0,532	0,537	0,0253	**	NS
C20:5n3	0,570 ^c	1,471 ^a	0,840 ^b	0,808 ^{bc}	0,916	0,929	0,0419	***	NS
C22:5n3	0,944 ^b	1,438 ^a	1,049 ^b	1,002 ^b	1,124	1,092	0,0373	***	NS
C22:6n3	0,690 ^b	1,026 ^a	0,739 ^b	0,836 ^{ab}	0,833	0,813	0,0331	**	NS
SFA ¹	45,06	42,17	42,80	44,32	43,29	43,88	0,393	NS	NS
MUFA ²	39,65 ^{ab}	37,10 ^b	41,22 ^a	37,87 ^b	39,06	38,87	0,447	*	NS
PUFA ³	15,29 ^a	20,73 ^a	15,97 ^b	17,80 ^{ab}	17,65	17,25	0,526	**	NS
UFA ⁴ /MUFA	1,23	1,37	1,34	1,26	1,31	1,29	0,020	NS	NS
CLA ⁵	0,616 ^c	0,965 ^a	0,693 ^{bc}	0,732 ^b	0,712 ^b	0,791 ^a	0,020 ^b	***	*
PUFA ³ n-3	3,21 ^c	6,86 ^a	4,12 ^b	4,05 ^b	4,45	4,66	0,154	***	NS
PUFA ³ n-6	11,36	12,72	11,05	12,89	12,35	11,65	0,410	NS	NS
PUFA ³ n-6/n-3	3,52 ^a	1,90 ^c	2,69 ^b	3,18 ^a	2,90	2,76	0,064	***	NS

[†]La interacción entre explotación y sexo fue no significativo en ninguna variable estudiada ($P > 0,05$), excepto en C18:3n3 ($P < 0,001$) y PUFA³n3 ($P < 0,05$). Letras distintas en una misma línea y efecto muestra que hay diferencias significativas entre grupos ($P < 0,05$), NS = $P > 0,05$; *** = $P < 0,001$; ** = $P < 0,01$; * = $P < 0,05$.

¹SFA: ácidos grasos saturados; ²MUFA: ácidos grasos monoinsaturados; ³PUFA: ácidos grasos poliinsaturados; ⁴UFA: ácidos grasos insaturados; ⁵CLA: ácido linoleico conjugado; ⁶EE = Error Estándar.

Conclusiones

De este trabajo se puede concluir que los corderos lechales de raza Ojinegra de Teruel presentan una canal y carne de calidad similar a los lechales de otras razas. No hubo grandes diferencias entre sexos que pudieran

afectar a su comercialización. No obstante, las diferencias entre canales de distintas explotaciones fueron importantes, por lo que se plantea la necesidad de definir las condiciones técnicas de producción para conseguir un producto homogéneo.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado gracias a la colaboración entre la Unidad de Tecnología en Producción Animal del CITA, el Centro de Transferencia Agroalimentaria del Gobierno de Aragón y la Asociación de Ganaderos de Raza Ojinegra (AGROJI). El trabajo ha sido financiado con fondos INIA-FEDER (PET2007-006-003). Ripoll-Bosch disfruta de una beca predoctoral INIA.

Bibliografía

- AOAC 2000. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemist. (17th ed.). Arlington, VA, USA.
- Arrufat A, 1982. Crecimientos medios de los corderos de raza Ojinegra. VII Jornadas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, Murcia, España, pp. 441-446.
- Bañón S, Vila R, Price A, Ferrandini E, Garrido MD, 2006. Effects of goat milk or milk replacer diet on meat quality and fat composition of suckling goat kids. *Meat Science*, 72(2), 216-221.
- Bligh EG, Dyer WJ, 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.* 37:911-917.
- BOA 2009. Normativa específica de la indicación geográfica protegida "Ternasco de Aragón". Boletín Oficial de Aragón (BOA) núm. 48, del 11 de marzo: 5423-5452.
- Bórnez R, Linares MB, Vergara H, 2009. Effects of stunning with different carbon dioxide concentrations and exposure times on suckling lamb meat quality. *Meat Science* 81 (3), 493-498.
- Chilliard Y, Ferlay A, Mansbridge RM, Doreau M, 2000. Ruminant milk fat plasticity: nutritional control of saturated, polyunsaturated, *trans* and conjugated fatty acids. *Annales de Zootechnie*, 49, 181-205.
- Colomer-Rocher F, Delfa R, Sierra I, 1988. Método normalizado para el estudio de los caracteres cuantitativos y cualitativos de las canales ovinas producidas en el área mediterránea según los sistemas de producción. *Cuadernos INIA* 17, 19-41.
- Dervishi E, Joy M, Álvarez-Rodríguez J, Serrano M, Calvo JH, 2012. The forage type (grazing vs hay pasture) fed to ewes and the lamb gender affect fatty acid profile and lipogenic gene expression in LM of suckling lambs. *Journal of Animal Science*, 90, 54-66.
- Díaz MT, Velasco S, Cañequé V, Lauzurica S, de Huidobro FR, Pérez C, González J, Manzanares C, 2002. Use of concentrate or pasture for fattening lambs and its effect on carcass and meat quality. *Small Ruminant Research*, 43(3), 257-268.
- DOCE 1994. Reglamento (CEE) n° 1278/94 del Consejo, de 30 de mayo de 1994, por el que se modifica el Reglamento (CEE) n° 2137/92 del Consejo, relativo al modelo comunitario de clasificación de canales de ovino. *Diario Oficial* n° 140, 3/6/1994. pp 5-6.
- Eikelenboom G, Hovingbolink AH, Hulsegge B, 1992. Evaluation of Invasive Instruments for Assessment of Veal Color at Time of Classification. *Meat Science*, 31(3), 343-349.
- Elgersma A, Tamminga S, Ellen G, 2006. Modifying milk composition through forage. *Animal Feed Science and Technology*, 131, 207-225.
- Flores N, Nuez T, Rodríguez J, Delgado I, 2002. Tipología de las explotaciones ovinas en el maestrazgo turolense. XXVII Jornadas Científicas y IV Internacionales de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia. 844-849. Valencia, España.
- Gandini G, Oldenbroek K, 2007. Strategies for moving from conservation to utilization. 29-54. In: Oldenbroek, K (Ed.). *Utilisation and conservation of farm animal genetic resources*. Wageningen Academic Publishers. Wageningen, The Netherlands.
- Gardner RW, Hogue DE, 1966. Milk production, milk composition and energetic efficiency of Hampshire and Corriedale ewes fed to maintain body weight. *Journal of Animal Science*, 25(3), 789-795.
- Goodchild AV, El-Awad AI, Gursoy O, 1999. Effect of feeding level in late pregnancy and early lac-

- tation and fibre level in mid lactation on body mass, milk production and quality in Awassi ewes. *Animal Science*, 68(1), 231-241.
- Horcada A, Beriain MJ, Purroy A, Lizaso G, Chasco J, 1998. Effect of sex on meat quality of Spanish lamb breeds (Lacha and Rasa Aragonesa). *Animal Science*, 67, 541-547.
- Joy M, Ripoll G, Delfa R, 2008. Effects of feeding system on carcass and non-carcass composition of Churra Tensina light lambs. *Small Ruminant Research* 78(1-3), 123-133.
- Joy M, Ripoll G, Molino F, Dervishi E, Álvarez-Rodríguez J, 2012a. Influence of the type of forage supplied to ewes in pre- and post-partum periods on the meat fatty acids of suckling lambs. *Meat Science*, 90(3), 775-782.
- Joy M, Sanz A, Ripoll G, Panea B, Ripoll-Bosch R, Blasco I, Álvarez-Rodríguez J, 2012b. Does forage type (grazing vs hay) fed to ewes before and after lambing affect suckling lambs performance, meat quality and consumer purchase intention? *Small Ruminant Research*, 104, 1-9.
- Juárez M, Horcada A, Alcalde MJ, Valera M, Polvillo O, Molina A, 2009. Meat and fat quality of unweaned lambs as affected by slaughter weight and breed. *Meat Science*, 83, 308-313.
- Kempster AJ, Harrington G, 1980. The value of 'fat-corrected' conformation as an indicator of beef carcass composition within and between breeds. *Livestock Production Science*, 7, 361-372.
- Lara S, Picazo R, Arrufat A, Abril F, 2000. Raza Ojinegra: Situación actual y perspectivas. XXV Jornadas SEO, Teruel, España. 235-240.
- Lepetit J, Culioli J, 1994. Mechanical-properties of meat. *Meat Science*, 36(1-2), 203-237.
- Medel I, Olleta JL, Guillen F, Garitazo I, Sañudo C, Sierra I, 2002. Características productivas y de composición tisular en dos razas ovinas y sus ecotipos dentro de la I. G. P. Ternasco de Aragón. XXVII Jornadas SEO, Valencia, España. 308-315.
- Miguélez E, Zumalacarregui JM, Osorio MT, Figueira AC, Fonseca B, Mateo J. 2008. Quality traits of suckling-lamb meat covered by the protected geographical indication "Lechazo de Castilla y Leon" European quality label. *Small Ruminant Research*, 77(1), 65-70.
- Napolitano F, Cifuni GF, Pacelli C, Riviezz AM, Girolami A, 2002. Effect of artificial rearing on lamb welfare and meat quality. *Meat Science*, 60(3), 307-315.
- Nudda A, Palmquist DL, Battaccone G, Fancellu S, Rassu SPG, Pulina G, 2008. Relationships between the contents of vaccenic acid, CLA and n - 3 fatty acids of goat milk and the muscle of their suckling kids. *Livestock Science*, 118(3), 195-203.
- Panea B, Joy M, Ripoll G, Boscolo J, Albertí P, 2010. Características de la canal y de la carne de lechal de raza Ansotana: efecto sexo. ITEA-Información Técnica Económica Agraria, 106(4), 229-244.
- Panea B, Carrasco S, Ripoll G, Joy M, 2011. Diversification of feedings systems for light lambs: sensory characteristics and chemical composition of meat. *Spanish Journal Agricultural Research*, 9(1), 74-85.
- Picazo R, Lara S, Fuentes P, González A, Herrera M, 2004. Raza ovina Ojinegra: Caracteres cuantitativos morfoestructurales. XXIX Jornadas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, Lleida, España, pp. 380-382.
- Ripoll G, Joy M, Muñoz F, Albertí P, 2008. Meat and fat colour as a tool to trace grass-feeding systems in light lamb production. *Meat Science* 80(2), 239-248.
- Ripoll G, Joy M, Sanz A, 2010. Estimation of carcass composition by ultrasound measurements in 4 anatomical locations of 3 commercial categories of lamb. *Journal of Animal Science*, 88(10), 3409-3418.
- Ripoll G, Albertí P, Joy M, 2012. Influence of alfalfa grazing-based feeding systems on carcass fat colour and meat quality of light lambs. *Meat Science*, 90, 457-464.
- Ripoll-Bosch R, Villalba D, Blasco I, Congost S, Falo F, Revilla R, Joy M, 2012a. Caracterización productiva de la raza Ojinegra de Teruel: ¿Es la explotación un factor determinante? ITEA-Información Técnica Económica Agraria, 108(3), 1-14.

- Ripoll-Bosch R, Álvarez-Rodríguez J, Blasco I, Picazo R, Joy M, 2012b. Producción de leche y crecimiento de corderos en la raza ojinegra de Teruel. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 108(3), 298-311.
- Santos VAC, Silva SR, Mena EG, Azevedo JMT, 2007. Live weight and sex effects on carcass and meat quality of "Borrego terrincho-PDO" suckling lambs. Meat Science 77 (4), 654-661.
- Sanz A, Álvarez-Rodríguez J, Cascarosa L, Ripoll G, Carrasco S, Revilla R, Joy M, 2008. Características de al canal de los tipos comerciales de cordero lechal, ternasco y pastenco en la raza Churra Tensina. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 104(1), 42-57.
- Sañudo C, Campo MM, Sierra I, María GA, Olleta JL, Santolaria P, 1997. Breed effect on carcass and meat quality of suckling lambs. Meat Science, 46, 357-365.
- Sañudo C, Sánchez A, Alfonso M, 1998. Small ruminant production systems and factors affecting lamb meat quality. Meat Science, 49(1), 29-64.
- Sierra I, 2002. Razas aragonesas de ganado. Gobierno de Aragón, Departamento de Agricultura. Zaragoza, España. p. 125.
- Tor M, Gosálvez LF, Delfa R, Estavillo S, 1999. Efecto de la raza sobre la composición del tejido adiposo en el Ternasco de Aragón. XXIV Jornadas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, Soria, España, pp. 419-423.
- Torres-Hernández G, Hohenboken W, 1980. Relationships between ewe milk production and composition and preweaning lamb weight gain. Journal of Animal Science, 50, 597-603.
- Treacher TT, 1970. Effects of nutrition in late pregnancy on subsequent milk production in Ewes. Animal Production, 12, 23-36.
- Valvo MA, Lanza M, Bella M, Fasone V, Scerra M, Biondi L, Priolo A, 2005. Effect of feeding system (grass v. concentrate) on intramuscular fatty acids of lambs raised exclusively on maternal milk. Animal Science, 81, 431-436.
- Vergara H, Linares MB, Verruga MI, Gallego L, 2005. Meat quality in suckling lambs: effect of pre-slaughter handling. Meat Science 69 (3), 473-478.
- Wood JD, McFie HJH, Pomeroy RW, Twinn DJ, 1980. Carcass composition in four sheep breeds: the importance of type of breed and stage of maturity. J. Anim. Prod. 30, 135-152.
- Wood JD, Richardson RI, Nute GR, Fisher AV, Campo MM, Kasapidou E, Sheard PR, Enser M, 2003. Effects of fatty acids on meat quality: a review. Meat Science, 66, 21-32.
- Wyszecki G, Styles WS, 1982. Color science. Concepts and methods: quantitative data and formula, 2nd Ed. John Wiley, NY, EEUU.

(Aceptado para publicación el 14 de mayo de 2012)

Búsqueda de indicios de un gen mayor para prolificidad en cuatro razas ovinas españolas

R. Muñoz¹ y J.J. Jurado

Dpto de Mejora Genética Animal. INIA, Ctra de la Coruña km 7,500. 28040 Madrid

Resumen

En la especie ovina se han identificado diez alelos relacionados con una mayor tasa de ovulación y prolificidad. El uso de éstas u otras posibles mutaciones, puede ser una importante herramienta para incrementar el progreso genético del carácter. En este trabajo se muestran indicios de la posible existencia de un gen mayor afectando la prolificidad en ovinos. Se analizaron las características fenotípicas de cuatro razas ovinas españolas mediante la aplicación de un protocolo de cinco pasos: valoración genética de reproductores, análisis de la distribución de la prolificidad, análisis de la prolificidad dentro de grupos familiares, estimación de la repetibilidad en animales sugerentes y un análisis estadístico. Se encontraron machos posibles portadores de un gen mayor en la raza Manchega. Los resultados corresponden a una primera aproximación hacia la detección e identificación de un gen mayor que pudiera estar afectando a la prolificidad de esta raza.

Palabras clave: Ovinos, Genética, Tamaño de camada, Raza Manchega.

Abstract

Search of evidence of a major gene for prolificacy in four Spanish sheep breeds

In sheep have identified ten alleles are associated with increased ovulation rate and prolificacy. The use of these or other possible mutations may be an important tool to increase the genetic progress of the prolificacy. In this paper we show evidence of the possible existence of a major gene affecting prolificacy in sheep. We analyzed the phenotypic characteristics of four Spanish sheep breeds by implementing a five-step protocol: genetics evaluation of animals, analysis of the distribution of prolificacy, analysis of prolificacy within family groups, estimation of repeatability in animals suggestive and statistical analysis. Males were potential carriers of a major gene in Manchega breed. These results are a first approximation to the detection and identification of a major gene that could be affecting the prolificacy of this breed.

Key words: Sheep, Genetic, Litter size, Manchega breed.

Introducción

Desde la detección del primer gen mayor que afecta la prolificidad en el ganado ovino, en la década de los 80, se han identificado

diez alelos distintos en diversas razas alrededor del mundo (Davis, 2005, Jurado *et al.*, 2012) y existen otros no identificados todavía (Bodin, 2006). En el año 2007, Jurado y colaboradores informaron de la detección

1. Autor para correspondencia: rubenagro@gmail.com

de un posible nuevo gen responsable del incremento de la prolificidad de ovejas raza Rasa-Aragonesa. El nuevo "gen mayor" fue identificado como un alelo más del gen *BMP15* (Martínez-Royo *et al.*, 2008), y fue denominado *FecX^R* (y ROA como nombre comercial). Dicho alelo incrementa la prolificidad de las ovejas en $0,32 \pm 0,048$ corderos por oveja y parto (Jurado *et al.*, 2008), lo que se traduce en mejores resultados económicos (Pardos *et al.*, 2010). El gen está localizado en el cromosoma X por lo que los machos hemigóticos para el alelo transmiten siempre a sus hijas el alelo favorable. Las hembras homocigóticas para el alelo *FecX^R* son estériles, mientras que las heterocigotas son más prolíficas que las homocigóticas para el alelo salvaje, que tienen una prolificidad acorde con la media de la raza (Jurado *et al.*, 2008). Es una característica muy llamativa que las mutaciones del gen *BMP15*, así como las del *GDF9*, provocan esterilidad en hembras homocigóticas (Jurado *et al.*, 2012) aspecto que debe tenerse en cuenta en el momento de detectar animales portadores y posteriormente identificar el gen responsable.

Debido a que la prolificidad es un carácter poco heredable, el progreso genético conseguido por el método de selección tradicional es lento, por esta razón el uso de genes mayores puede ser una importante herramienta para incrementar el progreso genético de este carácter (Smith, 1985). La presencia de estos genes en varias razas y en particular el hallazgo de uno de ellos en una raza ovina Española, ha motivado nuestro interés por buscar indicios o señales de la presencia de un gen mayor en distintas razas ovinas españolas. De esta forma, el objetivo del presente estudio fue analizar la prolificidad de cuatro razas ovinas españolas con el fin de identificar animales que pudieran ser portadores de un gen mayor para prolificidad.

Material y métodos

El estudio se realizó en cuatro razas ovinas presentes en España. Éstas fueron Rasa-aragonesa, Navarra, Manchega y Assaf. Se trabajó con los datos de producción y registros genealógicos de los programas de mejora de cada una de las razas los cuales fueron proporcionados por la Cooperativa de Carnes Oviaragón, Asociación Nacional de Criadores de Raza Navarra (ARANA), Asociación nacional de Criadores de Ganado Ovino Selecto de Raza Manchega (AGRAMA) y la Asociación Nacional de Criadores de Ganado Ovino de Raza Assaf (ASSAF.E).

Se estableció una metodología que consideraba cinco pasos la cual se aplicó por separado en cada una de las razas estudiadas. Cada paso consistió en un análisis particular de los datos que buscaba obtener señales o indicios de que algún macho fuese portador de un gen mayor a través del análisis de la prolificidad de las hijas. Tras la aplicación de este protocolo, los machos que presentaran una mayor cantidad de indicios se consideraron MACHOS CANDIDATOS. En el caso particular de la raza Rasa-aragonesa, se analizaron animales que no fueran portadores del alelo *FecX^R*, con el objetivo de identificar posibles machos portadores de otro alelo asociado a una prolificidad diferente a *FecX^R*. Los pasos de la metodología se detallan a continuación en el orden en que fueron aplicados.

1º Paso: Valoración genética para prolificidad. Se realizó una valoración genética para prolificidad mediante metodología BLUP con objeto de centrar nuestra búsqueda en los machos genéticamente superiores para este carácter. Se utilizó un modelo animal con medidas repetidas y se establecieron grupos genéticos para los individuos con padres desconocidos. El modelo describe cada observación fenotípica y como se muestra a continuación.

$$y = Xb + ZMg + Zu + Qp + e$$

Donde **y** es la prolificidad de cada oveja en un parto determinado, **b** es un vector que contiene los efectos fijos considerados y que se muestran en la tabla 1, **g** es el vector que contiene los grupos genéticos establecidos, **u** es el vector del efecto genético aditivo de cada animal y **p** un vector que contiene el efecto ambiental permanente. **X**, **Z**, y **Q** son las matrices de incidencia de **b**, **u** y **p** respectivamente. **Mg** es la matriz de incidencia de los grupos genéticos y **e** es el vector de residuos aleatorios. Para realizar las valoraciones genéticas se utilizó el programa BLUP-AM de Jurado *et al.*, (1991) y para llevar a cabo

Tabla 1. Efectos fijos y sus niveles en cada una de las razas
Table 1. Fixed effects and levels in each of the breeds

Efecto fijo	¹ Aragonesa	Navarra	Manchega	Assaf
Rebaño-año-estación	9.616	4.515	5.219	5.275
Lactación-edad	–	–	113	–
Modo de cubrición	6 *	–	2 **	–
Edad del animal	–	3	–	–
Tratamiento hormonal	–	2**	–	–
Intervalo entre partos	4	–	3	4
Número de lactación	–	–	–	6
Número de partos	10	–	–	–
Genotipo para el alelo <i>FecX^R</i>	3	–	–	–

¹ Aragonesa: Rasa-aragonesa
* Sincronización sin inseminación artificial (IA), sincronización con IA, monta natural, retorno tras sincronización sin IA, retorno tras sincronización con IA y desconocido.
** Uso de hormonas y sin uso de hormonas.

los análisis de estima de las componentes de varianza se utilizó el paquete estadístico VCE-6 de Groeneveld *et al.*, (2008).

Una vez realizada la valoración, se ordenaron los machos en función de su valor genético. Luego se construyó un catálogo con los machos mejor valorados agregando información relativa al tipo de parto de sus hijas. Con esta información se eligieron para continuar con el siguiente paso aquellos machos con valor genético elevado, es decir, que estuviera dentro del 30% de los machos mejor valorados, y cuyo porcentaje de partos dobles de sus hijas fuera superior al de partos simples, así como también, aquellos que presentaran un porcentaje llamativo de partos triples.

2º Paso: Análisis de la distribución de frecuencias de la prolificidad de las hijas. Para cada uno de los machos elegidos en el paso precedente, se buscaron todas sus hijas que tuvieran tres o más partos registrados, se calculó la prolificidad media de cada una de ellas y se construyó una gráfica de distribución de frecuencias de dicha prolificidad. Igualmente, para todas las ovejas de la raza que se estuviera analizando, se construyó el

mismo tipo de gráfica. De esta forma si la distribución de la prolificidad de las hijas de un macho presentaba un patrón claramente distinto a la distribución de la población, este macho se consideraba pre-candidato y se analizaba en todos los restantes pasos del protocolo establecido.

3º Paso: Análisis de parientes. Este paso consistió en observar la prolificidad de los parientes más cercanos de los machos pre-candidatos. Se buscaron los padres, abuelos, y los respectivos descendientes de estos y se construyó un diagrama familiar en el que se observaba y comparaba de forma visual la prolificidad media y valor genético de estos parientes. En el caso de los parientes machos, la prolificidad aludida correspondía a la prolificidad media de sus hijas. Se comparaba la prolificidad y valor genético del macho pre-candidato con la de sus padres, sus abuelos, medios hermanos, tíos y la de sus hijos(as) y se observaba si existían diferencias importantes en estos parámetros que hicieran pensar que un gen mayor estuviera segregando. Este análisis simple de los parientes de un macho se basa en el supuesto de que los genes mayores causan grandes diferencias entre animales con diferente genotipo, y que estas diferencias pueden ser reconocidas mediante el análisis de la estructura de parentesco utilizando la información fenotípica (Montaldo y Kinghorn, 2000).

4º Paso: Estimación de la repetibilidad de cada macho. Para cada pre-candidato se estimó la repetibilidad del tamaño de camada de los partos de sus hijas. Para ello se realizó un análisis de varianza considerando las hijas de un macho como efecto aleatorio. Se obtuvo las componentes de varianza entre y dentro de hijas y la repetibilidad se estimó como el cociente de la varianza entre hijas y la varianza total. Varios autores coinciden en que una alta repetibilidad del tamaño de camada sugiere un posible efecto de un gen mayor (Malher y Le Chère, 1998; Bodin *et al.*, 2002; Davis, 2005). El modelo utilizado con-

sidero el tamaño de camada observado en cada parto, sin corregir por los efectos ambientales. Este se detalla a continuación:

$$y_{ij} = \mu + h_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

y_{ij} es el tamaño de camada del j -ésimo parto de la i -ésima hija

μ es la media general del carácter

h_i es la contribución aleatoria de la i -ésima hija

ε_{ij} es el efecto residual

5º Paso: Análisis estadístico. Se realizó una comparación estadística entre los machos precandidatos y el resto de los machos de la población. Para ello se realizó un análisis de varianza factorial y un test de Tukey como análisis a posteriori. Se fijó un nivel de significación del 1%. La variable analizada fue el tamaño de camada de cada una de las hijas de los machos. A continuación se detalla el modelo empleado:

$$Y_{ijk} = \mu + M_i + H_j + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} es el tamaño de camada de la hija del i -ésimo macho en el j -ésimo rebaño

μ es la media general del carácter

M_i es el efecto i -ésimo macho

H_j es el efecto del j -ésimo rebaño

ε_{ijk} es el efecto residual

Resultados y discusión

Tras la aplicación de la metodología establecida a cada una de las razas se encontraron cinco machos candidatos, todos ellos en la raza Manchega. En la raza Rasa-aragonesa no se encontraron machos con características sugerentes de la presencia de un gen mayor

en animales que no fueran portadores del alelo *FecX^R*. En la raza Assaf se observaron varios machos prolíficos, sin embargo, el bajo número de hijas con que contaban y la escasa información de parientes no fueron determinantes para considerarlo como machos candidatos.

Los machos considerados candidatos presentaron varios indicios que nos instan a pensar en que pudieran ser portadores de un gen mayor para prolificidad. Todos ellos presentan un valor genético elevado y la prolificidad media de sus hijas es más elevada que la media de las hijas del resto de los machos de la población. La tabla 2 muestra los machos candidatos junto con los valores de prolificidad mencionados.

Las distribuciones de frecuencias de la prolificidad de las hijas de los machos candidatos si-

guieron un patrón diferente al de la población. En esta última se observa solo una frecuencia máxima, la que se produce en una prolificidad de 1,40, mientras que en las distribuciones de los candidatos se observan dos frecuencias máximas apareciendo algunas de ellas con prolificidades más elevadas como 1,8 y 2,0. La figura 1 muestra las distribuciones de la población y la de cada uno de los candidatos. En términos generales, cuando un gen tiene un "efecto grande" sobre un carácter se altera la variación continua del mismo.

Una mutación mendeliana clásica implica un efecto mayor a tres desviaciones típicas fenotípicas (σ_p) sobre la media poblacional del carácter, sin embargo, en el contexto de los caracteres cuantitativos, efectos de 0,5 – 1,0 desviaciones típicas sobre la media son considerados "grandes". Cuando el efecto es ma-

Tabla 2. Machos seleccionados como candidatos en raza Manchega y sus valores de prolificidad, valor genético y repetibilidad
Table 2. Males selected as candidates in Manchega breed and values of prolificacy, breeding value and repeatability

Individuo	n	PROLF	DS	IC	VG	r_i
MACH701	239	1,72 a	0,70	[1,60 – 1,83]	0,1882	0,16
MACH702	90	1,69 a	0,68	[1,50 – 1,88]	0,0119	0,04
MACH703	91	1,62 ab	0,76	[1,41 – 1,82]	0,0730	0,18
MACH704	160	1,59 ab	0,66	[1,45 – 1,72]	0,0309	0,08
MACH705	243	1,56 ab	0,55	[1,46 – 1,65]	0,1105	0,05
MNORMAL	158.988	1,48 b	0,57	[1,47 – 1,48]	–	0,02

n: número de registros de partos

PROLF: Prolificidad

DS: Desviación típica

IC: Intervalo de confianza para la media al 99%

VG: Valor genético

r_i : Coeficiente de repetibilidad

MNORMAL: Resto de los machos de la población

Diferentes letras indican diferencias significativas ($P < 0,01$)

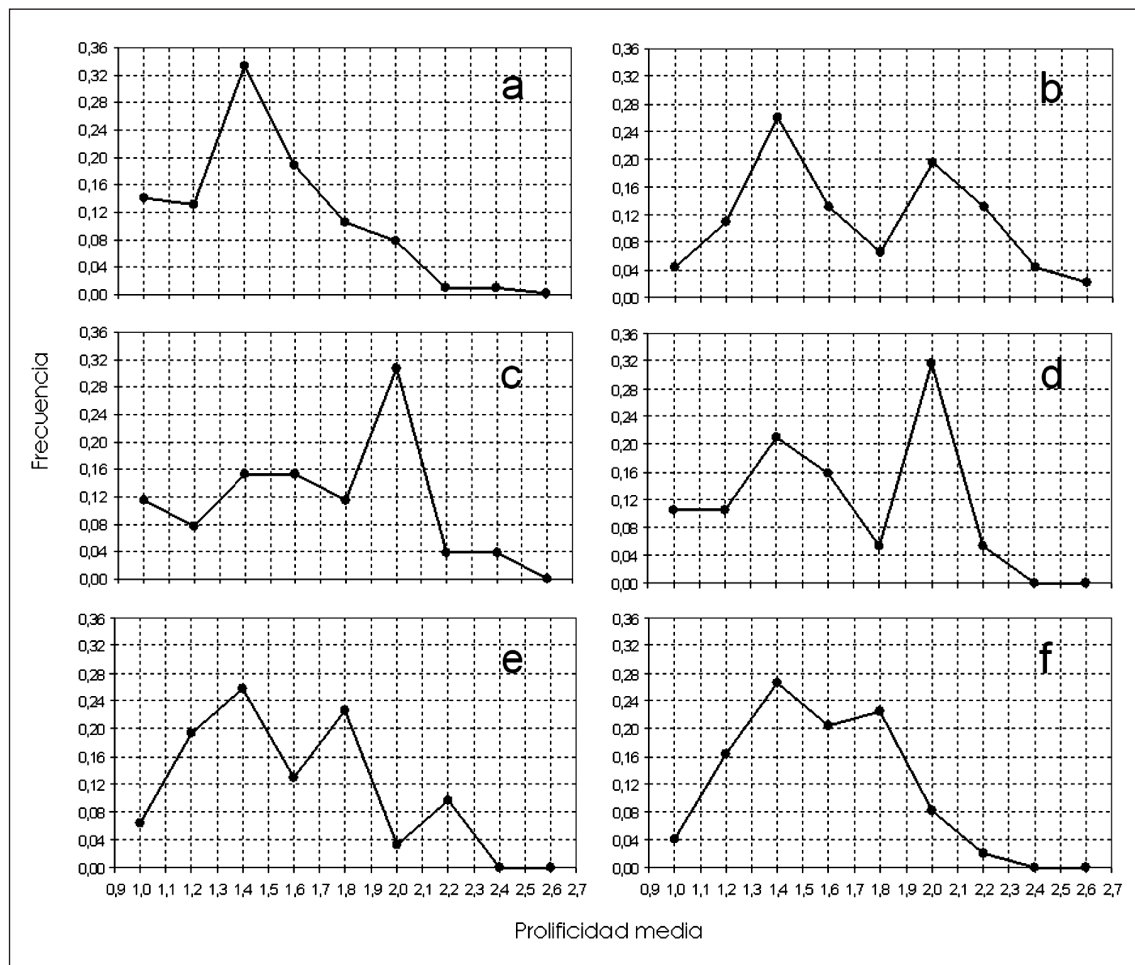


Figura 1. Distribución de frecuencias de la prolificidad de todas las ovejas de la población manchega (a) y de las hijas de los machos candidatos MACH701 (b), MACH702 (c), MACH703 (d), MACH704 (e) y MACH705 (f).

Figure 1. Frequency distribution of prolificacy of all ewes in the population of Manchega (a) and daughters of male candidates MACH701 (b), MACH702 (c), MACH703 (d), MACH704 (e) and MACH705 (f).

yor a $3\sigma_p$ se pueden producir distribuciones multimodales y cuando el efecto es menor se puede detectar una falta de normalidad en la distribución (Falconer y Mackay, 1996). Esta característica fue observada también en los estudios previos a la identificación del alelo *FecX^R* en la población Rasa-aragonesa,

donde Jurado y Calvo (2007) observaron que los machos, que posteriormente fueron confirmados para el alelo en cuestión, presentaban gráficas de la prolificidad de sus hijas con dos picos claramente marcados.

Por otra parte, el análisis de la estructura de parentesco mostró importantes diferencias

fenotípicas entre los familiares de los machos candidatos. La tabla 3 muestra los parientes de cada candidato que mostraron mayores diferencias en prolificidad. En este sentido, creemos destacable que medios her-

manos difieran tanto en prolificidad, como el caso del candidato MACH703 y su hermano MACH327, las hermanas por parte de madre del macho MACH704 o las hermanas de la madre del candidato MACH705. La diferencia

Tabla 3. Machos candidatos y parientes que presentaron mayores diferencias en prolificidad
Table 3. Males candidates and relatives who have greater differences in prolificacy

Individuo	Parentesco	VG	PROLF
MACH701	Candidato	0,1882	1,72
HEMB148	Madre	0,0299	1,75
HEMB143	Hermana por parte de madre	0,0496	1,25
HEMB189	Hermana por parte de madre	0,0682	1,67
MACH702	Candidato	0,0119	1,69
MACH268	Hermano por parte de padre	0,0163	1,86
HEMB213	Hermana del padre	-0,0142	1,33
HEMB201	Hermana del padre	0,0489	2,25
MACH703	Candidato	0,0730	1,62
MACH327	Hermano por parte de padre	-0,0553	1,33
HEMB318	Hermana del padre	0,0575	1,88
HEMB938	Hermana del padre	0,0248	1,00
MACH704	Candidato	0,0309	1,59
HEMB405	Madre	0,0334	2,00
HEMB429	Hermana por parte de madre	0,0840	2,75
HEMB432	Hermana por parte de madre	-0,0849	1,14
MACH705	Candidato	0,1105	1,56
MACH526	Hermano por parte de padre	0,0091	1,38
HEMB541	Madre	0,1287	2,33
HEMB538	Hermana por parte de madre	0,1070	2,29
HEMB587	Hermana de la madre	-0,0013	1,33
HEMB578	Hermana de la madre	-0,0061	1,00

VG: Valor genético

PROLF: Prolificidad

en prolificidad también se correspondía con los valores genéticos de dichos parientes. Se observó que los parientes con mayor prolificidad tenían mayores valores genéticos y aquellos con baja prolificidad, valores genéticos bajos o negativos. Al respecto, Martínez-Royo *et al.* (2008) estudiaron en Rasa-aragonesa la relación entre valores genéticos elevados y la presencia del alelo *FecX^R* encontrando una asociación entre los valores genéticos más altos y ovejas que posteriormente fueron confirmadas heterocigotas para el alelo. También analizaron los animales que poseían los valores genéticos más bajos y en ningún caso se detectó el alelo favorable.

Otro aspecto a considerar es el mayor coeficiente de repetibilidad que presentan los candidatos respecto del resto de los machos de la población, sobre todo el de los machos MACH701, MACH703 y MACH704, como se muestra en la tabla 2. Estudios similares (Davis *et al.*, 1991; Malher y Le Chère, 1998; Bordin *et al.*, 2002) han utilizado este índice a nivel de tasa de ovulación para demostrar la presencia de un gen mayor. En estos estudios, los altos valores de algunos machos eran similares a los obtenidos en estudios con razas en que sí segregan genes mayores para prolificidad y, por tanto, concluyeron que era muy probable que un gen con gran efecto sobre la tasa de ovulación estuviera segregando en esas poblaciones.

Respecto de la posibilidad de existencia de un gen mayor ligado al cromosoma X, no se observaron las características típicas del modo de herencia de este tipo de genes, aunque no se podría descartar con seguridad la existencia de alguno de ellos si los hubiere, ya que la mayoría de éstos causa infertilidad de las hembras que estén en homocigosis y, por tanto, es muy probable que en esa condición sean desechadas por los ganaderos y, en consecuencia, no consideradas en el registro de producciones. Lo que se observó en este estudio fue la transmisión de un posible gen

autosómico, ya que hijos de un determinado macho diferían de forma importante en prolificidad. Esta diferencia quedó de manifiesto al observar sus gráficas de distribución de frecuencias, que presentaban dos picos en hijos prolíficos y uno en aquellos con prolificidad normal. Ésto nos hace pensar que de existir un gen en esos individuos, pudieran haberlo heredado del padre, dado que por vía materna no se encontró evidencia para pensar lo contrario. Esta característica solo es posible en caso de que el gen no se encuentre ligado al cromosoma X.

Conclusiones

Si bien las características o indicios encontrados en estos machos, por sí solas o en su conjunto, no constituyen una evidencia concreta de la presencia de un gen mayor, si podemos concluir lo siguiente:

- a) Existen indicios de la posible existencia de un gen mayor en cinco machos de la raza Manchega.
- b) Se sugiere el genotipado de los candidatos y/o de alguno de sus parientes para determinar la presencia/ausencia de algún polimorfismo de los genes mayores que hasta la actualidad se han identificado.
- c) El presente estudio corresponde a una primera aproximación para posteriormente utilizar métodos mas refinados sobre los animales candidatos, como el análisis de segregación y/o el uso de herramientas de genética molecular.

Agradecimientos

Trabajo correspondiente a parte de la tesis de master presentada en la Universidad Politécnica de Valencia el 21/09/2011. Los autores

agradecen a la Cooperativa de Carnes Oviaragón, Asociación Nacional de Criadores de Raza Navarra (ARANA), Asociación nacional de Criadores de Ganado Ovino Selecto de Raza Manchega (AGRAMA) y la Asociación Nacional de Criadores de Ganado Ovino de Raza Assaf por facilitar las bases de datos para el estudio y a la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica de Chile (CONICYT) por la financiación.

Bibliografía

- Bodin L, SanCristobal M, Lecerf F, Mulsant P, Bibe B, Lajous D, Belloc JP, Eychenne F, Amigues Y, Elsen JM, 2002. Segregation of a major gene influencing ovulation in progeny of Lacaune meat sheep. *Genet. Sel. Evol.* 34: 447-464.
- Bodin L, 2006. Genes mayores en ganado ovino, implicaciones en la reproducción. *Revista Pequeños Rumiantes* 7 (3): 38-45.
- Davis GH, McEwan JC, Fennessy PF, Dodds KG, Farquhar PA, 1991. Evidence for the presence of a major gene influencing ovulation rate on the X-chromosome of sheep. *Biol. Reprod.* 44: 620-624.
- Davis GH, 2005. Major genes affecting ovulation rate in sheep. *Genet. Sel. Evol.* 37(Suppl 1): S11-S23.
- Falconer DS, Mackay TFC, 1996. *Genética cuantitativa*. Cuarta edición. ACRIBIA, S.A. Zaragoza, España.
- Groeneveld E, Kovač, M, Mielenz N, 2008. *VCE User's guide and reference manual*. Version 6.0
- Jurado JJ, Hernández D, Serrano M, 1991. Catálogo de software de interés en agricultura. Programa 248 BLUP-AM. p. 142. Fundesco, IRYDA, MAPA. España.
- Jurado JJ, Calvo JH, 2007. ¿Un gen de gran efecto para prolificidad en raza Raza-Aragonesa? *ITEA* 28: 504-506.
- Jurado JJ, Martinez-Royo A, Calvo JH, 2008. Efecto fenotípico del alelo BMP15/FecX^R en la prolificidad de la población de CarnesOviaragón S.C.L. *ITEA* 104 (2): 149-154.
- Jurado JJ, Calvo JH, Muñoz R, 2012. Variantes génicas de alta prolificidad. *Revista Albeitar* 155. pp. 12-13.
- Martinez-Royo A, Jurado JJ, Smulders JP, Marti JJ, Alabart JL, Roche A, Fantova E, Bodin L, Mulsant P, Serrano M, Folch J, Calvo JH, 2008. A deletion in the bone morphogenetic protein 15 gene causes sterility and increased prolificacy in Rasa Aragonesa sheep. *Anim. Genet.* 39: 294-297.
- Malher X, Le Chere AK, 1998. High prolificacy in Belle-Ile sheep (Brittany, France): major effects of a putative single gene and the Awh colour gene on ovulation rate and litter size. *Reprod. Nut. Dev.* 38: 473-484.
- Montaldo H, Kinghorn B, 2000. Detección y uso de genes mayores en animales. *Acta Universitaria* 10 (2): 9-17.
- Pardos L, Fantova E, Bru CH, Buñuel M, Cuartielles I, Larraz V, 2010. Influencia de la presencia del alelo ROA y de la selección por prolificidad poligénica en los resultados económicos de explotaciones ovinas de carne en Aragón. p. 461-465. EN: XXXV Congreso de la sociedad española de ovinotecnia y caprinotecnia (SEOC). Valladolid, 22, 23 y 24 de Septiembre de 2010. Valladolid, España.
- Smith C, 1985. Utilization of major genes. p.151-158. EN: Land, R.B. y Robinson, D.W. (Eds.). *Genetics of Reproduction in Sheep*. Butterworths. Londres, Inglaterra.

(Aceptado para publicación el 18 de junio de 2012)

Perspectivas de una carne de calidad diferenciada: análisis exploratorio para la carne de vacuno "Serrana de Teruel"

A. Olaizola^{*,1}, A. Bernúes^{**}, I. Blasco^{**} y A. Sanz^{**}

* Universidad de Zaragoza, Miguel Servet 177, 50013 Zaragoza

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

Resumen

La producción de vacuno de carne en España se encuentra inmersa en una difícil situación económica en la actualidad. En este contexto, se ha analizado los condicionantes de producción, limitaciones y estrategias de comercialización de una hipotética nueva carne de vacuno con denominación de calidad ("Serrana de Teruel") y se ha estudiado posibles divergencias entre las opiniones de los diferentes operadores o eslabones de la cadena de valor de carne de vacuno. Se seleccionó un panel de 47 expertos del área geográfica de influencia de la raza que incluía representantes de los diferentes eslabones de la cadena, desde la producción hasta el consumidor. Según las opiniones recogidas del grupo de expertos, mediante el método Delphi, la estrategia más importante para hacer frente a los problemas del sector de vacuno de carne y, a un entorno económico crecientemente competitivo, sería la diferenciación mediante una marca de calidad. Los factores más importantes de la producción de la carne "Serrana de Teruel" serían el uso de pastos y el mantenimiento del paisaje. La duración del periodo de cebo y la maduración de la carne destacaban como factores que influyen en la calidad de la carne. Desde la perspectiva del consumidor, la confianza en el carnicero era una señal de calidad muy importante. Ante un lanzamiento de la carne "Serrana de Teruel", sería conveniente llevar a cabo campañas de promoción promovidas por la administración, concentrándolas en los puntos de venta, y dirigir acciones de comunicación a los consumidores.

Por otro lado, se ha observado notables divergencias en las opiniones de los diferentes operadores de la cadena. Es de destacar que la presencia de una certificación de calidad es más importante para productores y consumidores que para la industria o la administración.

A pesar del carácter prospectivo de los resultados obtenidos en este trabajo y del reducido número de expertos encuestados, se puede concluir que el pliego de condiciones de carne "Serrana de Teruel" debería incluir ciertos atributos extrínsecos y de confianza del producto, sobre todo aquellos referidos a un sistema de producción vinculado al uso de pastos naturales, y por tanto, al paisaje y al territorio donde se produce la carne.

Palabras clave: Vacuno de carne, atributos de calidad, operadores, método Delphi.

Abstract

Prospects for a meat quality designation: exploratory analysis for "Serrana de Teruel" beef

The production of beef in Spain is currently facing a difficult economic situation. In this context, we have analyzed the critical factors of production systems, and the limitations and marketing strategies for a hypothetical new beef quality label ("Serrana de Teruel"). To do so, we have analyzed the differences between the views and opinions of various operators of the value chain of beef. We selected a panel

1. Autor para correspondencia: olaizola@unizar.es

of 47 experts in the geographical area of influence of Serrana de Teruel breed, including representatives of the various stages in the chain, from production to consumption. A Delphi method allowed collecting the data and analyzing the opinions of the experts. The most important strategy to address the problems of the beef industry and the competitive economic environment was the differentiation through a quality brand. The most important factors to produce "Serrana de Teruel" beef were the use of pastures linked to the maintenance of cultural landscape. The duration of the fattening period and the maturation of meat were the factors that mostly influenced meat quality. From the consumer perspective, the confidence in the butcher was the most important quality cue. Before launching a new "Serrana de Teruel" quality beef it would be advisable to engage in promotional campaigns, concentrating in retail outlets, and on direct communication schemes to consumers.

There were notable differences in the views of the various operators in the value chain. We can remark that quality certification was less important for industry and administration representatives than for producers and consumers.

Differentiation by a quality designation was the best strategy to address the competitive environment of beef industry. Despite the prospective nature of the results and the small number of experts surveyed, it can be concluded that the specifications of "Serrana de Teruel" quality beef should include certain extrinsic attributes of credence quality cues, especially those referred to a production system linked to the use of natural resources, i.e. the landscape and territory where the meat is produced.

Key words: Beef, quality attributes, stakeholders, Delphi method.

Introducción

En general, existe un amplio consenso sobre el entorno crecientemente competitivo y en constante evolución en el que se encuentran inmersas las empresas agrarias, debido a diversas tendencias (saturación de los mercados, concentración de la distribución, estancamiento del consumo, demanda cada vez más fragmentada y menos consistente, etc.) (Grunert *et al.*, 1998), y a los cambios que se producen en la sociedad en general (Verbeke *et al.*, 2005).

Por otro lado, en la actualidad las producciones ganaderas, y en concreto la producción de vacuno de carne, se encuentran sometidas a una compleja situación debido entre otras razones al incremento de los precios de las materias primas y de la energía (Langreo y Benito, 2008). Este incremento en los precios de los insumos puede tener consecuencias importantes e inmediatas en los sistemas extensivos, como las explotaciones de cría de vacuno de carne (Bernúes *et al.*, 2011). Así

mismo, las políticas agrarias tienen una gran influencia en los sistemas ganaderos europeos, determinando su evolución. Si bien la PAC ha estado inmersa en un proceso de reforma desde 1992, la reforma de 2003 que planteaba el desacoplamiento de las ayudas, acentuándose en el "Chequeo Médico" de 2008, supone un cambio sin precedentes que plantea interrogantes sobre la posible respuesta de las explotaciones ganaderas (Matthews *et al.*, 2006). Concretamente, para el vacuno de carne el citado Chequeo Médico supone la revisión y adaptación de la reforma de 2003 para el periodo 2009-2013, desacoplándose el 100% de las primas de sacrificio, bovino macho, extensificación a partir de 2012, y manteniéndose acoplada la prima de vaca nodriza. En la actualidad, se está debatiendo la PAC post-2013 que establecerá el futuro modelo de apoyo y, por tanto, el futuro de los pagos únicos.

Uno de los cambios más importantes que se ha producido en los mercados alimentarios de los países desarrollados es el paso de la

venta de productos básicos, no diferenciados, a la venta de productos de calidad diferenciada, ya que desde la perspectiva de los productores, constituye una de las estrategias básicas de marketing. Si bien, para que esta estrategia tenga éxito es necesaria una orientación al mercado de los productores y sus explotaciones (Grunert *et al.*, 1998). Sin embargo, como las explotaciones ganaderas forman parte de una cadena y, al igual que otros operadores, no están en contacto con los consumidores, uno de los problemas frecuentemente mencionados para explicar la falta de confianza de los consumidores en la carne es la divergencia entre los diferentes actores u operadores de la cadena en la forma de entender la calidad (Wandel y Bugge, 1997). Situación que conduce a fallos en la transmisión de información entre éstos y los consumidores, haciéndose necesaria, por tanto, una coordinación efectiva de los operadores de la cadena (Meulenberg y Viaene, 2005).

Desde la perspectiva de los consumidores, se observa una mayor preocupación por la seguridad y calidad de los alimentos. En la carne de vacuno, las informaciones sobre el uso de sustancias anabolizantes y de clembuterol en el engorde del ganado ya incidieron negativamente en el consumo (Gracia y Albisu, 1995) y posteriormente, la aparición de enfermedades como la Encefalopatía Espongiforme Bovina contribuyó a aumentar la desconfianza de los consumidores hacia este tipo de carne (Olaizola *et al.*, 2005; Verbeke y Ward, 2006).

En este contexto, la calidad se ha convertido en una palabra clave tanto para los consumidores como para los productores (Bosmans *et al.*, 2005; Verbeke *et al.*, 2005; Resano *et al.*, 2012). Sin embargo, el concepto de calidad no es absoluto ni universal, sino que es relativo. Los ganaderos y la industria suelen asociar el concepto de calidad con características técnicas u objetivas, mientras que desde la perspectiva del consumidor es más

subjetivo y dependerá de sus propias características (Steenkamp, 1990; Grunert, 2005). Los consumidores, como ha sido señalado por la extensa bibliografía, están interesados en el sabor, la frescura, el origen, la seguridad, la ternura (Grunert *et al.*, 2004; Grunert, 2005; Verbeke *et al.*, 2005), pero también se observa un creciente interés en el carácter tradicional de los alimentos (Almli *et al.*, 2011; Chrysoschou *et al.*, 2012) y el proceso de producción, y, por tanto, en cuestiones como el origen, el bienestar animal o los sistemas de producción menos lesivos para el medio ambiente (Bernúes *et al.*, 2003; Grunert, 2006). Se observa un incremento de la importancia de los atributos denominados "de confianza", es decir, características del alimento que no pueden ser percibidas por el consumidor, ni incluso después de su consumo (Steenkamp, 1990); en su lugar, los consumidores depositan su confianza en la presencia de estos atributos en el etiquetado, en controles de calidad, etc. Por ello, varios estudios han concluido que la marca es una de las señales más importantes para evaluar la calidad de la carne en el momento de la compra (Grunert, 2005; Olaizola *et al.*, 2005; Calvo y Tudoran, 2008).

En el presente trabajo se plantea un estudio exploratorio en el marco de la raza Serrana de Teruel, que constituye una variante de las razas bovinas que se desarrollaron en las serranías del Sistema Central Español (Martín-Burriel *et al.*, 2007). Se trata de una población muy rústica, adaptada a las duras condiciones de montaña seca, y que fue utilizada tanto para la producción de carne y piel como para el trabajo rural, e incluso en festejos taurinos. Dada su evolución censal claramente regresiva, en el año 2000 se iniciaron las labores de recuperación, caracterización y preservación de esta raza en peligro de extinción (Sanz *et al.*, 2012), en colaboración con la Asociación de Ganaderos de Raza Serrana de Teruel (ASERNA), que cuenta en la actualidad con 7 socios. Dentro de las activi-

dades desarrolladas, se estudió la calidad de la canal y de la carne de las categorías comerciales de ternero, añojo y cebón (castrado con 9 meses) (Albertí *et al.*, 2011), confirmando la viabilidad comercial de los tres tipos estudiados. El estudio puso de manifiesto la posibilidad de realizar una producción alternativa, tipo cebón, susceptible de acogerse a distintivos de calidad diferenciada, que podrían suponer un incentivo para la explotación de la Serrana de Teruel frente a otras razas, lo que favorecería su conservación a medio plazo (Sanz *et al.*, 2011). En este marco, se realizó un análisis prospectivo en el área de influencia de la raza, para conocer la opinión de expertos sobre una hipotética nueva carne de vacuno con denominación de calidad, llamada "Serrana de Teruel".

El objetivo general del presente trabajo fue analizar las perspectivas actuales de una carne de vacuno de calidad diferenciada. De manera específica, se ha analizado los condicionantes, las limitaciones y las estrategias de comercialización de una nueva carne de vacuno "Serrana de Teruel", así como las posibles diferencias entre las opiniones de diversos operadores o eslabones de la cadena de carne de vacuno y representantes de la administración.

Materiales y métodos

La información utilizada se recogió mediante el método Delphi, un proceso sistemático e iterativo encaminado hacia la obtención de opiniones de un grupo de expertos (Landeta, 2002), que ha sido ampliamente utilizado en las ciencias sociales (Rowe y Wright, 1999), así como, en el sector agroalimentario (Schmid *et al.*, 2007, Dios-Palomares *et al.*, 2011, Oua-bouch *et al.*, 2011). Los expertos seleccionados deben emitir su opinión, en más de una ocasión, garantizándose su anonimato y facilitando la interacción o retroalimentación en-

tre ellos. La mayoría de los investigadores señalan que no se observan beneficios realizando más de 3 rondas (Murphy *et al.*, 2002), siendo dos o tres rondas lo más habitual (Wentholt, *et al.*, 2009).

En este trabajo, se seleccionó un panel de 47 expertos del área geográfica de influencia de la raza (Teruel, Zaragoza, Valencia) que incluía representantes de los diferentes eslabones de la cadena desde el productor hasta el consumidor, así como representantes de la administración. A dichos expertos se les informó por teléfono de su selección para elaborar el cuestionario, y a lo largo del último trimestre del año 2009 se les envió el primer cuestionario por correo postal.

El cuestionario recogía información en diferentes bloques de preguntas sobre la problemática del sector productivo de carne de vacuno, los canales de comercialización, la producción de carne "Serrana de Teruel", la calidad de la carne de vacuno, aspectos de la calidad de la carne valorados por el consumidor y estrategias de marketing para el lanzamiento de la carne "Serrana de Teruel". Para medir las opiniones se utilizaron escalas de Likert (de 1, totalmente en desacuerdo, a 5, totalmente de acuerdo). Para los tres primeros bloques de preguntas referidos a la problemática del sector productivo de vacuno, la producción de carne "Serrana de Teruel" y la calidad de la carne de vacuno, se utilizó una escala con diferente nomenclatura (de 1, nada importante, a 5, muy importante). Así mismo, dada la diversidad de la información solicitada a los expertos, así como su diferente nivel de conocimiento, en la encuesta se solicitaba que autoevaluasen su grado de conocimiento en los diferentes bloques de la encuesta, mediante una escala (de 0, ningún conocimiento, a 5, conocimiento muy amplio). En la primera ronda se envió el cuestionario a 47 expertos, obteniéndose 46 respuestas. En la segunda ronda de la misma encuesta, realizada entre los

meses de marzo y mayo del año 2010, se envió el cuestionario a 46 expertos y además se suministró información sobre las respuestas medias obtenidas en la primera ronda para que cada encuestado pudiera reconsiderar sus respuestas, garantizándose por tanto la interacción entre los encuestados y buscándose el mayor grado de consenso entre los expertos, obteniéndose 38 respuestas. Para realizar el análisis de la información obtenida se calcularon indicadores estadísticos descriptivos como la mediana, la media ponderada según el grado de conocimiento manifestado por cada experto y la desviación típica. Posteriormente, los expertos se agruparon en 4 tipos de operadores: 1. Producción (ganaderos), 2. Industria (mataderos, mayoristas y minoristas), 3. Consumo (restaurantes, críticos gastronómicos y asociaciones de consumidores) y 4. Administración,

siendo la distribución de los expertos la siguiente: 7 producción, 8 industria, 17 consumo y 6 administración. Las diferencias entre las medias de las opiniones de los distintos operadores se analizaron con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, en cada una de las dos rondas del cuestionario.

Resultados y discusión

Los problemas del sector de ganado vacuno con mayor importancia relativa son, a juicio de los expertos, la escasa rentabilidad de las explotaciones, la presencia de carne de otros países en los mercados, el poco desarrollo de los canales de comercialización, la falta de continuidad de las explotaciones y el incremento del coste de materias primas (Tabla 1).

Tabla 1. Importancia de algunos problemas del sector de ganado vacuno de carne
Table 1. Importance of problems faced by the beef sector

	Mediana	Media ponderada	Mínimo	Máximo	Desv. típica
Escasa rentabilidad explotaciones	4,0	2,69	0,6	5,0	1,29
Competencia carnes otros países	4,0	2,63	0,4	5,0	1,24
Incremento coste materias primas	4,0	2,47	0,8	5,0	0,98
Falta continuidad explotaciones	4,0	2,31	0,8	5,0	1,00
Escaso desarrollo canales comercialización	4,0	2,27	0,6	5,0	0,92
Dificultad establecer sistemas control calidad	3,5	2,27	0,4	5,0	0,91
Poca estabilidad en relaciones con clientes	3,5	2,27	0,2	5,0	1,02
Escasa utilización recursos naturales	3,5	2,24	0,2	5,0	1,05
No estrategias cooperación entre productores	3,0	2,24	0,6	5,0	1,08
Imagen no saludable carnes rojas	3,0	2,04	0,6	5,0	0,98
Desacoplamiento ayuda cebo	3,0	1,95	0,6	4,0	0,93
Reducido tamaño explotaciones	3,0	1,81	0,6	3,2	0,76

Escala de Likert: 1. Nada importante, 2. Poco importante, 3. Importante, 4. Bastante importante, 5. Muy importante.

El reducido tamaño de las explotaciones, el desacoplamiento de las primas de cebo y la imagen poco saludable de las carnes rojas no se consideran tan importantes. Por el contrario, Chatellier y Delattre (2005) consideran que el desacople total de las primas puede potenciar el abandono de las explotaciones ganaderas, sobre todo, en zonas de montaña. García-Martínez *et al.*, (2011) llegaban a la conclusión de que el desacople total de algunas ayudas en el vacuno de carne en zonas de montaña con elevado coste de oportunidad de la mano de obra podría suponer un incremento de la pluriactividad y una mayor reducción de la actividad ganadera. Lo que podría explicar que para la carne de vacuno de "Serrana de Teruel", dada su localización sin elevada presencia de otras actividades, no sea un problema tan importante el desacople total de las ayudas.

Frente a los problemas señalados, entre las estrategias que puede llevar a cabo el sector la de mayor importancia relativa, y en la que mayor grado de consenso se observa entre los distintos eslabones de la cadena, es la diferenciación del producto mediante una denominación de calidad (Figura 1). Esta estrategia permite explotar las diferencias que se observan en las preferencias entre diferentes segmentos de consumidores, puede aumentar el grado de lealtad de los consumidores (Chrysochou *et al.*, 2012) y, por tanto, incrementa la competitividad de las empresas en los mercados. Esto que es algo ampliamente aceptado en alimentos altamente procesados, lo es cada vez más para los mercados de productos frescos como la carne (Grunert *et al.*, 2004). Sin embargo, esta estrategia puede suponer importantes cambios en la organización de la producción. Gómez-Ramos *et al.*, (2006) se-

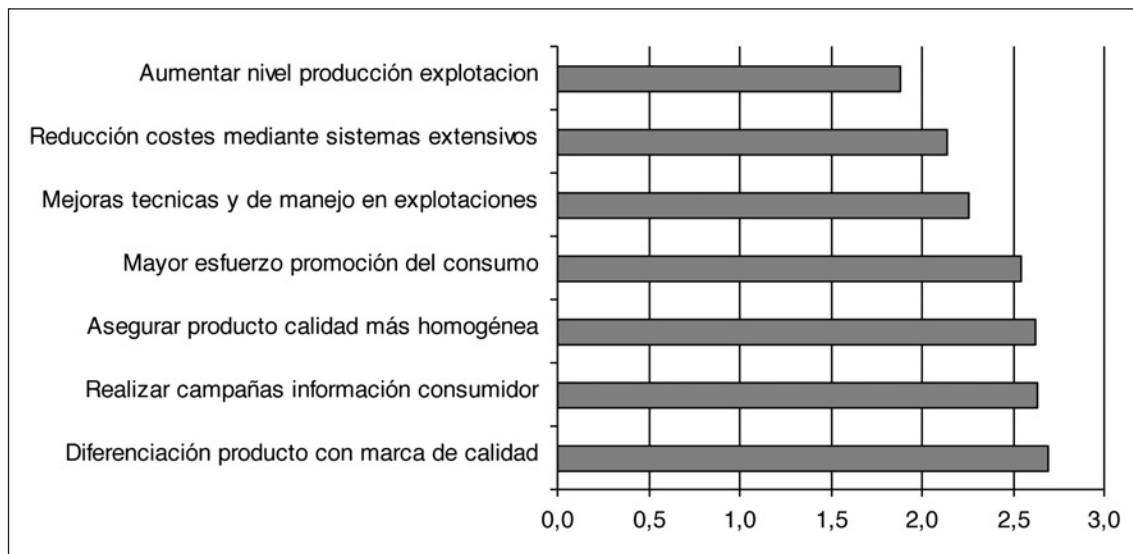


Figura 1. Estrategias para hacer frente a los problemas del sector de ganado vacuno de carne (valores medios ponderados).

Escala de Likert: 1. Nada importante, 2. Poco importante, 3. Importante, 4. Bastante importante, 5. Muy importante.

Figure 1. Strategies to face the problems of the beef sector (weighted mean values).

Likert Scale: 1. Unimportant, 2. Of little importance, 3. Important, 4. Quite important, 5. Very important.

ñalan la importancia de las cooperativas como catalizadores en el proceso de aumentar el valor añadido de las carnes (Ternera de Navarra y Covap), ya que mejoran la coordinación en la cadena de oferta que constituye un factor de éxito en la integración de productos de calidad diferenciada por el origen.

Así mismo, otras estrategias destacadas fueron realizar campañas de información al consumidor, asegurar un producto de calidad más homogénea y realizar un mayor esfuerzo en la promoción del consumo, frente a otras menos importantes como la reducción de costes en las explotaciones o aumentar el nivel productivo en las mismas. Realizar campañas de información al consumidor puede cambiar el valor que los consumidores otorgan a determinadas señales presentes en el

etiquetado de la carne (Verbeke y Ward, 2006). Según estos autores las campañas de información tienen un impacto muy positivo sobre la importancia que dan los consumidores a las señales sobre la calidad de la carne y el origen de la misma.

Según los encuestados, los aspectos más importantes de la producción de carne con denominación de calidad "Serrana de Teruel" son la conservación de los pastos y el mantenimiento del paisaje (Tabla 2). Los elevados costes de producción, así como su estacionalidad, la escasez de mano de obra y la baja productividad de los rebaños son también condicionantes importantes de la producción de carne en el área estudiada. Mientras que la escasez de recursos pastorales, la falta de tradición en el cebo de vacuno y la pre-

Tabla 2. Condicionantes de la producción de carne de Serrana de Teruel
Table 2. Factors conditioning the production of Serrana de Teruel beef

	Mediana	Media ponderada	Mínimo	Máximo	Desv. típica
Conservación de pastos y paisaje	4,0	2,19	0,6	5,0	1,30
Elevados costes de producción	4,0	2,11	0,6	5,0	1,11
Escasez de mano de obra	4,0	1,95	0,4	4,0	1,10
Estacionalidad de la producción	4,0	1,92	0,4	5,0	0,98
Escasa productividad (fertilidad) rebaño	4,0	1,90	0,6	5,0	0,99
Manejo sanitario	3,0	1,95	0,4	5,0	1,16
Manejo de la alimentación	3,0	1,91	0,6	5,0	1,18
Sustitución por otras actividades	3,0	1,79	0,6	5,0	1,11
Falta tradición de cebo en vacuno	3,0	1,71	0,4	4,0	1,03
Escasez de recursos pastorales	3,0	1,70	0,4	5,0	1,06
Dificultad acceso infraestructuras	3,0	1,68	0,4	4,0	0,93
Dificultad acceso pastos comunales	3,0	1,63	0,4	4,0	0,90

Escala de Likert: 1. Nada importante, 2. Poco importante, 3. Importante, 4. Bastante importante, 5. Muy importante.

sencia de otras actividades que puedan desplazar la producción de vacuno de carne, no son consideradas tan importantes.

Con relación a los factores que influyen en la calidad de la carne existe un alto grado de consenso entre todos los expertos consultados, siendo la duración del periodo de cebo y la maduración de la carne los más importantes (Figura 2). Otros aspectos, como el manejo en el transporte y en el matadero, la raza y la edad del animal y el grado de engrasamiento de la canal también son considerados como importantes. Estos factores de calidad más importantes, dada la compo-

sición del grupo de expertos, se refieren a aspectos técnicos de la calidad o a aspectos externos de los animales, siendo precisamente éstos los más ligados al concepto de calidad entre los productores (Bosmans *et al.*, 2005).

Así mismo, respecto a los atributos de calidad percibidos por los consumidores y las señales de calidad, se observa un elevado grado de consenso entre los expertos, destacando la confianza en el carnicero, la presencia de una marca de calidad, el aspecto del establecimiento, la carne “de pasto” y la presencia de una certificación del control de calidad (Tabla 3).

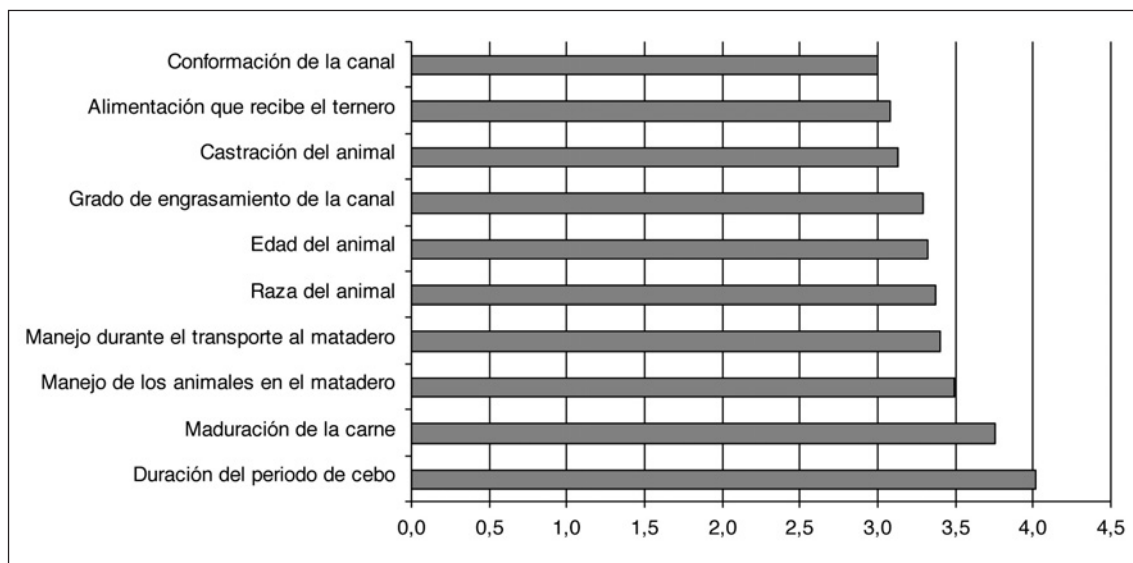


Figura 2. Importancia de los factores que influyen en la calidad de la carne de vacuno (valores medios ponderados).

Escala de Likert: 1. Muy en desacuerdo, 2. En desacuerdo,

3. Ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4. De acuerdo, 5. Muy de acuerdo.

Figure 2. Importance of factors influencing beef quality (weighted mean values).

Likert Scale: 1. Disagree strongly, 2. Disagree somewhat,

3. Neither agree nor disagree, 4. Agree, 5. Agree strongly.

En el momento de la compra, el consumidor para poder evaluar la calidad de un alimento recurre a indicadores o señales de la calidad.

Se clasifican en *señales intrínsecas* del producto, que se refieren a las características físicas o esenciales del producto, y *señales ex-*

Tabla 3. Atributos y señales de calidad valorados por los consumidores
 Table 3. Quality cues and quality attributes valued by consumers

	Mediana	Media ponderada	Mínimo	Máximo	Desv. típica
Carnicero da seguridad en calidad de carne	4,0	2,71	0,8	5,0	0,78
Marca de calidad	4,0	2,66	0,8	5,0	0,82
Establecimiento influye percepción calidad carne	4,0	2,65	0,8	5,0	0,76
Carne de "pasto"	4,0	2,63	0,8	5,0	0,88
Importante la certificación control calidad	4,0	2,55	0,6	5,0	0,87
Ausencia de residuos	4,0	2,47	0,4	5,0	0,91
Alimentación del animal	4,0	2,46	0,6	5,0	1,01
Alimentación sin OMG	4,0	2,45	0,4	5,0	0,97
Carne no envasada	4,0	2,36	0,6	4,0	0,78
Carne procedente animales jóvenes	4,0	2,31	0,6	4,0	0,84
Un mayor precio	4,0	2,30	0,6	4,0	0,68
Bienestar animal	3,0	2,20	0,4	5,0	0,96
Color claro de la carne de vacuno	3,0	2,18	0,6	4,0	0,87
El origen de la carne	3,0	2,17	0,4	5,0	1,04

Escala de Likert: 1. Muy en desacuerdo, 2. En desacuerdo, 3. Ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4. De acuerdo, 5. Muy de acuerdo.

trínsecas, que se refieren a aspectos no tan relacionados con el producto (Steenkamp, 1990). Los estudios revelan que los consumidores tienen dificultad para predecir la calidad de la carne en el momento de la compra (Brunsø *et al.*, 2005). Esta dificultad junto con la incertidumbre, incrementa el uso de señales de calidad extrínseca por parte de los consumidores (Verbeke y Ward, 2006), como son la marca, el carnicero, el etiquetado o el aspecto del establecimiento. El efecto positivo de las marcas en la carne depende de gran cantidad de factores. Así las marcas o etiquetados pueden tener dicho efecto cuando convierten atributos intrínsecos del producto, difíciles de averiguar en el momento de la

compra por los consumidores, en extrínsecos, y además estos atributos son relevantes para los consumidores (Brunsø *et al.*, 2005). Si bien, se asume que el uso de señales de la calidad extrínseca de la carne por parte de los consumidores depende del grado de experiencia de éstos (Banovic *et al.*, 2012) y del nivel de implicación en la compra (Grunert *et al.*, 2004; Brunsø *et al.*, 2005).

Según los expertos encuestados en este trabajo, la ausencia de residuos en la carne, la alimentación que recibe el animal, la no presencia de organismos modificados genéticamente y que la carne no esté envasada serían atributos de calidad más importantes para los consumidores que el bienestar animal, el co-

lor claro de la carne y la procedencia o el origen de la carne. La alimentación que recibe el animal es uno de los atributos de calidad intrínseca de la carne más importante para los consumidores (Bernúes *et al.*, 2003).

Ante un hipotético lanzamiento de la carne "Serrana de Teruel", se preguntó sobre el posible sobreprecio de esta carne en relación a otras carnes de ternera. El 39% de los expertos no consideraba conveniente asignarle un sobreprecio. Por el contrario, un 31% consideraba que podría ser un 10% más cara, un 21% consideró que podría ser del 15%, mientras que nadie consideró conveniente un sobreprecio del 20%. El precio es un atributo de calidad de la carne con alto riesgo de conflicto para diferentes actores de la cadena, sobre todo entre productores y consumidores (Verbeke *et al.*, 2005). Para los productores, el interés en el desarrollo de una carne de calidad superior/diferenciada está relacionado, principalmente, con el mayor precio que pueden obtener respecto a otras carnes, sin embargo, los consumidores no asocian automáticamente un precio superior con una calidad superior de la carne. También Bosmans *et al.*, (2005) señalan que para los productores de vacuno belgas el desarrollo de estrategias de diferenciación del producto mediante un etiquetado de calidad les supone una mayor seguridad en los ingresos. Gómez-Ramos *et al.*, (2006), en un estudio de tres carnes de vacuno españolas de calidad diferenciada, mostraban que la implicación de los ganaderos en una IGP o una marca colectiva constituye una herramienta para aumentar el valor añadido de sus productos.

Con relación a las estrategias de marketing que deberían desarrollarse en el caso del lanzamiento de la carne "Serrana de Teruel", si bien el grado de consenso es menor entre los expertos, las de mayor importancia relativa estarían relacionadas con campañas de promoción promovidas por la administración, concentrar las campañas de promoción en los

puntos de venta y actividades de comunicación dirigidas a los consumidores (Figura 3). Resultados que coinciden con lo señalado en la bibliografía respecto al desarrollo de políticas de calidad en carnes de vacuno, que deberían suplementarse con políticas públicas diseñadas a nivel local y que fueran específicas para cada área de influencia de las diferentes indicaciones geográficas o marcas colectivas (Gómez-Ramos *et al.*, 2006).

Sin embargo, como se ha señalado anteriormente, la divergencia entre las distintas formas de entender la calidad por parte de los diversos operadores puede desencadenar fallos en la transmisión de información entre ellos. En las Figuras 4 y 5 se representan la mediana, el rango de valores comprendido entre los cuartiles del 25 y el 75% y los valores mínimo y máximo de las diferencias significativas observadas entre operadores en la segunda ronda del cuestionario realizado en este trabajo.

En cuanto a las estrategias para hacer frente a los problemas del sector, la diferenciación mediante una marca de calidad es globalmente el factor más importante, sin embargo no es tan importante para los operadores intermediarios de la cadena (mataderos, mayoristas y minoristas). Como se ha comentado, desde la perspectiva de los productores el desarrollo de este tipo de estrategias va ligado a la esperanza de mayores ingresos. Por el contrario, un estudio realizado en Aragón sobre las actitudes de los distribuidores hacia las IGP de carnes frescas de vacuno y ovino señalaba que este tipo de carnes no les generaba unas mayores ventas o una mayor rentabilidad (Gracia, 2006). Así mismo, la conveniencia de reducir costes mediante una mayor extensificación es considerada importante por productores y administración, pero menos por la restauración, el consumo, y, sobre todo, los operadores de la industria.

Respecto a los condicionantes específicos de la carne "Serrana de Teruel", su vinculación

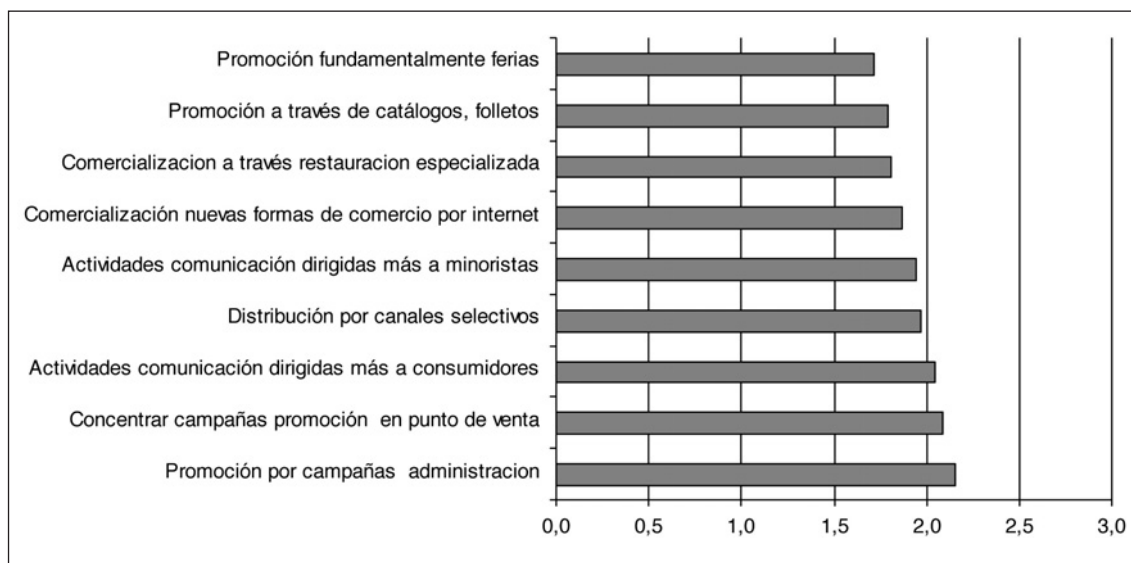


Figura 3. Estrategias de marketing en el hipotético lanzamiento de la carne "Serrana de Teruel" (valores medios ponderados).

Escala de Likert: 1. Muy en desacuerdo, 2. En desacuerdo,

3. Ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4. De acuerdo, 5. Muy de acuerdo.

Figure 3. Marketing strategies to launch the "Serrana de Teruel" beef (weighted mean values).

Likert Scale: 1. Disagree strongly, 2. Disagree somewhat,

3. Neither agree nor disagree, 4. Agree, 5. Agree strongly.

con los pastos y el paisaje es más importante para consumidores y productores que para la industria o la administración. La integración de atributos de confianza como el mantenimiento del paisaje, si bien no tiene influencia en la calidad intrínseca de la carne, se considera esencial para la valorización de carnes de calidad superior (Bosmans *et al.*, 2005). La dificultad de acceso a infraestructuras es percibida como importante por todos, especialmente por los productores.

En cuanto a los factores que influyen en la calidad de la carne (Figura 5), existen diferencias de opinión para el periodo de cebo y la conformación de la canal, siendo valorados como muy importantes por los productores, con mayor grado de consenso el primero. La castración de los animales está valorada por la administración, producción y consumo,

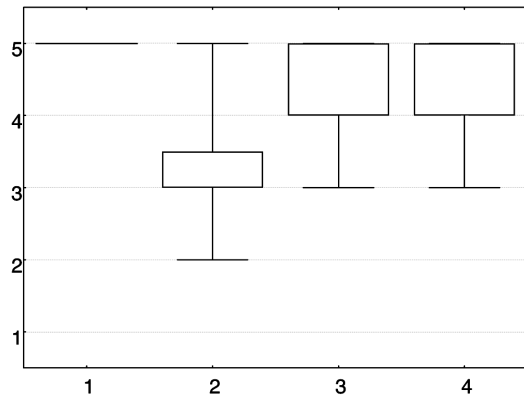
pero es menos importante para la industria. Al contrario ocurre con el manejo de los animales en el matadero, sobre el que la industria muestra mayor preocupación (si bien las diferencias no son significativas $P = 0,15$).

Las opiniones de los operadores sobre los atributos más valorados por los consumidores reflejan también algunas diferencias significativas. La certificación de la calidad es más valorada por productores y los propios consumidores que por la industria y la administración, que son los que tiene que implementar y velar por dichos sistemas. Diferencias similares se observan para una alimentación animal libre de transgénicos.

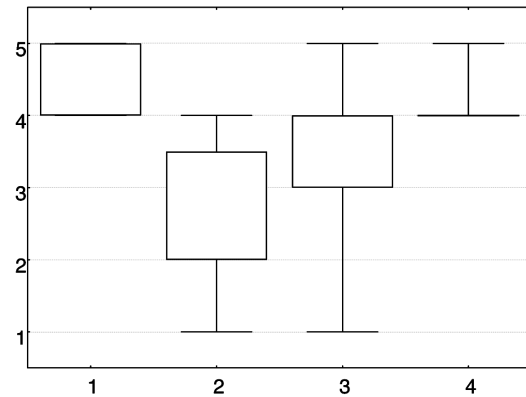
De los resultados obtenidos en este trabajo pueden desprenderse algunas recomendaciones prácticas de cara a un hipotético lan-

4.1. Estrategias para hacer frente a los problemas del sector de vacuno de carne

Diferenciación con marca de calidad ($P = 0.0024$)

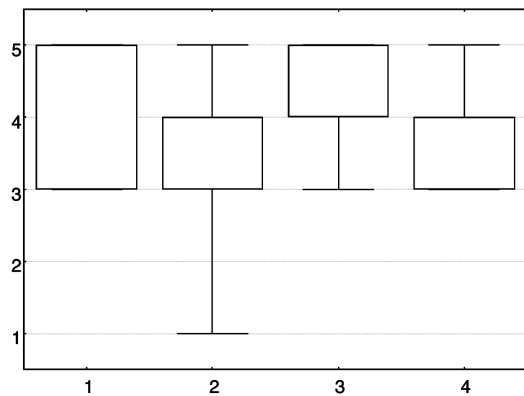


Reducción costes sistemas extensivos ($P = 0.0114$)

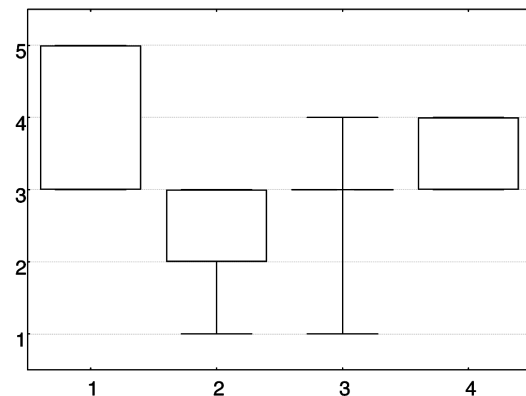


4.2. Condicionantes de la producción de carne de Serrana de Teruel

La conservación de pastos y paisajes ($P = 0.0452$)



Dificultad acceso infraestructuras ($P = 0.0144$)



Eje X: 1. producción (ganaderos), 2. industria (mataderos, mayoristas y minoristas), 3. consumo (restaurantes, críticos gastronómicos y asoc. de consumidores), 4. administración.

Eje Y (4.1): 1. Nada importante, 2. Poco importante, 3. Importante, 4. Bastante importante, 5. Muy importante.

Eje Y (4.2): 1. Nada importante, 2. Poco importante, 3. Importante, 4. Bastante importante, 5. Muy importante.

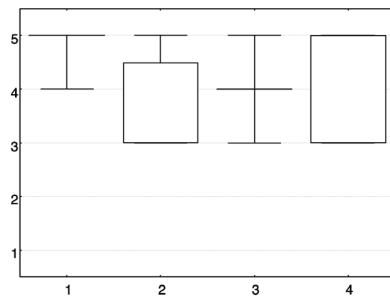
□ Mediana □ 25%-75% T Min-Max

Figura 4. Diferencias de opinión entre operadores sobre las estrategias para hacer frente a los problemas del sector de vacuno de carne y los condicionantes de la producción de carne de "Serrana de Teruel".

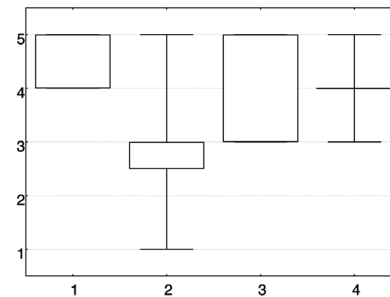
Figure 4. Differences in the opinion of stakeholders on problems faced by the beef sector and factors conditioning the production of "Serrana de Teruel" beef.

5.1. Factores que influyen en la calidad de la carne de vacuno

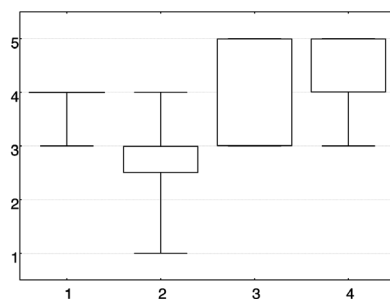
Duración del periodo de cebo ($P = 0.0554$)



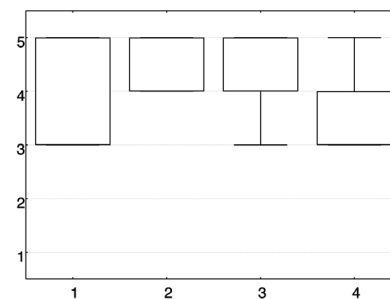
Conformación de la canal ($P = 0.0141$)



Castración del animal ($P = 0.0091$)

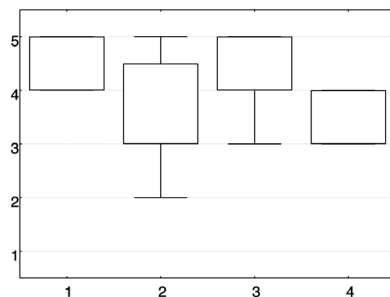


Manejo en matadero ($P = 0.1543$)

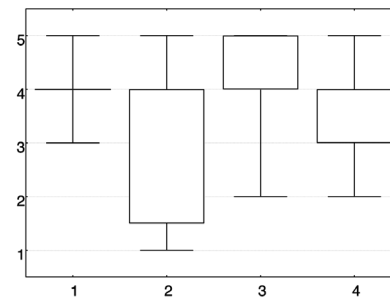


5.2. Atributos valorados por los consumidores

Certificación control calidad ($P = 0.0756$)



Alimentación sin OMG ($P = 0.0783$)



Eje X: 1. producción (ganaderos), 2. industria (mataderos, mayoristas y minoristas), 3. consumo (restaurantes, críticos gastronómicos y asoci. de consumidores), 4. administración.

Eje Y (5.1): 1. Nada importante, 2. Poco importante, 3. Importante, 4. Bastante importante, 5. Muy importante.

Eje Y (5.2): 1. Muy en desacuerdo, 2. En desacuerdo, 3. Ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4. De acuerdo, 5. Muy de acuerdo.

□ Mediana ▮ 25%-75% ▮ Min-Max

Figura 5. Diferencias de opinión entre operadores sobre los factores que influyen en la calidad de la carne de vacuno y atributos valorados por los consumidores.

Figure 5. Differences in the opinion of stakeholders on factors influencing beef quality and quality attributes valued by consumers.

zamiento de la carne "Serrana de Teruel". Por una parte, sería conveniente una mayor coherencia entre las visiones de calidad del producto por los diversos eslabones de la cadena, en particular destaca la, en general, menor importancia que la industria y la administración muestran por la calidad y su certificación. Sin embargo, productores y consumidores parecen estar más cercanos en ciertos aspectos de calidad del producto, lo que puede facilitar la comunicación en las estrategias de marketing.

En opinión de los autores, la definición del pliego de condiciones de carne "Serrana de Teruel" debería incluir ciertos atributos extrínsecos y de confianza del producto, en particular aquellos referidos a un sistema de producción fuertemente vinculado al uso de pastos naturales, y por tanto al paisaje y al territorio donde se produce la carne. Esto permitiría potenciar la extensificación y los sistemas de bajos insumos y diferenciar la carne de manera genuina, orientando su mercado a cierto tipo de consumidores (*consumer-led product development*) con mayores inquietudes éticas por la manera en que los alimentos son producidos (Bernúes *et al.*, 2006; Grunert, 2006), frecuentemente asociadas a mayores preocupaciones por la seguridad de los mismos (Bernúes *et al.*, 2003). Otra dimensión a considerar es el carácter "tradicional", ya que en España la imagen que se tiene de este tipo de productos es muy elevada, vinculándose con consumo en situaciones festivas y con características sensoriales, de seguridad y éticas superiores (Almli *et al.*, 2011).

Sin embargo, Verbeke *et al.*, (2010) señalan que la mayoría de los etiquetados de calidad en carne de vacuno en Europa garantizan unos determinados estándares de calidad en el sistema de producción y trazabilidad, pero no en la calidad experimentada en el consumo de la carne, lo que supone una gran preocupación para el sector, y algunos países han puesto en marcha etiquetados que garanticen la calidad al consumo o "eating quality".

Conclusiones

En general, según las opiniones del grupo de expertos la estrategia más importante para hacer frente a los problemas del sector de vacuno de carne sería la diferenciación de la carne mediante una marca de calidad. Los factores más importantes de la producción de carne "Serrana de Teruel" serían el uso de pastos y el mantenimiento del paisaje, la duración del periodo de cebo y la maduración de la carne como factores que influyen en la calidad de carne y desde la perspectiva del consumidor, la confianza en el carnicero como señal de calidad más importante. Así mismo, sería conveniente llevar a cabo campañas de promoción promovidas por la administración, concentrándolas en los puntos de venta y dirigir acciones de comunicación a los consumidores, ante un lanzamiento de la carne "Serrana de Teruel".

Existen notables diferencias en las opiniones de los diferentes operadores de la cadena y los consumidores. Es de destacar que la presencia de una certificación de calidad es menos importante para la industria y la administración que para productores y consumidores. La vinculación de la carne "Serrana de Teruel" al uso de pastos y mantenimiento del paisaje también es más importante para productores y consumidores. Así mismo, la garantía de una alimentación animal sin transgénicos es más valorada por productores y, sobre todo, restauradores y consumidores. Todo ello pone de manifiesto que, en general, el desarrollo de estrategias de diferenciación de carne de vacuno precisaría una mayor integración entre los diferentes eslabones de la cadena, que asegurase la correcta transmisión de la información demandada por el consumidor.

La definición del pliego de condiciones de carne "Serrana de Teruel" debería incluir ciertos atributos extrínsecos y de confianza del producto, sobre todo aquellos referidos

a un sistema de producción vinculado al uso de pastos naturales, y por tanto al paisaje y al territorio donde se produce la carne.

Por último, hay que considerar el carácter prospectivo y limitado de los resultados obtenidos en este trabajo, ya que proceden de las opiniones de un grupo reducido de expertos. En el caso de un lanzamiento real de la carne "Serrana de Teruel" sería conveniente, previamente, llevar a cabo estudios más amplios, como una investigación de mercados o bien realizar un test de mercado, característico de los procesos de desarrollo y lanzamiento de nuevos productos.

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración de la Asociación de Ganaderos de Raza Serrana de Teruel (ASERNA), así como del resto de expertos encuestados. Trabajo financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España y los Fondos Europeos para el Desarrollo Regional, a través del proyecto INIA PET2007-05-C03-01.

Bibliografía

- Albertí P, Ripoll G, Blasco I, Álvarez-Rodríguez J, Campo MM, Kara S, Sanz A, 2011. Calidad de la carne de terneros, añejos y cebones de raza Serrana de Teruel. XIV Jornadas sobre producción animal AIDA (ISBN: 978-84-615-0064-2), 748-750.
- Almli V L, Verbeke W, Vanhonacker F, Næs T, Hersleth M, 2011. General image and attribute perceptions of traditional food in six European countries. *Food Quality and Preference* 22, 129-138.
- Banovic M, Fontes MA, Barreira MM, Grunert KG, 2012. Impact of Product Familiarity on Beef Quality Perception. *Agribusiness* 28, 157-172.
- Barrena R, Sánchez M, Gil JM, Gracia A, Rivera L, 2003. La certificación como estrategia para la recuperación de la confianza del consumidor en la adquisición de la carne de ternera. *Economía Agraria y Recursos Naturales* 3 (1), 7-30.
- Bernúes A, Ruiz R, Olaizola A, Villalba D, Casasús I, 2011. Sustainability of pasture-based livestock farming systems in the European Mediterranean context: synergies and trade-offs. *Livestock Science* 139, 44-57.
- Bernúes A, Olaizola A, Corcoran K, 2003. Extrinsic attributes of red meat as indicators of quality in Europe: an application for market segmentation. *Food Quality and Preference*. 14, 265-276.
- Bernúes A, Riedel JL, Casasús I, Olaizola A, 2006. The conservation of natural resources as an extrinsic quality attribute of lamb in Mediterranean Areas. In: *Animal products from the Mediterranean area*, J.M.C. Ramalho Ribeiro, A.E.M. Horta, C. Mosconi and A. Rosati. (Eds.) Wageningen Academic Publishers, EAAP Scientific Series 119, 73-82.
- Bosmans W, Verbeke W, Van Gysel L, 2005. Valorisation of meat production oriented on "superior" quality: A case study of Belgian farmer's motivations. XIth EAAE Congress "The future of rural Europe in the global agri-food system". Copenhagen, Denmark, 14 pp.
- Brunso K, Bredahl L, Grunert KG, Scholderer J, 2005. Consumer perception of the quality beef resulting from various fattening regimes. *Livestock Production Science* 94, 83-93.
- Calvo D, Tudoran A, 2008. La importancia de la marca en la comercialización de productos perecederos: una aplicación empírica al sector del vacuno. *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa* 17 (1), 151-166.
- Chatellier V, Delattre F, 2005. Direct supports and decoupling in farms located in mountain areas: recent evolutions and major implications of the CAP reform. *Économie Rurale*, 288, 40-56.
- Chrysochou P, Krystallis A, Giraud G, 2012. Quality assurance labels as drivers of customer loyalty in the case of traditional food products. *Food Quality and Preference* 25, 156-162.

- Dios-Palomares R, Martínez-Paz JM, 2011 Technical, quality and environmental efficiency of the olive oil industry. *Food Policy* 36, 526-534.
- García-Martínez A; Bernúes A; Olaizola A, 2011. Simulation of mountain cattle farming system changes under diverse agricultural policies and off-farm labour scenarios. *Livestock Science* 137, 73-86.
- Gómez-Ramos A, Bardají I, Atance I, 2006. The role of geographical labelling in inserting extensive cattle systems into beef marketing channels. Evidence from three Spanish case studies. *Cahiers d'économie et sociologie rurales* 78, 82-105.
- Gracia A, Albisu LM, 1995. También en el consumo de carne nos acercamos a Europa. *El Boletín* 29, 24-29.
- Gracia A, 2006. Factors influencing retailers' decision to sell PDO/IGP fresh meat. *Journal of International Food & Agribusiness Marketing* 18 (1/2), 87-102.
- Grunert KG, 2005. Food quality and safety: consumer perception and demand. *European Review of Agricultural Economics* 32 (3), 369-391.
- Grunert KG, 2006. Future trends and consumer lifestyles with regard to meat consumption. *Meat Science* 74, 149-160.
- Grunert KG, Bredahl L, Brunsø K, 2004. Consumer perception of meat and implications for product development in the meat sector-a review. *Meat Science* 66, 259-272.
- Grunert KG, Harmsen H, Larsen HH, Sorensen E, Bisp S, 1998. New areas in agricultural and food marketing. In: *Agricultural marketing and consumer behaviour in a changing world*, Wierenga, B. et al. (Eds.). Kluwer Academic Publishers, Norwell (USA), pp. 3-30.
- Landeta J, 2002. El método Delphi. Una técnica de previsión del futuro. *Ariel, España*, 223 pp.
- Langreo A, Benito I, 2008. Estudio de la cadena de valor de las producciones cárnicas y lácteas de ovino, caprino y bovino de Andalucía. *Acción conjunta Innogan, Cádiz, España*, 200 pp.
- Martín-Burriel I, Rodellar C, Lenstra JA, Sanz A, Osta R, Reta M, de Argüello S, Sanz A, Zaragoza P. 2007. Genetic diversity and relationships of endangered Spanish cattle breeds. *Journal of Heredity* 98, 687-691.
- Matthews K B, Wright IA, Buchan K, Davies D A, Schwarz G, 2006. Assessing the options for upland livestock systems under CAP reform: Developing and applying a livestock systems model within whole-farm systems analysis. *Agricultural Systems* 90, 32-61.
- Meulenbergh MTG, Viaene J, 2005. Changing agri-food systems in Western countries: a marketing approach. In: *Innovation of food production systems*, Jongen, W.M.F, and Meulenbergh, M.T.G. (Eds.). Wageningen Academic Publishers. The Netherlands, pp 17-51.
- Murphy A, Meehan HF, O'Reilly S, Bogue J, 2002. A ten-year Delphi forecast of the Irish speciality food market. *Journal of International Food and Agribusiness Marketing* 14(1), 67-83.
- Olaizola A, Wehbi Z, Manrique E, 2005. Quality perception and consumer attitudes to specific quality beef in Aragón, Spain. *Spanish Journal of Agricultural Research* 3(4), 418-428.
- Ouabouch H, García Álvarez-Coque, JM, Anido D, 2011. L'avenir de L'Organisation Commune de Marché des fruits et légumes: existe-t-il un consentement entre les spécialistes? *New Medit: Mediterranean journal of economics agriculture and environment* 10(4), 2-12.
- Resano H, Sanjuán AI, Albisu LM, 2012. Consumers' response to the EU Quality policy allowing for heterogeneous preferences. *Food Policy* 37, 355-365.
- Rowe G, Wright G, 1999. The Delphi technique as a forecasting tool: issues and analysis. *International Journal of Forecasting and Social Change* 15 (2), 235-51.
- Sanz A, Albertí P, Blasco I, Ripoll G, Bernúes A, Zaragoza P, Rodellar C, Sanz A, Martín-Burriel I, Olaizola A, Álvarez-Rodríguez J, Fuentes S, Picot A, Congost S, Quintín FJ, Abril F, Vijil E, 2012. Beef quality differentiation in the framework of Serrana de Teruel endangered breed conservation programme. *Animal Genetics Resources* (In Press).

- Sanz A, Ripoll G, Blasco I, Álvarez-Rodríguez J, Kara S, Albertí P, 2011. Potencial productivo de la raza bovina Serrana de Teruel. Resultados preliminares. *Archivos de Zootecnia* 60 (231), 377-380.
- Schmid O, Fontguyon G de, Sans P, 2007. Desarrollo del mercado de productos de la agricultura ecológica en Europa: un análisis de sus condiciones y del papel de las iniciativas comerciales. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros* 214, 15-45.
- Steenkamp JB, 1990. Conceptual model of the quality perception process. *Business Research* 21, 309-333.
- Verbeke W, Demey V, Bosmans W, Viaene J, 2005. Consumer versus producer expectations and motivations related to "superior" quality meat: qualitative research findings. *Journal of Food Products Marketing* 11 (3), 27-41.
- 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, 453-467.
- Wandel M, Bugge A, 1997. Environmental concern in consumer evaluation of food quality. *Food Quality and Preference* 8, 19-26
- Wentholt MTA, Rowe G, Köning A, Marvin HJP, Frewer LJ, 2009. The views of key stakeholders on an evolving food risk governance framework: Results from a Delphi study. *Food Policy* 34, 539-548.

(Aceptado para publicación el 29 de junio de 2012)

Rango de normalidad de parámetros sanguíneos en ovejas de raza Assaf con un sistema de análisis inmediato

L. Rodríguez^{*,1}, A.R. Mantecón^{**}, P. Lavín^{**}, C. Asensio^{*}, A.B. Martín-Diana^{*}, S. Olmedo^{*}, D. Delgado^{*}, A.R. Pérez^{*}, D.J. Bartolomé^{*} y R. Bodas^{*}

* Instituto Tecnológico Agrario - Subdirección de Investigación y Tecnología, Consejería de Agricultura y Ganadería, Junta de Castilla y León. Ctra. Burgos, km 119. 47071 Valladolid

** Instituto de Ganadería de Montaña (CSIC-ULE). Finca Marzanas. 24346 Grulleros, León

Resumen

Se realiza un estudio de diversos parámetros sanguíneos de interés en ganado ovino y se utiliza un método de análisis rápido y sencillo utilizando sangre entera (sin anticoagulante) y un analizador clínico portátil de contrastada validez. El análisis puede realizarse en la explotación y el tiempo de análisis es de dos minutos por muestra. La comparación con los resultados de la bibliografía pone de manifiesto las diferencias entre razas, y los datos propios destacan las diferencias entre individuos en función de su edad y estado fisiológico. Se proponen valores de referencia para la raza Assaf.

Palabras clave: Hematología, bioquímica, ácido-base, i-stat.

Abstract

Reference values of blood parameters using an immediate analysis method in Assaf ewes

Several hematologic parameters of interest in sheep production are studied. A rapid and simple method of blood analysis using whole (no heparinised) blood and a portable clinical analyzer have been used. This kind of analysis can be carried out in the farm, time of analysis being 2 minutes per sample. When results are compared to those in the bibliography, differences among breeds are revealed. Our data also suggest differences between animals within the same breed attributed to their age and physiological status. Values observed in the present study are proposed as reference values for Assaf breed animals.

Key words: Haematology, biochemistry, acid-base, i-stat.

Introducción

Los análisis de parámetros bioquímicos y hematológicos sanguíneos son una herramienta útil y necesaria para los veterinarios de campo en el manejo de las explotaciones. Estos análisis permiten la detección precoz de alteraciones del estado fisiológico o sani-

tario de los animales que sólo serían visibles de otra forma cuando se manifestasen clínicamente o sobre la producción con el consiguiente perjuicio económico. De este modo, la correcta gestión de una explotación pasa por la utilización de nuevas herramientas de manejo y control sanitario.

1. Autor para correspondencia: rodruilu@itacyl.es

En el caso concreto del ganado ovino, la escasez de datos ha obligado en ocasiones a hacer uso de comparaciones con el ganado vacuno, si bien en los libros clásicos de medicina veterinaria (Aiello *et al.*, 2000; Radoszits *et al.*, 2007) aparecen valores de referencia de un gran número de parámetros para la mayoría de las especies, incluido el ganado ovino. Por otra parte, cada vez existe un mayor interés en parámetros que no han sido definidos en las tablas de referencia hasta el momento y cuya alteración está ligada a cambios sutiles en el metabolismo, frecuentemente relacionados con las características de la dieta y que, en la mayoría de las ocasiones, no presentan manifestaciones clínicas, aunque frecuentemente sí productivas. Es el caso, por ejemplo, de la diferencia entre cationes y aniones de la dieta (DCAD), que puede dar lugar a cambios en la producción y composición de la leche (Schlagerter, 2007). Asimismo, los valores de pH, presión parcial de dióxido de carbono ($p\text{CO}_2$), dióxido de carbono total ($t\text{CO}_2$), bicarbonato (HCO_3) y exceso de bases (BE) están directamente relacionados con el equilibrio ácido-base y, por tanto, con problemas como la acidosis ruminal o la acidosis metabólica (Bodas, 2004). Otros parámetros, como los iones (Na, K, Cl) o el nitrógeno ureico en sangre (BUN) resultan interesantes en el caso de alteraciones hepáticas y, sobre todo, renales. Los valores de glucosa (Glc) se alteran en el caso de la toxemia de gestación (Pastor *et al.*, 2001) y los de hematocrito y hemoglobina con la presencia de parásitos hematófagos.

Además de las diferencias entre especies, la especialización e intensificación de los sistemas productivos ha dado lugar a un cambio en las características morfológicas y fisiológicas de las razas asociadas a los mismos. En el caso del ganado ovino, es destacable el auge que ha experimentado en los últimos años la raza Assaf en España, adquiriendo una gran importancia cuantitativa (por nú-

mero de efectivos) y cualitativa (por cantidad de leche y carne –lechazos– producida) (Mantecón y Lavín, 2002; Romero *et al.*, 2009). No existen en la bibliografía, sin embargo, valores de referencia de parámetros sanguíneos específicos para esta raza, lo que pone de manifiesto la necesidad de comparar resultados obtenidos en campo a partir de animales sanos con aquellos utilizados como referencia hasta ahora, para tratar de establecer un rango de referencia que se ajuste más a la realidad de esta raza.

La toma de muestras para los parámetros objeto del presente estudio implican habitualmente la utilización de tubos de vacío con anticoagulantes (EDTA, heparina-Li,...). Una vez recogida la muestra, ésta es almacenada, enviada a un laboratorio que disponga del material calibrado necesario para su análisis (cámaras de recuentos, Medonic, Stat Profile pHox Plus...), donde vuelve a ser almacenada hasta su posterior análisis, con el consiguiente retraso en la obtención del resultado. En todo este tiempo la muestra puede sufrir cambios en la temperatura de almacenamiento. Tanto el tipo de anticoagulante utilizado, como el tiempo de espera y la temperatura de almacenamiento de la muestra desde su obtención hasta su análisis condicionan sobremanera los resultados y su fiabilidad (Gokce *et al.*, 2004).

El objetivo del presente trabajo es describir un rango de normalidad para determinados parámetros sanguíneos en ovejas de raza Assaf, obtenidos mediante un sistema de análisis rápido, utilizable en condiciones prácticas de explotación.

Material y métodos

Para lograr estos objetivos se utilizó sangre de 36 ovejas en lactación y de 30 corderas de reposición de raza Assaf. Todos los animales

habían sido desparasitados (Nilzan Plus, Intervet-Schering Plough Animal Health, Madrid, España) antes del comienzo del estudio y su estado clínico se consideró como normal, sobre la base del resultado de exploraciones previas (funcionalidad del aparato digestivo, respiratorio y circulatorio, toma de la temperatura corporal, comportamiento alimentario y social). El manejo de los animales se realizó de acuerdo con las condiciones establecidas en el Real Decreto 1201/2005 y la Directiva 2010/63/UE sobre protección de los animales utilizados para fines científicos.

Las ovejas, con una edad comprendida entre los 2 y los 4 años y un peso medio de $83,6 \pm 3,62$ kg, se encontraban entre los días 25 y 40 de lactación y recibieron un pienso compuesto completo a voluntad. Estos animales fueron ordeñados 2 veces al día (7,30 y 19,00 h), siendo la producción media diaria de leche de $2,81 \pm 0,17$ l. Las corderas de reposición (no gestantes ni lactantes) tenían una edad de 10-12 meses (peso medio de $51,8 \pm 1,48$ kg) y fueron gradualmente adaptadas al pienso y al nivel de alimentación de las ovejas a lo largo de 14 días. Una vez adaptadas, las corderas recibieron durante otros 14 días el pienso compuesto completo a voluntad, compuesto por alfalfa deshidratada larga (27%), alfalfa granulada (7%), semilla de algodón (6%), pulpa de remolacha (3%), maíz (12%), avena (5%), melaza (8%) y núcleo concentrado (32%). Su composición química (86% de materia seca, MS) fue la siguiente (valores expresados sobre MS): 8,9% de cenizas, 18,7% de proteína bruta, 30,5% de fibra neutro detergente y 4,38 kcal/g.

Después de tener a todos los animales 14 días recibiendo la dieta a voluntad (ingestión media de 2,70 y 2,08 kg/día para ovejas y corderas, respectivamente) se procedió a la toma de muestras de sangre. La extracción de la sangre se realizó a primera hora de la mañana, antes de la administración del alimento (9,30 h). Las muestras de sangre se obtuvie-

ron mediante punción en la vena yugular y usando tubos Vacutainer® de 5 ml de capacidad sin anticoagulante. Inmediatamente tras su obtención, cada muestra fue analizada, utilizando para ello un analizador clínico portátil (i-STAT portable clinical analyzer, Abbott Point of Care Inc, Abbott Park, Illinois, USA) provisto de cartuchos de un solo uso y de calibración automática (EC8+ cartridges, Abbott Point of Care Inc.). Se determinaron los siguientes parámetros: pH, presión parcial de dióxido de carbono (pCO_2), dióxido de carbono total (tCO_2), bicarbonato (HCO_3), exceso de bases (BE), glucosa (Glc), nitrógeno ureico en sangre (BUN), hematocrito (Hct), hemoglobina (Hgb), anión gap (AGap) y los iones sodio (Na), potasio (K) y cloro (Cl). El volumen de sangre y el tiempo utilizados por el sistema para cada muestra fueron de 160 μ l y 2 minutos (calibración del cartucho previa al análisis incluida).

Se calculó la media y la mediana, el error estándar y los valores mínimo y máximo para el conjunto de los datos (ovejas y corderas). La comparación entre ovejas y corderas alimentadas a voluntad se realizó mediante un análisis de varianza de una vía, con el tipo de animal como fuente de variación. Para la estadística descriptiva, el análisis de varianza y el análisis de componentes principales se utilizaron los procedimientos MEANS, GLM y FACTOR del paquete estadístico SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC, EUA).

Resultados y discusión

Es frecuente la utilización del analizador clínico portátil (i-STAT) en el ámbito de la medicina humana, mientras que su utilización en el campo de la medicina veterinaria es aún incipiente (Vap y Weiser, 2007). No obstante, existen referencias de su utilización en perros (López et al., 2006), broilers (Martin et al., 2010) ganado equino (Peiró et al., 2010), ganado va-

cuno (Ahola *et al.*, 2006; Castillo *et al.*, 2006; Castillo *et al.*, 2009) y ovino (Schlageter, 2007; Acharya *et al.*, 2008, 2011; Peiró *et al.*, 2010).

La validez de este sistema de análisis ya ha sido demostrada en un estudio reciente que comparó los resultados procedentes del i-STAT con aquellos de métodos de referencia, comprobando y validando su utilidad en ganado equino, vacuno y ovino (Peiró *et al.*, 2010). En este mismo estudio se recomienda, asimismo, la utilización de sangre sin anticoagulante como el método de elección para la realización inmediata de los análisis.

Los valores medios para todos los individuos estudiados (ovejas y corderas) aparecen recogidos en la Tabla 1. Todos los valores obtenidos

se encuentran dentro del rango considerado normal para esta especie (Aiello *et al.*, 2000; Radostits *et al.*, 2007). Sin embargo, es evidente que, si bien los rangos son amplios, los valores medios varían en función de la raza estudiada. Así, pueden observarse ciertas diferencias cuando se comparan con datos obtenidos por otros autores en diferentes razas y con diversos métodos de análisis, tal y como aparece reflejado en la Tabla 2. Por otra parte, también han sido citadas diferencias entre 10 razas ovinas y algunos de sus ecotipos (Manchega, Talaverana, Castellana, Rasa Aragonesa, Churra, Latxa, Ojalada, Merina, Fleischschaf y Karakul), cuando se estudiaron los rangos de concentración de Na y K tanto en plasma como en eritrocitos (Vallejo *et al.* 1975 y 1976).

Tabla 1. Valores descriptivos de los parámetros sanguíneos considerando todos los animales de raza Assaf (ovejas y corderas) estudiados (N = 66)
Table 1. Descriptive values for each blood parameter considering all the animals (adult and young ewes) studied (N = 66)

	Media	Error estándar	Mínimo	Mediana	Máximo
pH	7,48	0,005	7,30	7,48	7,66
Presión de CO ₂ (mm Hg)	36,4	0,39	22,9	36,5	52,8
Bicarbonato (mmol/l)	27,2	0,23	21,8	27,1	34,7
Exceso de bases (mmol/l)	3,72	0,260	-2,00	4,00	12,00
Glucosa (mg/dl)	69,4	0,579	56,0	69,0	83,0
Nitrógeno ureico en sangre (mg/dl)	21,9	0,479	14,0	21,0	37,0
Sodio (mmol/l)	145	0,2	141	145	159
Potasio (mmol/l)	4,68	0,041	3,80	4,60	6,30
Cloro (mmol/l)	107	0,3	101	107	113
CO ₂ total (mmol/l)	28,3	0,23	23,0	28,0	36,0
Anión gap (mmol/l)	15,5	0,37	9,0	16,0	31,0
Hematocrito (%)	24,4	0,41	12,0	25,0	40,0
Hemoglobina (g/dl)	8,30	0,140	4,10	8,50	13,60

Tabla 2. Rangos de referencia de valores de parámetros sanguíneos en ganado ovino, según raza y método de análisis
 Table 2. Reference values for sheep blood parameters in the bibliography by breed and analytical method

Referencia	(1)	(2)	(3)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(7)
Método	—	—	i-Stat	i-Stat	—	—	i-Stat	AVL Omni*	i-Stat
Raza	Churra	—	Manchega	Lacaune	—	—	Finesa	—	—
pH			7,388-7,430	7,294-7,435		7,32-7,44	7,36	7,4	7,3-7,5
Presión de CO ₂ (mm Hg)			38,01-42,16	38,42-42,49	38-45	38-48	38,49	40,23	34,3-51,0
Bicarbonato (mmol/l)			24,48-26,64	18,69-26,9	21-28	22-27		24,63	23-29
Exceso de bases (mmol/l)			(-0,29)-1,77	-7,82-2,65		(-2,1)-4,0	-3,18	-0,08	(-3) - 5
Glucosa (mg/dl)			55,14-60,90	57,30-59,10	50-80	57,6-81,0			
Nitrógeno ureico en sangre (mg/dl)		3,7-9,3	35,85-43,73	37,79-47,77					
Sodio (mmol/l)	145,4	142-160	142,6-146,2	143,6-146,3	145-152	140-148		145	145-149
Potasio (mmol/l)	5,19	3,8-5,7	3,78-4,18	4,05-4,36	3,9-5,4	4,6-6,5		4,84	4,0-5,6
Cloro (mmol/l)		101-113	105,6-109,8	107,6-115,6	95-103	103-110			
CO ₂ total (mmol/l)			25,85-27,93	19,80-28,07	20-28			22,18	24-31
Anión gap (mmol/l)			13,95-14,92	12,66-16,66					
Hematocrito (%)			25,31-27,87	21,21-25,68	27-45	32-50		28,39	13-32
Hemoglobina (g/dl)			8,59-9,46	8,67-7,36	9-15	10-16		9,465	4-11

(1) Díez et al. (1986); (2) Aiello et al., 2000; (3) Schlageter (2007); (4) Radostits et al. (2007); (5) Nuñez-Ochoa and Bouda (2007); (6) Achayra et al. (2011); (7) Peiró et al. (2010). *AVL Omni, 1-9, Roche Diagnostics Corp, Indianapolis, Ind.

En general, los valores observados en el presente trabajo se encuentran dentro de los rangos que señala la bibliografía, pero no siempre se sitúan dentro del rango mayoritario. Así, en el caso del pH, nuestros valores tienden a mostrar una mayor amplitud y son ligeramente superiores a los más utilizados como referencia (7,48 vs. 7,3-7,4). Al contrario sucede con los valores de pCO_2 , que en nuestro caso tienden a ser ligeramente inferiores a los recogidos en la literatura (36 vs. 38-45 mm Hg). Por lo que respecta a parámetros relacionados con el estado ácido-base, tales como HCO_3 , BE y tCO_2 , el rango de distribución observado en nuestro estudio es también mayor que el de la bibliografía, al igual que los valores medios observados (27 vs. 22-26 mmol/l, 3,7 vs. -2,5 a -1,0 mmol/l y 28 vs. 24-27 mmol/l, para HCO_3 , BE y tCO_2 , respectivamente). Esto podría deberse a la variabilidad de los animales y a la alimentación de los mismos, puesto que en la muestra se incluyen animales adultos en fase productiva y animales jóvenes en crecimiento. Además, parece necesario señalar que los estudios de validación llevados a cabo en la especie ovina y en otras especies (Peiró et al., 2010) se han realizado utilizando un número menor de animales que en el presente experimento.

Los valores de concentración de Glc observados en este experimento están, de media, por encima de aquellos encontrados en el estudio de Schlageter (2007) (69 vs. 58 mg/dl). Este hecho puede deberse al tipo de alimentación que reciben los animales, ya que el suministro de concentrados (como en el presente estudio) puede dar lugar a un incremento en la cantidad de almidón que llega sin fermentar a tramos posteriores del aparato digestivo y, por ende, a la absorción de glucosa, con el consiguiente aumento de su concentración en sangre (Rius et al., 2010).

Por lo que respecta a la concentración de nitrógeno ureico en sangre, los valores observados en los animales del presente experimento son menores a los citados por Schlageter (2007)

pero claramente superiores a los de Aiello et al. (2000), siendo en nuestro caso el rango más estrecho que el del primero y los valores obtenidos muy similares para ovejas y corderas (21,9 mg/dl). Este parámetro parece variar con el tipo de raza, habiéndose señalado, por ejemplo, valores ligeramente superiores para la raza Lacaune que para la Manchega (42,8 vs. 39,8 mg/dl).

En cuanto a las concentraciones de Na, si bien en el presente estudio sus valores oscilan en un rango más amplio que el encontrado en la bibliografía, los valores medios observados (145 mmol/l) son muy similares a la mayoría de los recogidos como referencia (145-147 mmol/l). Para las concentraciones de K y Cl, no obstante, la comparación de datos con la bibliografía indica una dependencia de los valores medios en función de la raza. En este sentido, la raza Lacaune parece mostrar mayores valores medios que la raza Manchega tanto de K (3,9 vs. 4,2 mmol/l) como de Cl (108 vs. 112 mmol/l), situándose los valores para la raza Assaf ligeramente por debajo de la raza Manchega en el caso del Cl (107 mmol/l) y más elevados que en la raza Lacaune en el caso del K (4,7 mmol/l). Por otra parte, para el anion gap hemos observado un rango de variación más amplio que el referido en la bibliografía, si bien nuestro valor medio (15,5 mmol/l) es similar al observado en otras razas.

Los valores medios de Hct y Hgb encontrados en la bibliografía oscilan en función de la raza, entre 22 y 40% para el primer parámetro y entre 7,5 y 13,0 g/dl para el segundo, situándose los valores observados en el presente estudio dentro de esa horquilla (24% y 8,3 g/dl, respectivamente). No obstante, los valores máximos y mínimos son más extremos en nuestro estudio, lo cual estaría relacionado, fundamentalmente con una mayor variación individual asociada al tipo de animales y al estado fisiológico (crecimiento, producción) en que se encuentran.

Tabla 3. Comparación de los parámetros sanguíneos entre ovejas y corderas de raza Assaf alimentadas a voluntad con la misma ración
 Table 3. Comparison between Assaf adult and young ewes fed ad libitum on the same ration

	Corderas	Ovejas	d.e.r.	Valor-P
pH	7,49	7,48	0,052	0,710
Presión de CO ₂ (mm Hg)	34,5	38,2	3,92	0,001
Bicarbonato (mmol/l)	25,9	28,5	2,42	<0,001
Exceso de bases (mmol/l)	2,48	4,94	2,974	0,002
Glucosa (mg/dl)	75,2	65,6	4,69	<0,001
Nitrógeno ureico en sangre (mg/dl)	23,9	23,8	4,13	0,926
Sodio (mmol/l)	145	146	2,1	0,030
Potasio (mmol/l)	4,73	4,61	0,452	0,278
Cloro (mmol/l)	107	109	2,1	0,001
CO ₂ total (mmol/l)	26,9	29,7	2,50	<0,001
Anión gap (mmol/l)	17,0	13,6	3,31	0,000
Hematocrito (%)	25,6	20,8	3,56	<0,001
Hemoglobina (g/dl)	8,69	7,07	1,208	<0,001

d.e.r. = desviación estándar residual.

Resulta conocido que tanto el estado productivo o reproductivo de los animales como su edad influyen en su perfil bioquímico sanguíneo. Así, conviene señalar que, en un estudio llevado a cabo con ovejas merinas, Alonso *et al.* (1997) evidenciaron diferencias debidas a la edad de los animales y a su estado reproductivo, pudiendo discriminar en algunos casos cuáles de las diferencias eran debidas a una u otra causa. En este sentido, el análisis de varianza de los datos observados para los animales de nuestro estudio en función del tipo de animal (oveja vs. cordera), ha puesto de manifiesto diferencias entre ellos en algunos parámetros (Tabla 3). Así, no se observaron diferencias estadísticamente significativas ($P>0,05$) en los valores de pH, BUN y K entre ovejas y corderas. Los parámetros relacionados con el equilibrio ácido

base (PCO₂, HCO₃, BE, tCO₂) mostraron valores menores en los individuos jóvenes ($P<0,05$). De igual forma, aunque corderas y ovejas presentaron valores muy similares de Na y Cl, éstos fueron significativamente más bajos en el caso de las corderas ($P<0,05$). Finalmente, los valores de concentración de Glc, anión gap, Hct y Hgb fueron significativamente mayores ($P<0,05$) en las corderas que en las ovejas adultas. No se observaron diferencias estadísticamente significativas ($P>0,05$) en los valores de pH, BUN y K entre ovejas y corderas. En nuestro estudio, si bien no es posible esclarecer el origen concreto de tales diferencias (edad, estado productivo –crecimiento vs. lactación– o reproductivo –estro, anestro– de los animales), las muestras de uno y otro tipo de animal pudieron ser prácticamente separadas por un análisis de componentes principa-

les (Figura 1). Pese a que los dos factores principales apenas explican un 7% de la variación observada, es destacable que aquellas variables relacionadas con el estado ácido base y la concentración de gases en sangre (BE , HCO_3^- , tCO_2 , pCO_2) junto con el hematocrito ('Hto' en la Figura 2) y la hemoglobina ('Hb' en la Fi-

gura 2) sean las que muestran un mayor peso en la clasificación de las muestras (Figura 2). Sin embargo, consideramos que extender la discusión en este sentido, más allá de la constatación de las evidentes diferencias, sería especular acerca de los orígenes de éstas, además de exceder los objetivos de este trabajo.

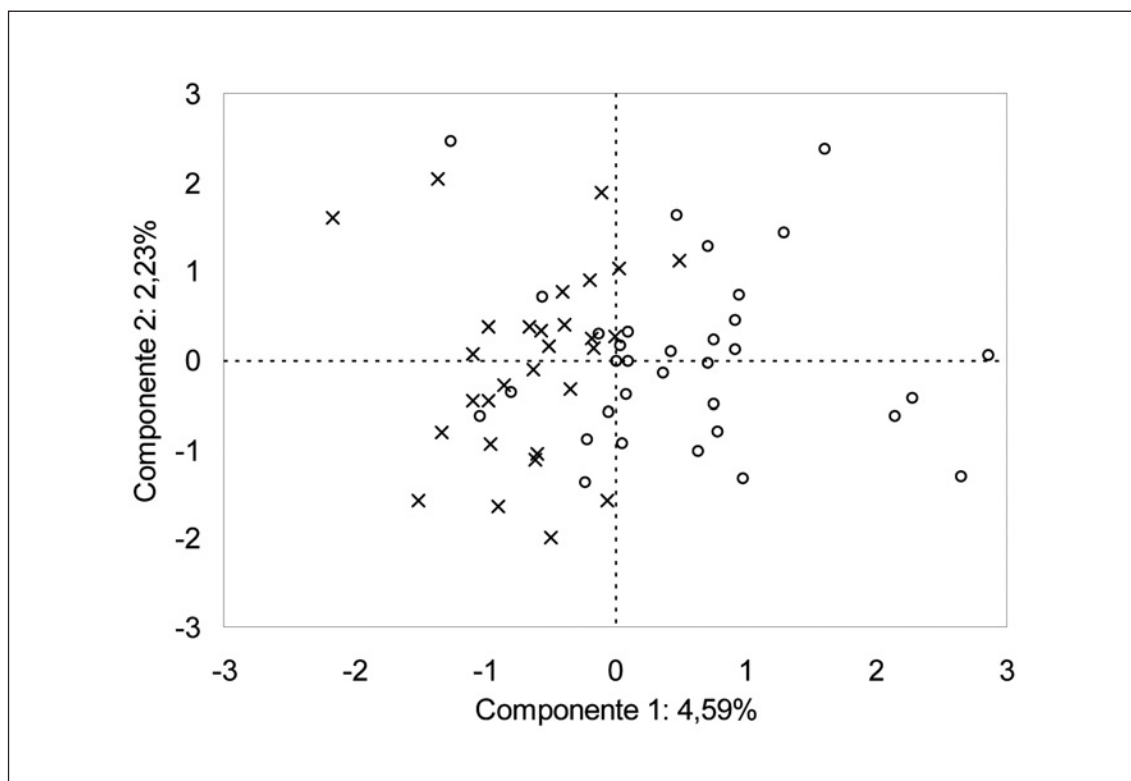


Figura 1. Discriminación de los animales (○, oveja; ×, cordera) en función del análisis de componentes principales de los datos de parámetros sanguíneos.

Figure 1. Discrimination of the individuals (○, adult ewes; ×, young ewes) on the basis of principal component analysis performed on data on blood parameters.

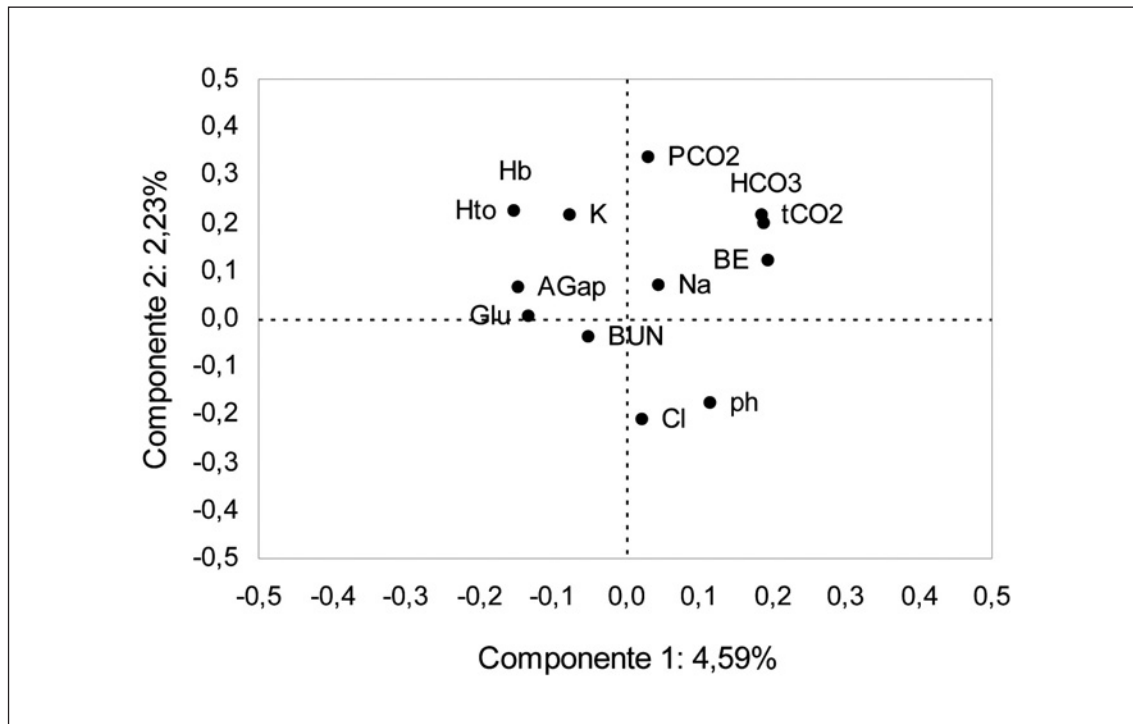


Figura 2. Discriminación de las variables estudiadas en función del análisis de componentes principales de los datos de parámetros sanguíneos.

Figure 2. Discrimination of the variables studied on the basis of principal component analysis performed on blood parameters.

Conclusiones

Los valores de los rangos de normalidad de los parámetros sanguíneos en la especie ovina varían en función de la raza y el estado productivo de los animales. El presente estudio describe los principales rangos de normalidad de ciertos parámetros sanguíneos en ovejas de raza Assaf, obtenidos mediante un método de análisis sencillo, rápido y fiable a partir de muestras de sangre entera en condiciones de campo.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado por el Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León y el Instituto de Ganadería de Montaña (CSIC-ULE) dentro del Proyecto 2010-1287: "Producción ovina láctea adaptada a altos estándares de calidad" financiado por el Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (Consejería de Agricultura y Ganadería, Junta de Castilla y León).

Bibliografía

- Acharya G, Huhta JC, Haapsamo M, How O-J, Erkinaro T, Räsänen J, 2011. Effect of Angiotensin II on the Left Ventricular Function in a Near-Term Fetal Sheep with Metabolic Acidemia. *Journal of Pregnancy* 2011: 1-7.
- Acharya G, Räsänen J, Mäkilä K, Erkinaro T, Kavasmaa T, Haapsamo M, Mertens L, 2008. Metabolic acidosis decreases fetal myocardial isovolumic velocities in a chronic sheep model of increased placental vascular resistance. *American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology*, 294(1): H498-H504.
- Ahola JK, Enns RM, Holt T, 2006. Examination of potential methods to predict pulmonary arterial pressure score in yearling beef cattle. *Journal of Animal Science*, 84(5): 1259-1264.
- Aiello SE, Mays A, Amstutz HE, Gispert C, 2000. *Manual Merck de veterinaria*. 2558 pp. Barcelona: Océano.
- Alonso AJ, Teresa R, García M, González JR, Vallejo M, 1997. The effects of age and reproductive status on serum and blood parameters in merino breed sheep. *Journal of Veterinary Medicine Series A*, 44: 223-231.
- Bodas R, 2004. El bicarbonato sódico en la alimentación de corderos en la etapa de crecimiento-cebo y de ovejas en lactación. Tesis Doctoral. Universidad de León.
- Castillo C, Benedito JL, Pereira V, Vázquez P, Gutiérrez C, Hernández J, 2009. Acid-base status and serum L-lactate in growing/finishing bull calves fed different high-grain diets. *Livestock Science*, 120: 66-74.
- Castillo C, Hernández J, Méndez J, Llena J, Pereira V, López-Alonso M, Benedito JL, 2006. Influence of grain processing on acid-base balance in feedlot steers. *Veterinary Research Communications*, 30: 823-837.
- Gokce G, Citil M, Gunes V, Atalan G, 2004. Effect of time delay and storage temperature on blood gas and acid-base values of bovine venous blood. *Research in Veterinary Science*, 76 (2): 121-127.
- López JHF, Martínez PAL, Roncancio BOC, 2006. Parámetros fisiológicos en caninos pre y post competencia de Agility en Bogotá, Colombia. *Revista de Medicina Veterinaria*: 57-71.
- López CM, Cienfuegos S, Dacal V, Vázquez L, Panadero R, Fernández G, Díaz P, 2010. Efficacy of anthelmintic control programs against natural *Muellerius capillaris* infection in sheep in the north-west of Spain. Effect on blood gases and pH in venous blood samples. *Parasite*, 17 (2): 167-171.
- Mantecón AR, Lavín P, 2002. Ovino, presente y futuro: la raza Assaf. *Tierras*, 85: 48-52.
- Martin MP, Wineland M, Barnes HJ, 2010. Selected Blood Chemistry and Gas Reference Ranges for Broiler Breeders Using the i-STAT® Handheld Clinical Analyzer. *Avian Diseases Digest*, 5: e32-e33.
- Núñez-Ochoa L, Bouda J, 2007. *Patología clínica veterinaria*. UNAM, México DF, 349 pp.
- Pastor J, Loste A, Sáez T, 2001. La toxemia de gestación en la oveja. *Pequeños Rumiantes*, 2 (3): 18-24.
- Peiró JR, Borges AS, Gonçalves RC, Mendes LCN, 2010. Evaluation of a portable clinical analyzer for the determination of blood gas partial pressures, electrolyte concentrations, and hematocrit in venous blood samples collected from cattle, horses, and sheep. *American Journal of Veterinary Research*, 71: 515-521.
- Radostits OM, Gay CC, Hinchcliff KW, Constable PD, 2007. Appendix 2: Reference laboratory values. *Veterinary Medicine*, 10th Edn. Saunders Ltd., Londres, pp. 2047-2050.
- Rius AG, Appuhamy JADRN, Cyriac J, Kirovski D, Becvar O, Escobar J, McGilliard ML, Bequette BJ, Akers RM, Hanigan MD, 2010. Regulation of protein synthesis in mammary glands of lactating dairy cows by starch and amino acids. *Journal of Dairy Science*, 93: 3114-3127.
- Romero J, Bodas R, Martínez Y, Díez P, Lavín P, Mantecón AR, 2009. Efecto de la época de parto sobre la producción de ovejas de raza Assaf Española en estabulación y pastoreo. XXXIX Jornadas de Estudio, XIII Jornadas sobre Producción Animal, Zaragoza, España, pp. 424-426.

- Schlageter A, 2007. Effects of dietary cation-anion difference in lactational performances of dairy ewes (MSc. Thesis). Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, 84 pp.
- Vallejo M, Altarriba J, Rodero A, Zarazaga I, Monge E, Garzón R, Llanes D, 1976. Estudio de la concentración de Na en sangre y eritrocitos: su distribución en las razas ovinas españolas. *Archivos de Zootecnia*, 25 (98): 171-200.
- Vallejo M, Zarazaga I, Garzón R, Rodero A, Altarriba J, Laserra JM, Monge E, 1975. Consideraciones acerca de algunos parámetros sanguíneos ovinos (Na, K plasmáticos y valor hematocrito). *Anales de la Facultad de Veterinaria de Zaragoza*, 10: 281-293.
- Vap LM, Weiser MG, 2007. Field chemistry analysis. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 23(3): 427-442.
- (Aceptado para publicación el 6 de julio de 2012)

**PREMIOS DE PRENSA AGRARIA 2012
DE LA
ASOCIACION 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. Podrán 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 2012. 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.



CIHEAM

CENTRO INTERNACIONAL DE ALTOS ESTUDIOS AGRONÓMICOS MEDITERRÁNEOS
INSTITUTO AGRONÓMICO MEDITERRÁNEO DE ZARAGOZA

CIHEAM/IAMZ - Cursos 2011-12-13

	CURSOS	FECHAS	LUGAR	ORGANIZACIÓN
PRODUCCIÓN VEGETAL	* OLIVICULTURA Y ELAIOTECNIA	26 Sep. 11/31 Mayo 12	Córdoba	UCO/JA/CSIC/COI/ INIA/IAMZ
	USO DE LA TELEDETECCIÓN PARA LA GESTIÓN DEL RIEGO	21-26 Nov. 11	Zaragoza	IAMZ/UE-Proyecto Telerieg
	PRODUCCIÓN DE MEDICAMENTOS A PARTIR DE PLANTAS	16-21 Ene. 12	Zaragoza	IAMZ
	USO DE LOS MARCADORES MOLECULARES EN MEJORA VEGETAL	20 Feb./2 Mar. 12	Barcelona	IAMZ/IRTA/CRAG
	GESTIÓN DE MALAS HIERBAS EN LA AGRICULTURA ACTUAL	16-21 Abr. 12	Zaragoza	IAMZ/EWRS/SEMh/ IWSS
	* MEJORA GENÉTICA VEGETAL	1 Oct. 12/7 Jun. 13	Zaragoza	IAMZ/UdL
PRODUCCIÓN ANIMAL	* NUTRICIÓN ANIMAL	3 Oct. 11/8 Jun. 12	Zaragoza	IAMZ/UZ/FEDNA/ UPM
	* MEJORA GENÉTICA ANIMAL Y BIOTECNOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN	3 Oct. 11/29 Jun. 12	Valencia/ Barcelona	UPV/UAB/IAMZ/ IVIA/INIA/IRTA/ AGROALIMED
	CALIDAD DE LA CARNE Y DE PRODUCTOS CÁRNICOS EN RUMIANTES	17-21 Sep. 12	Zaragoza	IAMZ
	NUEVOS DESARROLLOS EN METODOLOGÍAS DE DIAGNÓSTICO EN SANIDAD ANIMAL	14-18 Ene. 13	Zaragoza	IAMZ/OIE/FAO
	EVALUACIÓN MEDIOAMBIENTAL DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN GANADERA	11-15 Mar. 13	Zaragoza	IAMZ/EAAP
	SEGURIDAD DE LOS PRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL (CARNE Y HUEVOS) DE LA REPRODUCCIÓN	6-10 Mayo 13 Barcelona	Zaragoza IVIA/INIA/IRTA/	IAMZ/ AGROALIMED

(*) **Cursos de Especialización de Postgrado** del correspondiente Programa Master of Science (* marcados con asterisco en el listado). Se desarrollan cada dos años:

- | | |
|---|--|
| – MEJORA GENÉTICA VEGETAL: 12-13; 14-15; 16-17 | – PLANIFICACIÓN INTEGRADA PARA EL DESARROLLO RURAL
Y LA GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE: 12-13; 14-15; 16-17 |
| – OLIVICULTURA Y ELAIOTECNIA: 11-12; 13-14; 15-16 | – MARKETING AGROALIMENTARIO: 11-12; 13-14; 15-16 |
| – NUTRICIÓN ANIMAL: 11-12; 13-14; 15-16 | – ACUICULTURA: 12-13; 14-15; 16-17 |
| – MEJORA GENÉTICA ANIMAL Y BIOTECNOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN:
11-12; 13-14; 15-16 | – GESTIÓN PESQUERA SOSTENIBLE: 11-12; 13-14; 15-16 |

Se destinan primordialmente a titulados universitarios en vías de especialización de posgrado. No obstante se estructuran en unidades independientes para facilitar la asistencia de profesionales interesados en aspectos parciales del programa. Los participantes que cumplan los requisitos académicos pueden optar a la realización del 2º año para la obtención del Título Master of Science. El plazo de inscripción para los cursos de Mejora genética vegetal, Planificación integrada para el desarrollo rural y la gestión del medio ambiente y Acuicultura finaliza el 4 de Mayo 2012. El plazo de inscripción para el curso de Olivicultura y elaiotecnica finaliza el 15 de Abril 2013. El plazo de inscripción para los cursos de Nutrición animal, Mejora genética animal y biotecnología de la reproducción, Marketing agroalimentario y Gestión pesquera sostenible finaliza el 3 de Mayo 2013. El Estado Español reconoce el título Master of Science del CIHEAM otorgado a través del IAMZ como equivalente al título oficial de Máster del sistema universitario español.

Erasmus Mundus Master (** marcado con dos asteriscos en el listado). Se celebra todos los años. Para obtener mayor información y realizar la solicitud consulte la página web <http://www.master-edamus.eu/>

Los cursos de corta duración están orientados preferentemente a investigadores y profesionales relacionados en el desarrollo de sus funciones con la temática de los distintos cursos. El plazo de inscripción para los cursos de corta duración finaliza 90 días antes de la fecha de inicio del curso.

	CURSOS	FECHAS	LUGAR	ORGANIZACIÓN
MEDIO AMBIENTE	RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE RÍOS MEDITERRÁNEOS	19-24 Sep. 11	Zaragoza	IAMZ
	LOS INCENDIOS FORESTALES EN LA PERSPECTIVA DEL CAMBIO GLOBAL	13-17 Feb. 12	Zaragoza	IAMZ/UE-Proyecto FUME
	SISTEMAS DE AYUDA A LA DECISIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL DE ZONAS RURALES	19-23 Mar. 12	Zaragoza	IAMZ
	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS GEOESPACIALES EN ESTUDIOS AMBIENTALES	11-22 Jun. 12	Zaragoza	IAMZ
	* PLANIFICACIÓN INTEGRADA PARA EL DESARROLLO RURAL Y LA GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	1 Oct. 12/7 Jun. 13	Zaragoza	IAMZ/UdL
	GESTIÓN DE LOS INCENDIOS FORESTALES PARA AFRONTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO Y SOCIOECONÓMICO	20-25 Mayo 13	Zaragoza	IAMZ/UE-Proyecto FUME
COMERCIALIZACIÓN	* MARKETING AGROALIMENTARIO	3 Oct. 11/8 Jun. 12	Zaragoza	IAMZ
	** MÁSTER ERASMUS MUNDUS EN GESTIÓN SOSTENIBLE DE LA CALIDAD DE LOS ALIMENTOS (EDAMUS)	Sept. 12-Jun. 14 / Sept. 13-Jun. 15	Montpellier y otros países del Consorcio	UM1/IAMM/ IAMZ/ UNIBAS/ IAMCh/ UMC
	NUEVAS OPORTUNIDADES PARA LA PROMOCIÓN Y EXPORTACIÓN DE LOS PRODUCTOS AGROALIMENTARIOS	12-16 Nov. 12	Zaragoza	IAMZ
	ESTRATEGIAS DE MARKETING DE ACEITE DE OLIVA	25 Feb./1 Mar. 13	Zaragoza	IAMZ/COI
	INNOVACIÓN EN ENVASES DE PRODUCTOS HORTOFRUTÍCOLAS	15-19 Abr. 13	Zaragoza	IAMZ
PESCA Y ACUICULTURA	* GESTIÓN PESQUERA SOSTENIBLE	17 Oct. 11/15 Jun. 12	Alicante	UA/MAGRAMA/ IAMZ
	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y LA SEGURIDAD DEL PESCADO Y DE LOS PRODUCTOS DE LA PESCA	17-21 Oct. 11	Derio	IAMZ/AZTI-Tecnalia/ FAO
	ANÁLISIS DEL RIESGO SANITARIO EN ACUICULTURA	12-16 Dic. 11	Zaragoza	IAMZ
	AVANCES EN REPRODUCCIÓN DE PECES Y SU APLICACIÓN AL MANEJO DE REPRODUCTORES	23-28 Ene. 12	Castellón	IAMZ/CSIC-IATS
	SISTEMAS DE RECIRCULACIÓN Y SU APLICACIÓN EN ACUICULTURA	14-18 Mayo 12	Zaragoza	IAMZ
	* ACUICULTURA	15 Oct. 12/28 Jun. 13	Las Palmas de Gran Canaria	ULPGC/ICCM/IAMZ
	NUTRICIÓN DE PECES: SOSTENIBILIDAD Y CALIDAD DE LOS PRODUCTOS	22-26 Oct. 12	Zaragoza	IAMZ FAO
	ESTUDIOS DE MERCADO DE PRODUCTOS DEL MAR	10-14 Dic. 12	Zaragoza	IAMZ/FAO
	PROCESADO DE PRODUCTOS DEL MAR: TECNOLOGÍAS MODERNAS Y DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS	4-8 Feb. 13	Vigo	IAMZ/FAO/ANFACO-CECOPEPESCA
	USO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN PESCA Y ACUICULTURA	10-21 Jun. 13	Zaragoza	IAMZ

Becas. Los candidatos de países miembros del CIHEAM (Albania, Argelia, Egipto, España, Francia, Grecia, Italia, Líbano, Malta, Marruecos, Portugal, Túnez y Turquía) podrán solicitar becas que cubran los derechos de inscripción, así como becas que cubran los gastos de viaje y de estancia durante el curso. Los candidatos de otros países interesados en disponer de financiación deberán solicitarla directamente a otras instituciones nacionales o internacionales.

No obstante, en algunos cursos coorganizados con otras instituciones pueden existir becas destinadas a candidatos de algunos países no miembros del CIHEAM. Se recomienda consultar el correspondiente apartado de becas en el folleto informativo que se edita específicamente para cada uno de los cursos programados.

Información e inscripción. Los folletos informativos de cada curso se editan 6-8 meses antes de la fecha de inicio. Dichos folletos, así como los correspondientes formularios de solicitud de admisión pueden solicitarse a la dirección del IAMZ u obtenerse directamente de la página web:

Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza

Avenida de Montañana 1005, 50059 Zaragoza (España)
Teléfono +34 976 716000 - Fax +34 976 716001 - e-mail iamz@iamz.ciheam.org
www.iamz.ciheam.org

MÁSTER EN PRODUCCIÓN OVINA



**Universidad
Zaragoza**

► OBJETIVOS

El objetivo principal máster es enseñar a los alumnos a aplicar los conocimientos relacionados con la empresa ovina. Por lo tanto, la orientación del máster será práctica y permitirá complementar la formación previa que se ofrece en las titulaciones relacionadas (Grado en veterinaria, Ingeniería Agronómica, Ciencia y tecnología de alimentos, etc).

► DIRIGIDO A

El máster irá dirigido a técnicos vinculados con el sector o que pretendan orientar su futuro profesional hacia empresas relacionadas con el ovino en sus diferentes ámbitos. En la elección de los alumnos se primará la experiencia previa en el sector ovino y el curriculum vitae.

► PROGRAMACIÓN

MÓDULO 1 (15 ECTS): Producción y sanidad ovina

- Introducción
- Instalaciones y equipamiento
- Medio ambiente y bienestar animal
- Mejora genética y reproducción
- Alimentación
- Ordeño
- Sanidad
- Planificación y manejo general de la explotación
- Gestión técnico-económica

MÓDULO 2 (15 ECTS): Industrialización y comercialización

- Introducción
- Mercado y estrategias de producto
- Calidad y homogeneidad de las materias primas

- Trazabilidad y seguridad alimentaria
- Transformación
- Comercialización y marketing
- Logística global

MÓDULO 3 (15 ECTS): Herramientas de gestión empresarial

- Importancia y desarrollo del plan estratégico
- Introducción a la contabilidad y fiscalidad
- Gestión de subvenciones. Introducción al Derecho
- Herramientas de comunicación, sociología aplicada y trabajo en equipo
- Gestión de compras
- Aptitud para la venta
- Innovación
- Recursos humanos

MÓDULO 4 (15 ECTS): Especialización práctica

- Estancia práctica en empresas del sector ovino
- Entrega del proyecto fin de máster
- Presentación del proyecto fin de máster

► INFORMACIÓN GENERAL

Créditos: 60 créditos ECTS.

Duración: octubre 2012 a mayo de 2013 (modalidad anual) o enero a marzo de 2013 (modalidad intensiva).

Coste de la matrícula: 3000 euros para el Máster completo o 750 euros por módulo.

Preinscripción

Jesús Yániz Pérez de Albéniz (Universidad de Zaragoza)

Tel. 974 23 93 12

E-mail: jyaniz@unizar.es

Secretaría administrativa

Secretaría General de la Facultad de Veterinaria de Zaragoza (Asuntos Académicos)

Facultad de Veterinaria de Zaragoza

Miguel Servet 177, 50013, Zaragoza

Tel. 976 76 16 18

E-mail: acavetez@unizar.es

INSCRIPCIÓN EN AIDA

* Si desea Ud. pertenecer a la Asociación, rellene la ficha de inscripción y envíela a **Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario**. Avda. Montañana 930. 50059 Zaragoza.

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

Apellidos..... Nombre.....

Dirección postal

Teléfono..... Fax..... E-mail

Empresa

Área en que desarrolla su actividad profesional

Firma:

FORMA DE PAGO (CUOTA ANUAL: 39 EUROS)

☐ Cargo a tarjeta VISA ó MASTERCARD

Número tarjeta:

Válida hasta:

□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □

☐ Cargo a cuenta corriente o libreta (rellenar la domiciliación bancaria)

Sr. Director del Banco/Caja

Muy Sr. mío:

Ruego a Vd. se sirva adeudar en la siguiente cuenta corriente / Libreta (20 dígitos)

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

Atentamente,

Firmado:

Sello de la Entidad:

