

Sumario

Producción Vegetal

- Análisis de los factores de participación en programas agroambientales de lucha contra la erosión en el olivar
Analysis about the participation factors in EU agri-environmental programmes of fight against soil erosion in olive groves
J.A. Franco 169
- ¿Contribuyen los programas de apoyo desarrollados en el artículo 68 a la sostenibilidad de la actividad agraria? El caso de la agricultura de secano de Castilla y León
Do support programs developed by Article 68 contribute to the agricultural activity sustainability? The case of rain-fed agriculture in Castilla y León (Spain)
A. Gómez-Ramos y J. Gallego-Ayala 184
- Biomasa vegetal no alimentaria producida en España con posibilidad de uso energético
The quantification of no-food biomass production to obtain energy in Spain
C.G. Hernández Díaz-Ambrona y A. Fuertes Sánchez 209

Producción Animal

- Efecto de la edad de sacrificio sobre las características del crecimiento y la canal en pollos de raza Castellana Negra mejorada y del cruce con la raza Penedesenca Negra mejorada
Effect of slaughter age in growth and carcass characteristics in chickens of Castellana Negra improved breed and crossbreed with Penedesenca Negra improved breed
J.A. Miguel, L. Escoda, M.D. Cubilo, M. Tor, B. Asenjo, J. Ciria y A. Francesch 226
- Efecto del sexo y del cruzamiento sobre la calidad instrumental y sensorial y sobre la aceptación de la carne de añojos de la raza avileña-negra ibérica
Effect of sex and crossbreeding on instrumental and sensory quality and appraisal of meat from Avileña-Negra Ibérica cattle breed
B. Panea, G. Ripoll, J.L. Olleta y C. Sañudo 239

Análisis de los factores de participación en programas agroambientales de lucha contra la erosión en el olivar

J.A. Franco

Departamento de Economía. Escuela de Ingenierías Agrarias. Universidad de Extremadura. Carretera de Cáceres, s/n. 06007 Badajoz. E-mail: franco@unex.es

Resumen

La erosión del suelo es un problema ambiental de primera magnitud que afecta a la productividad de los cultivos. Por ello en este trabajo se analizan los principales factores socioeconómicos que determinan la adopción de prácticas de conservación del suelo en explotaciones olivareras con elevados niveles de erosividad. Además se estudian las variables que explican la participación de los agricultores de la zona seleccionada en los programas agroambientales de la Unión Europea relativos a la lucha contra la erosión. Según la estimación de varios modelos se comprueba que la probabilidad de adoptar múltiples prácticas de conservación aumenta con la superficie y la edad de la plantación. Mientras que la participación en el programa agroambiental disminuye conforme disminuyen los pagos.

Palabras clave: Olivar, erosión, programas agroambientales, modelos probit.

Summary

Analysis about the participation factors in EU agri-environmental programmes of fight against soil erosion in olive groves

Soil erosion is an environmental problem of first magnitude, affecting crop productivity. Therefore this paper analyzes the main economic factors that determine the adoption of soil conservation practices in olive groves with high levels of erosivity. Also it explores the variables that explain the participation of surveyed farmers in the European Union agri-environmental programme on the fight against soil erosion. According to the estimation of several models is found that the probability of adoption of multiple conservation practices increases with the surface and the plantation age. While the participation in the agri-environmental schemes decreases with lower payments.

Key words: Olive groves, soil erosion, agri-environmental programmes, probit models.

Introducción

La participación de los agricultores en los programas agroambientales de lucha contra la erosión ha sido un tema frecuente de estudio en Europa, especialmente a partir de la segunda mitad de los 90 y de las sucesivas reformas de la PAC. En concreto, Bonnieux *et al.* (1998) realizan para el caso francés un estudio de la participación en el programa

europeo de "áreas medioambientalmente sensibles", igual que Morris y Potter (1995) y Wilson (1997) en el Reino Unido. Y Wynn *et al.* (2001) en Escocia. Además del análisis de otros programas agroambientales en España (Oñate *et al.*, 1998), Escocia (Willock *et al.*, 1999), Bélgica (Vanslebrouck *et al.*, 2002), Holanda (Wossink y Wenum, 2003) o Italia (Defrancesco *et al.*, 2008).

La metodología que utilizan los estudios revisados es diversa, combinándose en algunos casos varias aplicaciones metodológicas. Un buen número de investigaciones estiman modelos de elección discreta, como Bonnieux *et al.* (1998), Wynn *et al.* (2001), Vanslebrouck *et al.* (2002), Cooper (2003), Wossink y Wenum (2003), Giannakas y Kaplan (2005) o Defrancesco *et al.* (2008). Otras metodologías aplicadas son las siguientes (Moxey *et al.*, 1999; Fraser, 2002 y 2004; Dupraz *et al.*, 2003; Woodhouse, 2006; Glebe y Salhofer, 2007): análisis estadísticos descriptivos, modelos de simulación, análisis jerárquico de procesos, modelos de ecuaciones estructurales, análisis numérico, valoración contingente, análisis de duración, teoría de juegos y otros modelos econométricos.

Morris y Potter (1995) clasifican a los agricultores según su actitud hacia la participación en cuatro categorías: no-adoptantes resistentes, no-adoptantes condicionales (o adoptantes potenciales), adoptantes pasivos y adoptantes activos. Las medidas políticas que se elaboren han de responder, por tanto, a esta agrupación, teniendo como objetivo el trasvase gradual desde las categorías de no-adoptantes hacia la de adoptantes activos. Wilson (1997) analiza los factores que influyen en la participación de los agricultores en el programa europeo de "áreas medioambientalmente sensibles" en el Reino Unido. Los resultados muestran que la superficie de la explotación es la principal variable que explica la participación, también son significativas la continuidad de la actividad agraria por algún miembro de la familia y los pagos del programa.

Wynn *et al.* (2001) analizan mediante un modelo logit multinomial la probabilidad de participar en el programa europeo de "áreas medioambientalmente sensibles" en Escocia. Consideran tres grupos de agricultores: participantes, participantes potenciales y no-participantes. Encuentran que los

que no participan están menos informados y son menos conscientes de las ventajas del programa. La probabilidad de participar aumenta con los pagos asociados a la adopción de prácticas de conservación y con los bajos costes de inversión en las mismas. Mientras que la probabilidad disminuye conforme mayor es la superficie de cultivo y la densidad de la cabaña ganadera (debido al aumento de los costes de oportunidad asociados al incremento de las exigencias y requisitos agroambientales).

Wossink y Wenum (2003) analizan mediante modelos probit y tobit la participación de los agricultores holandeses en planes de conservación de la biodiversidad consistentes en la adopción de setos en las lindes de la explotación y sin usar herbicidas. Los resultados muestran que las características del agricultor y de la explotación no son relevantes en la decisión de participar. En particular, ni el tamaño de la finca ni la continuidad de la actividad agraria fueron significativos en los modelos estimados. La edad no influía en la probabilidad de la participación real, pero sí presentaba un efecto negativo sobre la participación potencial. También encontraron evidencia para rechazar la hipótesis sobre la mayor probabilidad de participar de los agricultores con una actitud más innovadora.

Giannakas y Kaplan (2005) analizan mediante teoría de juegos y modelos logit los factores que influyen en el incumplimiento de los requisitos agroambientales fijados en los programas públicos estadounidenses de conservación de suelos gravemente erosionados. Concluyen que estos programas presentan un efecto ambiguo sobre la conservación de la tierra, particularmente los programas basados en ayudas económicas, ya que existen incentivos para incumplir los compromisos agroambientales.

Otros trabajos más recientes que analizan la efectividad y la eficiencia de los pagos vincula-

dos a programas agroambientales son los de Engel *et al.* (2008), Baylis *et al.* (2008), Stobbe-laar *et al.* (2009), Canton *et al.* (2009), Prager y Freese (2009), Fleskens y Graaff (2010), Mette-penningen *et al.* (2011), Horst (2011).

A partir de la revisión de la literatura cabe preguntarse si existe una serie de condicionantes comunes que influyan en el comportamiento de los agricultores a la hora de participar en un programa agroambiental de lucha contra la erosión. La hipótesis de trabajo es que pueden distinguirse varios grupos o categorías de factores relacionados con la decisión de participar en los planes de conservación del suelo. Por tanto, los objetivos principales de este trabajo son dos. Por un lado, analizar las variables que influyen en la decisión de adoptar prácticas de conservación del suelo en una zona olivarera granadina con problemas de erosión. Y por otro lado, estudiar los factores que determinan la decisión de los agricultores encuestados de participar en el programa agroambiental europeo de control de la erosión.

La normativa agroambiental en Andalucía

El Reglamento 1698/2005 relativo a las ayudas al desarrollo rural a través del fondo europeo, establece las normas generales que regulan la ayuda comunitaria al desarrollo rural, financiada por el FEADER para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2007 y el 31 de diciembre de 2013. Este Reglamento establece una programación basada en un Plan Estratégico Nacional que recoge las prioridades de esta política a nivel de Estado Miembro, y en los Programas de Desarrollo Rural. Los objetivos propuestos en esta normativa se articulan en torno a cuatro ejes: aumento de la competitividad del sector agrícola y forestal (eje 1), mejora del medioambiente y del entorno rural (eje 2), calidad de vida en las zonas

rurales y diversificación de la economía rural (eje 3), y la implantación de los grupos de desarrollo local Leader (eje 4). Las ayudas agroambientales (artículo 39) se ubican en el eje 2, dentro de la subsección sobre condiciones relativas a las medidas destinadas a la utilización sostenible de las tierras agrícolas. Lo más relevante es que las ayudas agroambientales sólo se concederán para aquellos compromisos que supongan mayores exigencias que los requisitos obligatorios recogidos en el Reglamento 1782/2003.

En aplicación del Reglamento 1698/2005 se desarrolla el PDR andaluz. El Plan de Desarrollo Rural 2007-2013 de Andalucía tiene entre sus objetivos mejorar la competitividad de la agricultura y la silvicultura, apoyar la gestión de tierras y la mejora del medioambiente, fomentar la calidad de vida y la diversificación de las actividades económicas en el medio rural. Está dotado con un presupuesto de 3.766,7 millones de euros, de los cuales 1.881,74 proceden del Fondo Europeo de Desarrollo Rural (FEADER) y 685,6 de la cofinanciación nacional obligatoria para estos fondos: 291,4 aportados por el Estado y 394,2 aportados por la Junta de Andalucía. Además, estas cantidades se incrementarán en 1.199,3 millones de euros procedentes de los fondos propios de la administración autonómica (la cantidad total aportada por la Junta de Andalucía supone un aumento del 14% respecto al periodo 2000-2006).

El PDR 2007-2013 integra las ayudas a la utilización de métodos de producción agraria compatibles con el medioambiente, específicamente la Medida 4 sobre erosión del Reglamento 1257/1999, dentro de la Submedida 3 de agricultura ecológica, según se recoge en la Orden de 20 de noviembre de 2007 (Consejería de Agricultura y Pesca, 2007). La Submedida 3 de agricultura ecológica es la que integra mayor número de medidas de la normativa europea anterior (Reglamento 1257/1999). La cuantía de la prima que se

establece para el olivar en pendiente es de 370,40 €/ha, reduciéndose a un 90% a partir del cuarto año. En el año 2008 los agricultores que se encuentren en el último año de compromisos de la M-4 pueden optar por finalizar dichos compromisos y adaptarse o realizar una nueva solicitud a la Submedida 3 de agricultura ecológica.

Según establece la Orden de 20 de noviembre de 2007, los requisitos comunes a todas las medidas agroambientales son el mantenimiento de un cuaderno de explotación, el mantenimiento de la vegetación natural en las lindes de las parcelas, el mantenimiento de los elementos de infraestructura e instalaciones tradicionales (muretes, cercas, setos, terrazas, bancales, acequias, etc.) y los requisitos mínimos de aplicación de productos fitosanitarios y abonos. Además, como requisitos compartidos por las Submedidas 3 y 4 (agricultura y ganadería ecológicas) se detallan los siguientes: estar en condiciones de utilizar las indicaciones del método de producción ecológica, inscripción en un Organismo de control y certificación de la producción agrícola ecológica, y que las explotaciones agrarias estén en producción con especies ganaderas o cultivos destinados al consumo humano o animal. Los compromisos que asumen los agricultores que solicitan estas ayudas, Submedida 3, son los siguientes: No utilizar productos químicos de síntesis en el control de plagas y enfermedades. Efectuar el control de la maleza mediante medios mecánicos. Utilizar abono orgánico para mantener la fertilidad del suelo. Y mantener vegetación natural en las lindes. Además, en cultivos leñosos situados en pendientes iguales o superiores al 8% los principales requisitos son no alterar el suelo de las calles entre el 1 de septiembre y el 15 de marzo, dejando crecer la cubierta vegetal; y prohibido el uso de aperos de labranza que volteen el suelo y las roturaciones.

Materiales y métodos

El diseño del cuestionario responde a las aportaciones de los trabajos empíricos revisados en la literatura. Las encuestas fueron realizadas durante los años 2005 y 2006 por medio de un encuestador que trabaja habitualmente como técnico agrícola en la zona de estudio. Para la selección de la muestra se acudió a la información poblacional disponible (antes de la realización de las encuestas) sobre explotaciones de olivar de las provincias andaluzas (Consejería de Agricultura y Pesca, 2000, 2002 y 2004). Dichas fuentes estadísticas aportan datos municipales sobre el olivar en las distintas provincias andaluzas, distinguiendo según el tipo de cultivo (regadío o secano) y superficie. Además, los datos relativos a niveles de erosión por municipio se obtuvieron del Sistema de Información Multiterritorial de Andalucía (SIMA, 1999) del Instituto de Estadística Andaluz.

El método de muestreo adecuado para el análisis que se pretende realizar en esta investigación es el aleatorio estratificado según el grado de erosión de la zona seleccionada (en la provincia de Granada) y las grandes explotaciones de más de 500 hectáreas, obteniéndose así un tamaño muestral de 215 explotaciones de olivar. El error muestral es del 2,90% en proporciones extremas y del 6,65% en proporciones intermedias. No obstante, trabajos previos realizados en el área de estudio (Calatrava-Leyva *et al.*, 2007) permiten aproximar las proporciones de agricultores que han adoptado alguna práctica de conservación de suelos en su explotación, con lo que el error muestral se reduce al 1,86%. Franco (2009) recoge información más detallada de la zona de estudio, así como de la muestra y del diseño del cuestionario.

La Tabla 1 recoge las variables utilizadas en los modelos de elección discreta estimados (mediante el software econométrico Limdep v.8.0).

Tabla 1. Descripción de las variables
Table 1. Description of variables

Variable	Definición	Media aritmética	Desviación típica
VARIABLES DEPENDIENTES			
PCS5	Suma de prácticas de conservación de suelo (de 0 a 5, siendo "0"=Laboreo, la práctica de referencia)	1,6884	0,9354
PARTIC	Participación en el programa agroambiental (1/0)	0,8000	0,4009
VARIABLES INDEPENDIENTES			
HAOLIV	Hectáreas de olivar	37,4936	139,1041
LADER	Situación de la explotación en ladera (1/0)	0,9069	0,2911
REGAD	Explotación de regadío (1/0)	0,1395	0,3473
CONSERV	Nivel de conservación del suelo (valoración del encuestador) 1: Muy bueno. 2: Bueno. 3: Aceptable. 4: Malo	2,5814	0,8952
ANTIG	Edad de la plantación	48,2372	26,0318
HERED	Explotación heredada (1/0)	0,5162	0,5009
CONTAB	La explotación lleva contabilidad (1/0)	0,7860	0,4110
EROG	Percepción erosión en general 1: Algo grave. 2: Bastante grave. 3: Muy grave	2,1535	0,6020
CONTIN	Continuidad de la explotación por un familiar (1/0)	0,6837	0,4661
TRAB	Realización de trabajos en la explotación 1: Todos. 2: Sólo algunos. 3: Sólo gestión. 4: Ninguno	1,7023	0,9174
FORAGR	Formación agraria sólo a través de cursos/jornadas (1/0)	0,8465	0,3613
LEE	El agricultor lee libros y/o revistas de agricultura (1/0)	0,6279	0,4845
RIESG10	Nivel de percepción de la actitud hacia el riesgo (1 a 10) Desde 1: nada arriesgado a 10: muy arriesgado	6,8232	1,3522
PAGOS	Cree que los pagos del programa son insuficientes (1/0)	0,1256	0,3314
ASESOR	Opina que es necesario más asesoramiento (1/0)	0,8372	0,3692
PRACT	Opina que las prácticas exigidas son muy complejas (1/0)	0,2791	0,4485
TRAMIT	Opina que son necesarios trámites burocráticos más sencillos (1/0)	0,2977	0,4572

Para analizar los factores que determinan la adopción de un conjunto de prácticas de conservación de suelo se ha estimado un modelo probit multinomial en el que la variable dependiente es el número total de prácticas de conservación de suelos adoptadas por cada agricultor en su explotación. Dicha variable se ha construido tomando como referencia la práctica de laboreo (valor 0), considerando como dos prácticas la adopción de no laboreo con aplicación localizada de herbicidas y como una práctica la adopción del no laboreo con aplicación no localizada de herbicidas, y considerando como una única práctica la adopción tanto individual como conjunta de las técnicas de vegetación natural y de setos en las lindes. Por tanto, la variable toma el valor cero si el agricultor hace laboreo y ninguna práctica más y un valor de 1 a 5 dependiendo del número de prácticas que realiza de entre las siguientes: a) no laboreo con aplicación no localizada de herbicidas, b) no laboreo localizado, c) mantenimiento de setos o vegetación natural o ambos en las lindes de las parcelas, d) utilización de los restos triturados de la poda como acolchado, y e) mantenimiento de cubiertas o franjas de vegetación en el suelo.

Dado que la variable dependiente refleja un cierto orden en la adopción de prácticas, es por lo que los modelos más adecuados son los modelos de elección múltiple entre alternativas ordenadas (modelos multinomiales ordenados), que no son más que una extensión directa de los modelos binomiales. Es decir, en términos generales, puede tratarse el problema multinomial como una serie de problemas binomiales. Es decir, si se tiene una variable dependiente y que puede tomar valores j para $j = 0, 1, 2, \dots, J$, entonces la especificación funcional apropiada para los modelos multinomiales ordenados es la que parte de una ecuación de regresión latente y^* que es la que rige el mecanismo de elección entre las alternativas j :

$$y^* = \mathbf{K}\beta_j + u_j \quad [1]$$

Siendo \mathbf{K} el vector de variables explicativas del modelo, β_j los coeficientes del modelo y el error aleatorio u_j . Esta ecuación de regresión latente toma los siguientes valores:

$$\begin{aligned} y &= 0 \text{ si } y^* \leq 0 \\ y &= 1 \text{ si } 0 < y^* \leq Mu(1) \dots \\ y &= J \text{ si } Mu(J-1) \leq y^* \end{aligned} \quad [2]$$

Donde los coeficientes $Mu(j)$ son parámetros que se han de estimar conjuntamente con el vector de coeficientes β y que deben cumplir la siguiente condición para que las probabilidades asociadas sean positivas:

$$0 < Mu(1) < Mu(2) < \dots < Mu(J-1) \quad [3]$$

Para contrastar la hipótesis de distribución normal de la variable "suma de prácticas" se ha realizado el test de Kolmogorov-Smirnov (Tabla 2), rechazándose a un 99% de confianza la hipótesis de normalidad. No obstante, como la prueba de normalidad K-S es muy sensible a los datos, se han calculado también las medidas clásicas de forma, coeficientes de asimetría y curtosis (Tabla 2), confirmándose que la variable se distribuye aproximadamente como una normal. Por este motivo y con propósitos comparativos, se ha estimado también un modelo de regresión lineal por mínimos cuadrados ordinarios, observándose que las variables significativas del modelo lineal coinciden con las del modelo probit ordenado (Tabla 3).

Dada la importancia del programa agroambiental de control de la erosión se ha estimado también un modelo probit binomial de esta variable para identificar los factores socioeconómicos del agricultor y los factores característicos de la explotación que determinan la decisión de acogerse voluntariamente a las exigencias medioambientales de la normativa europea. Casi la totalidad de los agricultores encuestados conocen la Medida 4 (olivar en pendiente) del programa agroambiental recogido en los Regla-

Tabla 2. Pruebas de normalidad de la variable PCS5
 Table 2. Tests of normality of PCS5 variable

Medidas	Valores
Media	1,690
Desviación típica	0,938
Coefficiente de Asimetría de Fisher	0,111
Coefficiente de Curtosis	-0,347
Valor de z de Kolmogorov-Smirnov	3,034
p-valor (bilateral)	0,000

Nota: Se rechaza la hipótesis nula de normalidad si el p-valor es inferior a 0,05.

mentos 2078/1992 y 1257/1999, aunque la participación efectiva en el programa se reduce al 80,75%, razón por la cual no se distorsiona gravemente el análisis relativo al modelo probit binomial y se reduce el efecto del sesgo de auto-selección. La forma funcional que toma el modelo probit binomial para la participación en el programa agroambiental es la siguiente:

$$P_r = \text{Prob} (\text{Participar} = 1, \text{ No participar} = 0) = f(K_i) + u_i \quad [4]$$

Siendo K_i el vector de variables explicativas del modelo y u_i el error aleatorio. Dado que en todos los modelos de elección binaria el coeficiente de determinación clásico R^2 deja de ser una buena medida de la bondad del ajuste del modelo, es por lo que se emplean otras medidas alternativas, tales como el pseudo- R^2 de McFadden:

$$R_{McFADDEN}^2 = 1 - \frac{\ln L_{NR}}{\ln L_R} \quad [5]$$

Donde L_R es la función de verosimilitud restringida del modelo (sin variables explicativas, excepto la constante), L_{NR} representa la función de verosimilitud del modelo completo. Los valores de los pseudo- R^2 son sen-

sibles a la naturaleza de las observaciones ($y = 0$ ó $y = 1$), ya que se obtendrían valores muy diferentes si la variable dependiente y tomase valores distintos a 0 y 1. Otra medida del grado de ajuste del modelo es la proporcionada por las "tablas de clasificación", que representan el porcentaje de predicciones correctas e incorrectas del modelo para los datos de la muestra (Ramajo et al., 2002).

Resultados y discusión

Modelos de adopción de múltiples prácticas de conservación de suelos

Según el modelo probit ordenado estimado, que se muestra en la Tabla 3, la probabilidad de adoptar un mayor número de técnicas de conservación en la explotación crece con la superficie, lo que es indicativo de la existencia de un efecto de escala en la adopción, es decir, las explotaciones más grandes presentan mayores recursos que les permiten afrontar los costes asociados a la adopción. También aumenta con la edad de la plantación y en las explotaciones de regadío. Las explotaciones situadas en ladera y en las que los agricultores perciben la elevada gravedad de la erosión aumentan la probabilidad de adopción, lo que es coherente con la teoría económica de la erosión. Según Walker (1982) y Pattanayak y Mercer (1998) los incentivos para la conservación del suelo se incrementan con la pendiente y con el grado de erosión.

Además, esta probabilidad aumenta cuando el agricultor lleva algún tipo de contabilidad, cuando la continuidad de la explotación está asegurada por parte de algún familiar, cuando la explotación ha sido adquirida por el agricultor en lugar de recibirla en herencia. Y cuando el agricultor realiza exclusivamente actividades de gestión y/o dirección de la

Tabla 3. Modelos de adopción de múltiples prácticas (variable PCS5)
 Table 3. Models of adoption of multiple practices (PCS5 variable)

Variable explicativa	Probit multinomial ordenado			Regresión lineal MCO		
	Coefficiente	t-valor	p-valor	Coefficiente	t-valor	p-valor
CONSTANTE	0,1318	0,294	0,7688	0,6988	2,495	0,0134
HAOLIV	0,0028	4,477	0,0000	0,0017	4,458	0,0000
REGAD	0,8675	3,499	0,0005	0,5305	3,387	0,0009
ANTIG	0,0079	2,323	0,0202	0,0047	2,221	0,0275
CONS2	-1,1798	-4,413	0,0000	-0,7399	-4,398	0,0000
CONS3	-1,4839	-5,873	0,0000	-0,9213	-5,890	0,0000
CONS4	-1,4170	-4,508	0,0000	-0,8841	-4,451	0,0000
HERED	-0,6131	-3,529	0,0004	-0,3926	-3,548	0,0005
CONTAB	0,4393	1,965	0,0494	0,2708	1,902	0,0587
EROG1	-0,5119	-1,669	0,0951	-0,3085	-1,586	0,1143
EROG2	-0,1309	-0,689	0,4909	-0,0725	-0,588	0,5569
CONTIN	0,7188	3,914	0,0001	0,4391	3,792	0,0002
LEE	0,2950	1,478	0,1393	0,1807	1,403	0,1622
LADER	1,148	3,676	0,0002	0,6737	3,496	0,0006
TRAB2	0,0629	0,307	0,7586	0,0349	0,264	0,7921
TRAB3	0,4295	1,899	0,0575	0,2860	1,983	0,0488
TRAB4	0,6479	1,724	0,0847	0,3949	1,641	0,1024
PARTIC	0,6902	2,706	0,0068	0,4073	2,525	0,0124
Mu(1)	1,5652	13,642	0,0000	Suma de los e ²	100,7858	
Mu(2)	3,0724	23,576	0,0000	Parámetros	18	
Mu(3)	4,8134	16,972	0,0000	Grados de libertad	197	
Razón de verosimilitud	135,176	0,0000		134,180	0,0000	
Observaciones		215			215	
Predicciones correctas		0,5256			R ² = 0,4643	

Nota: El valor de Mu(1) indica que la variable dependiente toma el valor 1 si la variable latente y^* es mayor que 0 y menor que Mu(1). Tomará el valor 2 cuando la variable latente se encuentra entre Mu(1) y Mu(2). Tomará el valor 3 cuando la variable latente se encuentra entre Mu(2) y Mu(3). Y el valor 4 cuando y^* es mayor que Mu(3).

explotación, lo que indica una gestión más profesionalizada frente a las explotaciones más tradicionales, lo que les permite obtener más beneficios y asumir mayores costes en la conservación del suelo, lo que redundará a su vez en un mayor rendimiento y calidad de la producción a medio-largo plazo. Este último conjunto de variables se encuentran entre las que mayor poder explicativo muestran en los trabajos revisados por Pattanayak *et al.* (2003).

También aumenta cuando el agricultor participa en el programa agroambiental de lucha contra la erosión, lo cual no denota necesariamente que los agricultores adoptantes estén más concienciados con la conservación del suelo que el resto (Giannakas y Kaplan, 2005; Stobbelaar *et al.*, 2009). En cambio, la probabilidad disminuye cuando el nivel de conservación del suelo oscila entre "bueno" y "malo" frente a que sea "muy bueno" (nivel de referencia). Este resultado podría ser indicativo del comportamiento racional de los agricultores, ya que diversos trabajos señalan que no hay evidencia de relación positiva entre la adopción y la rentabilidad de la explotación (Cárcamo *et al.*, 1994; Valentin *et al.*, 2004; Benítez *et al.*, 2006), por lo que los agricultores sólo se verán incentivados a adoptar si el nivel de par-

tida de conservación del suelo es elevado. Aunque revela cierta inconsistencia con el resultado anterior sobre la percepción del nivel de gravedad de la erosión. Esta inconsistencia en variables biofísicas es encontrada también en numerosas investigaciones revisadas por Pattanayak *et al.* (2003).

Otras variables como la edad del agricultor, el nivel educativo o la actitud ante el riesgo no resultaron significativas (o fueron descartadas de los modelos después de realizar un análisis bivariante para identificar si estaban significativamente relacionadas con la adopción), en consonancia con los resultados de trabajos de revisión bibliográfica como el de Bosch y Pease (2000) y Pattanayak *et al.* (2003).

Según se recoge en la Tabla 4, el modelo probit ordenado predice correctamente el 52,56% de las observaciones. En particular, predice correctamente el 23,81% de los adoptantes de laboreo (y ninguna práctica más), el 51,43% de los adoptantes de al menos una práctica de conservación de suelos, independientemente de las técnicas de labranza; el 67,86% de los que adoptan al menos dos prácticas; el 42,86% de los que aplican al menos tres prácticas y ninguno de los 5 agricultores que adoptan como máximo cuatro prácticas.

Tabla 4. Proporción de clasificación correcta del modelo de adopción de múltiples prácticas
 Table 4. Proportion of correct classification of the adoption model of multiple practices

Observado	Predicción					Total
	Y = 0	Y = 1	Y = 2	Y = 3	Y = 4	
Y = 0	5	13	3	0	0	21
Y = 1	3	36	29	2	0	70
Y = 2	1	20	57	6	0	84
Y = 3	0	4	16	15	0	35
Y = 4	0	0	0	5	0	5
Total	9	73	105	28	0	215

Nota: Predicciones de los modelos de elección binaria basados en un umbral $c = 0,5$.

Los efectos marginales de las variables significativas del modelo lo son también para los adoptantes de laboreo, los adoptantes de al menos una práctica y los adoptantes de cuatro prácticas (Tabla 5). No obstante, los efectos marginales de los que aplican como máximo cuatro prácticas son cuantitativamente menores que los de los otros dos grupos. Mientras que para los que implementan dos y tres prácticas los efectos marginales significativos son los siguientes: Para los de dos prácticas, el efecto marginal es negativo para niveles altos de conservación del suelo y para niveles bajos de percepción de la erosión. Mientras que para los de tres prácticas,

el efecto marginal es positivo para las explotaciones de regadío, que llevan contabilidad, tienen asegurado el traspaso a la generación siguiente, los agricultores leen literatura técnica especializada y además se dedican exclusivamente a gestionar o dirigir la explotación.

Se observa lo que podría denominarse como un punto de inflexión en la adopción de al menos tres prácticas de conservación. Lo cual nos permite diferenciar entre las características que definen al grupo de adoptantes de "menos de tres prácticas" y de "tres prácticas o más".

Tabla 5. Efectos marginales del modelo de adopción de múltiples prácticas
Table 5. Marginal effects of the adoption model of multiples practices

Variable explicativa	Y = 0	p-valor	Y = 1	p-valor	Y = 2	p-valor	Y = 3	p-valor	Y = 4	p-valor
CONSTANTE	0,0000		0,0000		0,0000		0,0000		0,0000	
HAOLIV	-0,0002	0,0005	-0,0009	0,0000	0,0006	0,4153	0,0005	0,3560	0,0000	0,0021
REGAD	-0,0383	0,0241	-0,2477	0,0000	0,0613	0,8244	0,2128	0,0000	0,0119	0,0000
ANTIG	-0,0006	0,0320	-0,0024	0,0202	0,0016	0,4098	0,0014	0,4296	0,0000	0,0619
CONS2	0,1505	0,0000	0,2942	0,0000	-0,2847	0,0721	-0,1563	0,4344	-0,0038	0,0024
CONS3	0,1459	0,0000	0,3866	0,0000	-0,2654	0,3697	-0,2566	0,3120	-0,0106	0,0006
CONS4	0,2497	0,0000	0,2585	0,0000	-0,3672	0,0052	-0,1383	0,4610	-0,0027	0,0031
HERED	0,0462	0,0000	0,1856	0,0000	-0,1157	0,1963	-0,1128	0,4968	-0,0034	0,0077
CONTAB	-0,0412	0,0407	-0,1308	0,0000	0,1023	0,6223	0,0682	0,0000	0,0015	0,0000
EROG1	0,0543	0,0000	0,1472	0,0000	-0,1275	0,0000	-0,0725	0,5729	-0,0015	0,0178
EROG2	0,0094	0,0418	0,0407	0,1729	-0,0253	0,6048	-0,0241	0,8081	-0,0007	0,3189
CONTIN	-0,0699	0,0116	-0,2083	0,0000	0,1637	0,5363	0,1117	0,0001	0,0027	0,0000
LEE	-0,0236	0,1036	-0,0906	0,0050	0,0618	0,7160	0,0511	0,1535	0,0013	0,0000
LADER	-0,1874	0,0003	-0,2392	0,0000	0,3087	0,2657	0,1159	0,0787	0,0020	0,0000
TRAB2	-0,0045	0,5938	-0,0196	0,5385	0,0121	0,9059	0,0116	0,8717	0,0003	0,5252
TRAB3	-0,0249	0,0623	-0,1316	0,0004	0,0626	0,7390	0,0907	0,0066	0,0032	0,0000
TRAB4	-0,0284	0,0382	-0,1894	0,0000	0,0525	0,8157	0,1576	0,0000	0,0078	0,0000
PARTIC	-0,0754	0,0103	-0,1940	0,0000	0,1703	0,5044	0,0971	0,0002	0,0021	0,0000

Modelo probit binomial de "participación en el programa agroambiental"

La Tabla 6 muestra que la probabilidad de participar en el programa agroambiental aumenta con las siguientes variables: la situación de la finca en ladera, llevar contabilidad, un nivel de conservación del suelo "bueno" frente a "muy bueno", tener un

mínimo de formación agraria, con una actitud amante del riesgo y una opinión favorable sobre la necesidad de más asesoramiento acerca del plan agroambiental. Entre estas variables la literatura destaca la importancia de la actitud ante el riesgo, factor determinante tanto en la participación como en la adopción de prácticas de conservación del suelo (Benítez *et al.*, 2006).

Tabla 6. Modelo probit de participación en el programa agroambiental
Table 6. Probit model of participation in the EU agri-environmental programme

Variable explicativa	Coefficiente	t-valor	p-valor
CONSTANTE	-11,2413	-3,846	0,0001
HAOLIV	0,0044	0,132	0,8947
LADER	4,3529	3,226	0,0013
CONSERV2	2,2688	2,450	0,0143
CONSERV3	0,3394	0,464	0,6430
CONSERV4	-0,5456	-0,630	0,5289
CONTAB	1,4462	2,615	0,0089
CONTIN	0,5183	0,829	0,4070
EROG2	0,8089	1,150	0,2501
EROG3	2,9513	2,712	0,0067
RIESG10	0,3871	1,994	0,0462
FORAGR	1,4706	2,040	0,0414
PAGOS	-4,2727	-4,240	0,0000
ASESOR	1,4719	2,357	0,0184
Razón de verosimilitud		172,52	
Observaciones		215	
Pseudo R ² de McFadden		0,80	
Predicciones correctas (%)		96,28	

Por el contrario, la probabilidad disminuye cuando el agricultor opina que los pagos del plan son insuficientes –en línea con el análisis de Cooper (2003)–, cuando el nivel de conservación del suelo es "malo" frente a que sea

"bueno", y cuando el nivel de percepción de la gravedad de la erosión es "muy grave". Con respecto a esta última variable la evidencia no es concluyente, como señalan Wynn *et al.* (2001) o Vanslembrouck *et al.* (2002).

Otras variables, típicas en los estudios con modelos de elección discreta sobre la participación en programas agroambientales, no han sido significativas, como la continuidad de la actividad agraria (Vanslembrouck *et al.*, 2002; Wossink y Wenum, 2003). Tampoco la superficie ha resultado significativa, como en los trabajos de Cooper (2003), Wossink y Wenum (2003) y Defrancesco *et al.* (2008).

El modelo presenta un buen ajuste (pseudor² de McFadden igual a 0,8018), concretamente el porcentaje de predicciones correctas es elevado (96,28%), prediciendo correctamente el 88,37% de los valores "0" y el 98,26% de los valores "1" (Tabla 7).

De los resultados de este modelo no se puede inferir de manera concluyente que los agricultores que participan en el programa

Tabla 7. Proporción de clasificación correcta del modelo de participación en el programa agroambiental

Table 7. Proportion of correct classification of the participation model in the EU agri-environmental programme

Observado	Predicción		
	Y = 0	Y = 1	Total
Y = 0	38	5	43
Y = 1	3	169	172
Total	41	174	215
% predicciones correctas			96,28

Nota: El análisis de las predicciones se basa en un umbral $c = 0,5$.

agroambiental son los más concienciados con los objetivos de control de la erosión. Así, hay autores que argumentan que los avances tecnológicos desincentivan la conservación del suelo ya que tales innovaciones incrementan la productividad incluso en suelos degradados (Van Kooten *et al.*, 1989). Por otro lado, Giannakas y Kaplan (2005) muestran que los programas públicos basados en la concesión condicionada de ayudas para la adopción de prácticas conservacionistas (donde el incumplimiento se penaliza con la pérdida de las subvenciones) generan incentivos económicos para que los agricultores no-adoptantes se enmascaren como adoptantes (solicitando las ayudas) y así adquirir el derecho a recibir pagos públicos. Además,

la extensión del comportamiento incumplidor es directamente proporcional al aumento de los costes de la adopción, mientras que es inversamente proporcional al nivel de control y cuantía de los pagos públicos. Específicamente, las subvenciones públicas presentan un doble efecto, directo e indirecto, sobre la decisión de incumplimiento. El efecto directo implica que un incremento de las subvenciones incentiva el incumplimiento puesto que aumentan los beneficios esperados. El efecto indirecto implica que dicho aumento de las ayudas desincentiva el incumplimiento porque aumenta su coste de oportunidad, es decir, la oportunidad de obtener beneficios derivados de la adopción inmediata de prácticas conservacionistas.

Conclusiones

Del análisis realizado se desprenden algunas consideraciones finales de interés en relación al impacto de las políticas agroambientales en el olivar desde un enfoque de bienes públicos. En particular, se constata la existencia de un conjunto de factores que determinan tanto la adopción de prácticas de conservación del suelo como la participación en los programas agroambientales de control de la erosión. Factores relacionados con las características de la explotación (superficie, edad de la plantación, régimen productivo, conservación del suelo) y de la gestión y profesionalización del agricultor (contabilidad, continuidad de la explotación, percepción de la erosión). Una actitud neutral ante el riesgo también contribuye a incrementar la probabilidad de participar. En cambio, conforme aumenta la percepción del nivel de gravedad de la erosión, menor es la probabilidad de participar, como consecuencia de unos mayores costes de oportunidad e incertidumbre asociados al incumplimiento de los requisitos y compromisos exigidos en el programa. Todo esto implica la necesidad de un mejor diseño de los planes agroambientales, atendiendo no sólo a cuestiones como la cuantía de los pagos o el grado de asesoramiento que recibe el agricultor, también es necesario incorporar las características de los agricultores y de las explotaciones. En concreto, sería conveniente redefinir el esquema actual basado en ayudas o subvenciones, que dificulta conocer el grado de internalización o concienciación que los agricultores tienen de los objetivos agroambientales de los planes. Desde la óptica de bienes públicos sería recomendable diseñar planes basados en la medición de indicadores económicos y biofísicos (Franco *et al.*, 2010) que permitieran determinar individual o regionalmente el servicio agroambiental que aporta cada explotación, pudiéndose estimar así el precio de mercado

de tales servicios. La fijación de estándares a partir de un conjunto de indicadores económicos y biofísicos contribuiría al diseño de dos tipos de políticas agroambientales complementarias entre sí: políticas basadas en impuestos y políticas de generación de ingresos mediante el intercambio en el mercado de los excedentes alcanzados en los indicadores previamente definidos.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el INIA mediante el proyecto RTA01-128.

Bibliografía

- Baylis K, Peplow S, Rausser G y Simon L, 2008. "Agri-environmental policies in the EU and United States: A comparison". *Ecological Economics* 65(4): 753-764.
- Benítez PC, Kuosmanen T, Olschewski R y Van Kooten GC, 2006. "Conservation payments under risk: a stochastic dominant approach". *American Journal of Agricultural Economics* 88(1): 1-15.
- Bonnieux F, Rainelly P y Vermersch D, 1998. "Estimating the supply of environmental benefits by agriculture: a French case study". *Environmental and Resource Economics* 11: 135-153.
- Bosch DJ y Pease JW, 2000. "Economic risk and water quality protection in agriculture". *Review of Agricultural Economics* 22(2): 438-463.
- Calatrava-Leyva J, Franco JA y González MC, 2007. "Analysis of the adoption of soil conservation practices in olive groves: the case of mountainous areas in southern Spain". *Spanish Journal Agricultural Research* 5(3): 249-258.
- Canton J, De Cara S y Jayet P, 2009. "Agri-environmental schemes: Adverse selection, information structure and delegation". *Ecological Economics* 68(7): 2114-2121.

- Cárcamo JA, Alwang J y Norton GW, 1994. "On-site economic evaluation of soil conservation practices in Honduras". *Agricultural Economics* 11: 257-269.
- Consejería de Agricultura y Pesca, 2000. Censo Agrario de Andalucía 1999. Junta de Andalucía. Sevilla.
- Consejería de Agricultura y Pesca, 2002. Manual de estadísticas agrarias y pesqueras de Andalucía 1999. Junta de Andalucía. Sevilla.
- Consejería de Agricultura y Pesca, 2004. Resultados de la encuesta sobre superficies 2004 de Andalucía. Junta de Andalucía. Sevilla.
- Consejería de Agricultura y Pesca, 2007. Orden de 20 de noviembre, por la que se establecen las bases reguladoras para la concesión de subvenciones a las submedidas agroambientales en el marco del PDR de Andalucía 2007-2013. BOJA nº 234, de 28 de noviembre de 2007.
- Consejo de la UE, 1992. Reglamento 2078/1992 de 30 de junio, sobre métodos de producción agraria compatibles con las exigencias de la protección del medioambiente y la conservación del espacio natural. Diario Oficial de las Comunidades Europeas 215/L. Bruselas.
- Cooper J, 2003. "A joint framework for analysis of agri-environmental payment programmes". *American Journal Agricultural Economics* 85(4): 976-987.
- Defrancesco E, Gatto P, Runge F y Trestini S, 2008. "Factors affecting farmers' participation in agri-environmental measures: A northern Italian perspective". *Journal Agricultural Economics* 59(1): 114-131.
- Dupraz P, Vermersch D, Henry de Frahan B y Delvaux L, 2003. "The environmental supply of farm households. A flexible willingness to accept". *Environmental and Resource Economics* 25: 171-189.
- Engel S, Pagiola S y Wunder S, 2008. "Designing payments for environmental services in theory and practice: An overview of the issues". *Ecological Economics* 65(4): 663-674.
- Fleskens L y Graaff J, 2010. "Conserving natural resources in olive orchards on sloping land: Alternative goal programming approaches towards effective design of cross-compliance and agri-environmental measures". *Agricultural Systems* 103(8): 521-534.
- Franco JA, 2009. "Análisis económico de la erosión de suelos agrarios en el olivar del alto Genil granadino". Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba. Córdoba.
- Franco JA, Gaspar P y Mesías FJ, 2010. "Criterios de sostenibilidad en el sistema de condicionalidad de la PAC". VIII Coloquio Ibérico de Estudios Rurales. Cáceres, 21-22 octubre 2010.
- Fraser R, 2002. "Moral hazard and risk management in agri-environmental policy". *Journal Agricultural Economics* 53(3): 457-487.
- Fraser R, 2004. "On the use of targeting to reduce moral hazard in agri-environmental schemes". *Journal Agricultural Economics* 55(3): 525-540.
- Giannakas K y Kaplan JD, 2005. "Policy design and conservation compliance on highly erodible lands". *Land Economics* 81(1): 20-33.
- Glebe T y Salhofer K, 2007. "EU agri-environmental programs and the restaurant table effect". *Agricultural Economics* 37(2-3): 211-218.
- Horst D, 2011. "Adoption of payments for ecosystem services: An application of the Hägerstrand model". *Applied Geography* 31(2): 668-676.
- MAPA, 2006. Condicionalidad Ayudas PAC. Disponible en <http://www.mapa.es> (Fecha de consulta: 14/04/2006).
- Mettepenningen E, Beckmann V y Eggers J, 2011. "Public transaction costs of agri-environmental schemes and their determinants. Analysing stakeholders' involvement and perceptions". *Ecological Economics* 70(4): 641-650.
- Morris C y Potter C, 1995. "Recruiting the new conservationists: Farmers' adoption of agri-environmental schemes in the UK". *Journal Rural Studies* 11(1): 51-63.
- Moxey A, White B y Ozanne A, 1999. "Efficient contract design for agri-environmental policy". *Journal Agricultural Economics* 50(2): 187-202.

- Oñate J, Malo J, Suárez F y Peco B, 1998. "Regional and environmental aspects in the implementation of Spanish agri-environmental schemes". *Journal Environmental Management* 52(3): 227-240.
- Pattanayak SK y Mercer DE, 1998. "Valuing soil conservation benefits of agroforestry: contour hedgerows in the Eastern Visayas, Philippines". *Agricultural Economics* 18(1): 31-46.
- Pattanayak SK, Mercer DE, Sills E y Yang J, 2003. "Taking stock of agroforestry adoption studies". *Agroforestry Systems* 57: 173-186.
- Prager K y Freese J, 2009. "Stakeholder involvement in agri-environmental policy making. Learning from a local and a state-level approach in Germany". *Journal of Environmental Management* 90(2): 1154-1167.
- Ramajo J, Márquez MA y Nogales L, 2002. *Econometría aplicada: técnicas y modelos básicos*. ICE, Universitas Editorial. Badajoz.
- SIMA, 1999. Atlas estadístico interactivo de Andalucía. Sistema de Información Multiterritorial de Andalucía. Instituto de Estadística de Andalucía, Junta de Andalucía, versión 2.20.162. Sevilla.
- Stobbelaar D, Groot JCJ, Bishop C, Hall J y Pretty J, 2009. "Internalization of agri-environmental policies and the role of institutions". *Journal of Environmental Management* 90(2): 175-184.
- Valentin L, Bernardo DJ y Kastens TL, 2004. "Testing the empirical relationship between Best Management Practice Adoption and Farm Profitability". *Review of Agricultural Economics* 26(4): 489-504.
- Van Kooten GC, Weisensel WP y Jong E, 1989. "Estimating the costs of soil erosion in Saskatchewan". *Canadian Journal of Agricultural Economics* 37: 63-75.
- Vanslebrouck I, Van Huylbroeck G y Verbeke W, 2002. "Determinants of the willingness of Belgian farmers to participate in agri-environmental measures". *Journal Agricultural Economics* 53(3): 489-511.
- Walker DJ, 1982. "A Damage Function to Evaluate Erosion Control Economics". *American Journal of Agricultural Economics* 64(4): 690-698.
- Willock J, Deary IJ, Edwards-Jones G, Gibson GJ, McGregor MJ, Sutherland A, Dent B, Morgan O y Grieve R, 1999. "The role of attitudes and objectives in farmer decision-making: business and environmentally orientated behaviour in Scotland". *Journal Agricultural Economics* 50(2): 286-303.
- Wilson G, 1997. "Factors influencing farmer participation in the environmentally sensitive area scheme". *Journal Environmental Management* 50(1): 67-93.
- Woodhouse A, 2006. "Social capital and economic development in regional Australia: A case study". *Journal Rural Studies* 22(1): 83-94.
- Wossink G y Wenum J, 2003. "Biodiversity conservation by farmers: analysis of actual and contingent participation". *European Review Agricultural Economics* 30(4): 461-485.
- Wynn G, Crabtree B y Potts J, 2001. "Modelling farmer entry into environmentally sensitive area schemes in Scotland". *Journal Agricultural Economics* 51(1): 65-82.

(Aceptado para publicación el 8 de marzo de 2011)

¿Contribuyen los programas de apoyo desarrollados en el artículo 68 a la sostenibilidad de la actividad agraria? El caso de la agricultura de secano de Castilla y León

A. Gómez-Ramos* y J. Gallego-Ayala**

* Departamento de Economía Agraria. E.T.S. de Ingenierías Agrarias, Universidad de Valladolid.
Avenida de Madrid 57, 34071. E-mail: almgomez@iaf.uva.es

** Water Research Institute of Mozambique, Av. Patrice Lumumba nº 770, Maputo. Mozambique

Resumen

El Chequeo Médico de la PAC ha introducido una serie de medidas de apoyo a diferentes sectores agrarios al objeto de minimizar los efectos de la aplicación de un pago desacoplado en los sectores menos competitivos de la agricultura. Este trabajo analiza la puesta en marcha del plan de apoyo a la agricultura de secano a través del Plan Nacional de Fomento de Rotaciones, analizando sus efectos sobre la sostenibilidad de estos sistemas agrarios. La aplicación empírica se ha centrado en el secano de Castilla y León. Los resultados de las simulaciones llevadas a cabo en las diferentes comarcas seleccionadas como caso de estudio a través de la Programación Matemática Positiva ponen de manifiesto la influencia que tiene en la acogida al Plan la orientación productiva hacia los cultivos objeto de éste. El análisis de los resultados permite concluir además sobre la necesidad de simplificar los mecanismos de puesta en marcha de esta ayuda pues la eficiencia de la ayuda es en muchos casos limitada.

Palabras clave: Política Agraria Común, agricultura de secano, programación matemática positiva, Castilla y León.

Summary

**Do support programs developed by Article 68 contribute to the agricultural activity sustainability?
The case of rain-fed agriculture in Castilla y León (Spain)**

The CAP Health Check introduces a set of support measures to assist vulnerable agricultural sectors, with the aim of minimizing the effects of the implementation of total decoupling payments in less competitiveness sectors. This paper analyzes the impact of a support program for rain-fed agriculture, through the National Plan for Encouragement of Crops Rotations. The case study is focused on Castilla y León (Spain) rain-fed agriculture. The simulation results based on Positive Mathematical Programming technique for each farming district analyzed, reveal the influence of the traditional crops rotations in the analyzed areas to adhere to the National Plan for Encouragement of Crops Rotations. The analysis of the results allow us to conclude that there is need for simplification of the mechanisms designed to carry out this program, bearing in mind that the support efficiency in many cases is limited.

Key words: Common Agricultural Policy, rain-fed agriculture, positive mathematical programming, Castilla y León.

1. Contexto y objetivos del trabajo

En la actualidad el modelo de apoyo al sector agrario europeo se encuentra en un profundo proceso de debate interno en el que se discute la idoneidad del actual modelo y sus posibles alternativas (EC, 2009). Aunque sobre el primer elemento existe un casi total consenso en la necesidad de reorientar el actual sistema de ayudas basado en un pago desacoplado, se observa una gran disparidad de opiniones sobre las posibles alternativas a dicho modelo, que difieren en la propia concepción del sector agrario como actividad meramente productiva o como actividad multifuncional (Compés y García Álvarez-Coque, 2009; Massot, 2009). Previo a este proceso de profunda revisión de la Política Agraria Común (PAC) para el nuevo período presupuestario 2014-2020, se ha puesto en marcha en el año 2010 el llamado Chequeo Médico de la PAC (CM), aprobado en noviembre de 2008 con el fin, por un lado de corregir los desajustes detectados tras los tres años de funcionamiento del pago parcialmente desacoplado –instrumento estrella de la reforma intermedia de la PAC (MTR en adelante) aprobada en el año 2003– y por otro y de forma menos explícita, dar respuesta a los nuevos retos globales (cambio climático, biocombustibles, gestión hídrica y biodiversidad).

Durante la última década la comunidad científica ha estudiado los posibles efectos del desacoplamiento de las ayudas agrarias. En este sentido, se han realizado tanto valoraciones *ex-ante* a la puesta en marcha de la MTR (Beard y Swinbank, 2001), así como valoraciones *ex-post*, anticipando sus posibles efectos sobre los incentivos para abandonar la actividad en función del sistema agrario analizado (Gohin, 2006; Breen *et al.*, 2005; Balkhausen, 2007; Rude, 2008), o sobre el uso de los insumos agrarios (Serra *et al.*, 2006) o bien sobre la biodiversidad

(Oñate *et al.*, 2007). En cualquier caso, se puede afirmar que la experiencia habida en estos años sobre los efectos ambientales y socioeconómicos del desacoplamiento de las ayudas en la agricultura europea es escasa debido a lo limitado del tiempo de su funcionamiento. La reforma de este instrumento incorporado tras el CM supone un avance más en la MTR, en la medida que profundiza en el desacoplamiento al generalizarse a la mayoría de los sectores (Buckwell, 2008), aunque se discute si en la práctica se trata de una reforma de calado o es una operación de mero maquillaje de las ayudas para hacerlas socialmente más aceptables (Moss *et al.*, 2010). No obstante, el CM supone un acercamiento hacia un nuevo escenario de ayudas agrarias basado en un modelo mucho más selectivo en el que éstas tienden a ser justificadas fundamentalmente por su contribución explícita a la consecución de determinados objetivos, especialmente los objetivos ambientales (Massot, 2009). Esta nueva concepción de las ayudas constituye la base del debate de la PAC post 2013 y sobre la que gira la propuesta de la Comisión Europea presentada a finales de 2010 (EC, 2010).

Las ayudas ligadas a los programas agroambientales llevadas a cabo en los últimos quince años recogen la anterior filosofía. Son varios los autores que argumentan la necesidad de implementar programas agroambientales específicos para contrarrestar los efectos negativos provocados por el riesgo de abandono de la actividad agraria debido al desacoplamiento total de las ayudas (Oñate *et al.*, 2007, Paniagua-Mazorra 2001). Acts *et al.* (2010) o Canton *et al.* (2009) mantienen la necesidad incluso de combinar ambos instrumentos como mecanismo para mantener los ecosistemas y las rentas agrarias.

Este mensaje lanzado desde distintos ámbitos ha tratado de ser recogido en la reforma del CM a través del artículo 68 del Reglamento (CE) 73/2009 que desarrolla la

reforma, pues incorpora la posibilidad de que los Estados miembros puedan reconectar (acoplar a la producción) determinadas ayudas si ello conlleva la consecución de objetivos ambientales, de calidad o de comercialización, con lo que de alguna manera se trata de anticipar estos efectos.

En España debido a la inquietud que genera en el sector agrario el desacoplamiento total de las ayudas especialmente en las tierras más marginales por sus implicaciones socioeconómicas y ambientales, se ha lanzado el *Programa Nacional para el Fomento de Rotaciones en Tierras de Secano* (PNFR en adelante) en el marco del artículo 68 del Reglamento 73/2009 que articula una ayuda acoplada a la superficie cultivada si se verifican determinados requerimientos agronómicos con beneficios ambientales como es la introducción de rotaciones tradicionales. Este programa, que en su base no se concibe como un programa agroambiental pero que se estructura como tal, se circunscribe a aquellas comarcas que tienen rendimientos comarcales medios inferiores a 2 t/ha con el objetivo de mantener una agricultura de secano sostenible en las zonas más marginales, de forma que se eviten los potenciales efectos negativos que conlleva el abandono de la práctica de la actividad agraria (pérdida de tejido productivo rural, riesgo de erosión del suelo, etc.).

En el marco de la incertidumbre que implica la ayuda desacoplada en sistemas agrarios marginales se plantea este trabajo que tiene por objetivo en primer lugar evaluar el diseño del propio Plan, valorando la idoneidad de las comarcas a las que se dirige el PNFR en función del potencial grado de acogida mediante su simulación a través de modelos de programación matemática. En segundo lugar, se evaluará la posible mejora de la sostenibilidad de los secanos cerealistas en las comarcas que potencialmente pueden beneficiarse del PNFR mediante el

análisis de determinados indicadores de sostenibilidad previamente seleccionados. Por último se tratará de analizar la eficiencia del pago que conlleva el Plan.

Para alcanzar el objetivo anteriormente expuesto el trabajo se ha organizado de la siguiente manera: tras esta introducción se presenta el Plan de apoyo y se detallan y discuten los elementos clave que lo caracterizan. El tercer apartado del trabajo se destina a caracterizar las comarcas que componen la zona caso de estudio. En el cuarto apartado se expone la metodología seguida en esta investigación. En él se plantea por un lado el modelo de programación matemática utilizado para la simulación del Plan y en segundo lugar se describen los indicadores para medir la sostenibilidad. En el siguiente apartado se presentan y discuten los resultados obtenidos valorando la eficiencia final de la ayuda. Finalmente, en la última sección se exponen las principales conclusiones extraídas de la investigación.

2. Las claves del Plan Nacional de Fomento de Rotaciones

El artículo 68.1.a.v del Reglamento (CE) 73/2009 establece la posibilidad para que los Estados miembros desarrollen ayudas específicas a agricultores que desarrollen actividades agrarias que reporten beneficios agroambientales. Estas ayudas se instrumentan a modo de compromisos agroambientales por lo que deberán cumplir los mismos requisitos que se exige a los programas agroambientales desarrollados en el marco del Reglamento de Desarrollo Rural; no obstante, cabe señalar que la ayuda que se articula a través del PNFR a diferencia de los programas agroambientales se formula a través de contratos anuales y en estas no se incluyen los costes de transacción. Se trata por tanto, de pagos equivalentes como

máximo al sobrecoste derivado de la actuación. De este modo se desarrolla un pago acoplado con fines ambientales pero dentro del paquete de ayudas directas del primer pilar lo que asegura su catalogación como de caja verde en el marco de la Organización de Mercado Común. De este modo se da un paso más en la indefinición de la frontera entre el primer y el segundo pilar de la PAC (Gómez-Ramos, 2010).

En España se ha hecho uso de esta posibilidad mediante el desarrollo del PNFR con el objeto de afrontar el posible riesgo de abandono de las superficies de cultivos herbáceos con menores rendimientos tras el desacoplamiento total de las ayudas que conlleva la puesta en marcha del CM a partir de 2010. El interés de mantener estos suelos en producción radica en el riesgo de erosión y pérdida de estructura del suelo que dicho abandono produciría, y en los beneficios agroambientales que generan las rotaciones tradicionales que se desarrollan en estos terrenos y que son propias de la agricultura mediterránea. Para ello el programa incentiva la introducción de leguminosas, proteaginosas y oleaginosas en las alternativas de cultivo. El PNFR ha sido planteado con el *leitmotiv* de mantener el cultivo bajo las siguientes premisas: a) la gestión tradicional del suelo mediante la alternancia de cultivo y barbecho blanco o semillado, b) la sustitución de fitosanitarios por la rotura natural de ciclos biológicos de plagas y enfermedades, c) la reintroducción de variedades tradicionales, y d) la reducción en el uso de fertilizantes derivada de la fertilización nitrogenada natural fruto de la fijación que de este elemento hacen las leguminosas introducidas en la rotación.

La aplicación de este programa conlleva la adquisición de una serie de compromisos por parte del productor de carácter obligatorio aplicados a la superficie elegible (es decir

aquella que computa para el cálculo de la ayuda y que hasta 2010 no incluye el barbecho) y que implican, por un lado el mantenimiento de los índices de barbecho simplificado (ver Tabla 1), y por otro, dedicar al menos el 20% de la superficie elegible a un cultivo alternativo al cereal: leguminosas y/o proteaginosas y/o oleaginosas. Esta situación supone recibir un pago por explotación de 60 €/ha que se podría ver complementada por otro pago adicional (*Complemento 1* de 20 €/ha) si se verifica el requisito voluntario consistente en dedicar un 5% adicional de la superficie elegible con derecho a pago a leguminosas y/o proteaginosas y/o oleaginosas, cubriendo al menos un 25% de sustitución. Un segundo pago adicional (*Complemento 2* de otros 20 €/ha) se podría recibir si se dedica el mismo 5% de superficie adicional únicamente a leguminosas elegibles de manera que se cubra al menos un 25% de sustitución con dichas leguminosas. El programa establece que la ayuda máxima a percibir es de 100 €/ha para todas las hectáreas determinadas con derecho a pago para un máximo establecido de 100 ha por beneficiario.

Es importante destacar que el acogimiento a este Plan es incompatible con la ayuda procedente del Programa Nacional para la calidad de las leguminosas existente en España. Por el contrario, los programas agroambientales que actualmente apoyan este tipo de rotaciones tradicionales basadas en las leguminosas (como es el caso del denominado *Agro-ecosistemas extensivos de secano* aplicable en Castilla y León) son compatibles con la ayuda del Plan en aquellas comarcas en las que convivan ambos programas. Este elemento es importante pues a efectos prácticos, supone que el PNFR sea compatible con los programas agroambientales y por tanto, podrían tener efectos sinérgicos dado que los requisitos y los objetivos de ambos programas son muy similares.

Tabla 1. Índices de barbecho obligatorio en función de los rendimientos comarcales*
 Table 1. Compulsory set aside rates based in county yields

IRC(t/ha)	IBS (hectáreas de barbecho por cada 100 que reciben la ayuda del PNFR)
1,2	25
1,5	20
1,8	15
2,0	10

*IRC: Índice de Rendimiento Comarcal; IBS: Índice de Barbecho Simplificado.

3. Caso de estudio: el secano de Castilla y León

La aplicación empírica de este trabajo se circunscribe al ámbito geográfico de la comunidad autónoma de Castilla y León, situada en el centro de España, la cual tiene un marcado carácter agrario. Así en la actualidad, esta comunidad posee más de 3,5 millones de hectáreas de tierras labradas, de las cuales el 89% se explotan en régimen de secano; asimismo los sistemas agrarios del secano castellano y leoneses, se caracterizan por ser sistemas extensivos con una marcada orientación productiva hacia los cultivos herbáceos (más del 95% de la superficie cubierta por el secano está destinada a estos cultivos) (CAG, 2007). En esta región además existe un grave problema de despoblamiento de las zonas rurales, generado en cierta medida por el proceso de modernización del sector agrario y la concentración de la propiedad acaecido durante las últimas décadas (Gómez-Limón *et al.*, 2007). A pesar de ello, la agricultura sigue jugando un papel estratégico como sector principal para la

supervivencia socioeconómica de determinadas áreas rurales, siendo una actividad viable que genera un margen bruto al agricultor en torno a los 314 €/ha y una demanda de mano de obra de 0,79 personas-día/hectáreas-año (Gómez-Limón, 2006)¹. En determinadas comarcas estas cifras se explican por la existencia de las ayudas directas procedentes de la PAC, siendo éstas responsables de la continuidad de la actividad en determinadas zonas. En este sentido, existe un relativo consenso entre la administración y las organizaciones agrarias de que el reciente desacoplamiento total de las ayudas pueda amenazar la continuidad de la agricultura en los secanos más marginales, razón por la cual se ha lanzado el PNFR, tal y como se apuntaba en el apartado *Las claves del Programa Nacional de Fomento de Rotaciones*.

En la Figura 1 se muestran en color gris oscuro las comarcas de la región que tienen rendimientos comarcales inferiores o iguales a 2 t/ha y que por tanto son susceptibles de acogerse a las ayudas del Plan. Como se puede apreciar en el mapa, la mayor parte de estas comarcas limitan con otras Comunidades

1. En Castilla y León una hectárea típica de secano genera como media en torno a los 264 €/ha y una demanda de mano de obra de 0,64 personas-día/hectáreas-año. Por el contrario una hectárea típica de regadío genera una media de 831 €/ha y una demanda de mano de obra de 2,42 personas-día/hectáreas-año (Gómez-Limón, 2006 y Gómez-Limón *et al.*, 2007).

Autónomas a través de cadenas montañosas como frontera natural, lo que es un claro indicador de la escasa orientación productiva hacia la agricultura de estas comarcas, siendo la actividad ganadera predominante en ellas. Por esta razón para el análisis llevado a cabo en este trabajo se han descartado aquellas comarcas en las que el peso de la actividad agraria no es significativo en relación a la importancia de las otras actividades económicas desarrolladas en esas comarcas².

Las comarcas finalmente seleccionadas para el análisis son aquellas que potencialmente se pueden acoger al PNFR y que tienen una mayor vocación agraria, tal y como se pone de manifiesto a la luz de los datos sobre SAU de las comarcas seleccionadas (ver Tabla 2); las comarcas seleccionadas para el análisis son: Ávila, El Barco de Ávila y Valle del Tietar (Ávila); Tierras de León (León), Vitingudino y Ciudad Rodrigo (Salamanca); Aliste (Zamora).

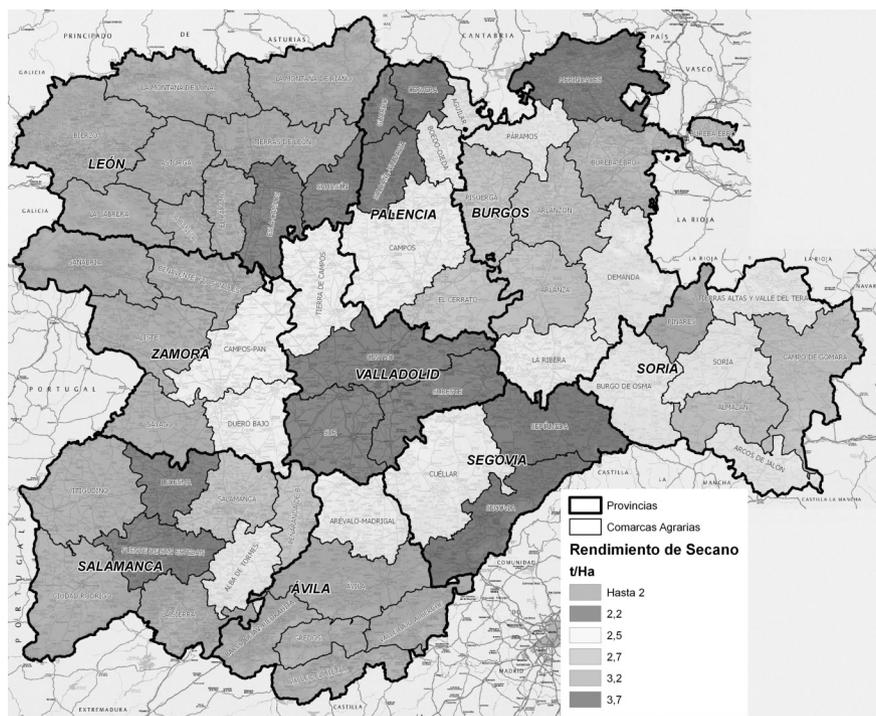


Figura 1. Comarcas incluidas en el PNFR de Castilla y León.
Figure 1. Counties included by the PNFR for Castilla y León.

2. Las comarcas que han sido desestimadas para este trabajo son: las ubicadas en la montaña leonesa –El Bierzo, Montañas de Luna, Montañas de Riaño o Astorga–, las comarcas fronterizas de la provincia de Zamora –Sanabria y Sayago–, y las comarcas ubicadas en el Sistema Central y la Cordillera Ibérica –Gredos, Bajo Alberche y la comarca de Pinares de la provincia de Soria–.

En la Tabla 2 se presentan las características generales de las comarcas caso de estudio que se han seleccionado para este análisis, teniendo en consideración la relativa importancia de la agricultura de secano practicada en éstas. Para hacer más ilustrativa la evaluación del PNFR se han incluido en este estudio las comarcas ubicadas en la macro comarca de Tierra de Campos que abarca las siguientes comarcas agrarias: Campos (Palencia), Tierra de Campos (Valladolid) y Campos-Pan (Zamora). Estas comarcas aunque se encuentran fuera del Plan por tener rendimientos superiores a las 2 t/ha muestran una mayor orientación agrícola y en las que el cultivo de las leguminosas, proteaginosas y oleaginosas tiene una relativa importancia en las rotaciones de cultivo (existen denominaciones de calidad y una ayuda agroambiental dentro del programa *Agroecosistemas extensivos de secano* que fomenta estos cultivos en la comarca). El objeto de considerarlas en este trabajo es valorar el posible efecto que tendría el PNFR en estas comarcas que también son vulnerables al abandono provocado por el desacoplamiento total de las ayudas, pero que son potencialmente más propensas a introducir en su alternativa de cultivos las rotaciones que promueve el Plan.

Cabe señalar a la vista de los datos expuestos en la Tabla 2, la escasa orientación productiva hacia el secano de las comarcas agrarias seleccionadas que forman parte del PNFR en Castilla y León, que se ve plasmado en primer lugar por el escaso porcentaje de la superficie de las tierras labradas en relación a la SAU de la comarca (alrededor del 30%), así como del pequeño porcentaje de las tierras destinado a la agricultura de secano, que alcanza valores igualmente bajos en comparación con la SAU de las comarcas (alrededor del 25%). En el lado opuesto a esta situación se encuentran las comarcas seleccionadas localizadas fuera del PNFR, las

cuales presentan una clara orientación hacia la actividad agraria (más del 95% de la superficie de la SAU comarcal está cubierta por tierras labradas) siendo el secano la actividad agrícola mayoritaria (en torno al 87% de la SAU comarcal se destina al secano).

4. Metodología

Al objeto de evaluar el impacto de la implementación del PNFR sobre la zona caso de estudio, la metodología aplicada en este trabajo está basada en la simulación del comportamiento productivo de las comarcas seleccionadas a través de técnicas de programación matemática, más concretamente se ha seleccionado la Programación Matemática Positiva (PMP). Esta técnica de simulación permitirá cuantificar los impactos que generarán cada uno de los complementos recogidos en el PNFR a través de una batería de indicadores de sostenibilidad, que serán confrontados con los valores de los mismos con el *Escenario CM* que recoge el desacoplamiento total de las ayudas consecuencia de la aplicación del CM y que sería la alternativa en el momento actual.

4.1. Los escenarios de ayuda analizados

Al objeto de analizar el impacto de la desconexión total de las ayudas de la PAC así como los efectos del PNFR se han analizado diversos escenarios relacionados con la PAC:

- *Escenario MTR*: este escenario corresponde con el escenario político anterior al actual, derivado de la implementación de la reforma intermedia de la PAC de 2003 (entró en vigor en España en el año 2006), y que consideraremos como *Escenario base* para la calibración de los modelos de simulación. La principal característica de este escenario es la desvinculación parcial

Tabla 2. Características generales de las comarcas analizadas
 Table 2. Main features of analyzed counties

	Ávila	Barco de Ávila	Valle del Tietar	Tierras de León	Vitigundino	Ciudad Rodrigo	Aliste	Campos de Palencia	Tierra de Valladolid	Campos-Pan Zamora
<i>Provincia</i>	Ávila	Ávila	Ávila	León	Salamanca	Salamanca	Zamora	Palencia	Valladolid	Zamora
<i>Altitud (m)</i>	1.128	1.058	450	870	769	729	850	815	750	750
<i>Precipitación (mm)</i>	400-600	600-800	600-800	600-800	600-800	600-800	600-800	400-600	400-600	400-600
<i>SAU comarca (ha)</i>	169.924	76.666	58.245	69.347	185.581	177.491	64.598	261.505	171.446	184.064
<i>Tierras Labradas (ha)</i>	42.199	3.737	9.431	35.111	37.864	29.157	39.696	254.992	169.147	169.271
<i>SAU seco (ha)</i>	40.160	3524	3.490	24.326	36.325	26.273	39.204	217.163	158.990	156.894
<i>SAU Regadío (ha)</i>	2.039	213	5.941	10.785	1.539	2.884	492	37.829	10.157	12.377
<i>Nº explotaciones</i>	1.750	1.048	7.116	2.190	3.262	1.881	2.782	3.882	2.640	4.517
<i>Tamaño medio explotaciones (ha)</i>	24,11	3,57	1,33	16,03	11,60	15,00	14,27	65,7	64,07	37,74
<i>Tierras en propiedad (SAU-ha)</i>	90.149	48.566	44.471	35.862	86.133	106.161	41.308	132.339	98.630	107.383
<i>Ganadería</i>										
<i>(Unidades Ganaderas)*</i>	75.163	33.224	25.461	38.669	86.637	86.468	32.909	34.673	69.986	67.126
<i>Rendimiento comarca (t/ha)</i>	2,0	1,8	1,5	1,8	1,2	1,5	1,8	2,5	2,5	2,2
<i>Índice de Barbecho</i>	30	50	50	50	50	50	50	0	10	40
<i>Principales cultivos</i>	Cereales de invierno	Cereales de invierno	Cereales de invierno y veza forraje	Cereales de invierno						

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de INE (2001) y MARM (2010).

* Las Unidades Ganaderas expuestas en el Cuadro hacen referencia al conjunto de la cabaña ganadera formada por bovinos, ovinos, caprinos y porcinos.

de las ayudas de la PAC, es decir, el mantenimiento del 25% de los pagos directos por superficie y el régimen de Pago Único por Explotación (PUE) a través del cual se cobra el 75% de las ayudas históricas.

- *Escenario CM*: este segundo escenario hace referencia a la reforma de la PAC introducida con la aprobación del Chequeo Médico de la PAC y que ha entrado en vigor en España en la campaña agrícola 2009/2010 donde se incluye como mayor novedad el desacoplamiento total de las ayudas directas a los cultivos. Igualmente este escenario se caracteriza por la supresión de la retirada obligatoria de tierras vigente hasta el anterior escenario de la PAC. Este escenario ayudará a comprender el potencial impacto del desacoplamiento total de las ayudas y confirmar o refutar las inquietudes en el sector agrario relativo a los temores del abandono de la actividad agraria en las tierras más marginales.
- *Escenario PNFR*: este escenario se plantea dentro del marco institucional establecido en el *Escenario CM* y permitirá evaluar el potencial impacto del PNFR en los secanos cerealistas en las comarcas que potencialmente pueden beneficiarse de este Plan. Tal y como se apuntaba en la sección 2 este Plan que será desarrollado dentro del CM tiene como principal característica la concesión de ayudas por explotación supeditadas a la introducción de nuevos cultivos en las rotaciones de cultivos tradicionales en la zona.

4.2. El modelo de simulación

La PMP desarrollada por Howitt (1995), es una técnica de modelización matemática basada en un sistema de calibración, a través del

cual se establece una función de costes o rendimientos no lineales que permite reproducir la misma distribución de cultivos observada en el año base, utilizando para ello la información contenida en el valor dual de las variables de decisión (cultivos). La PMP, puede ser utilizada para simular el patrón de comportamiento productivo a nivel de explotación agrícola o a nivel regional simulando distintos sistemas agrarios (Arfini *et al.*, 2005) ante diferentes cambios en el plano normativo que afecten al sector agrario. Asimismo, la PMP asume que la actividad productiva observada en la realidad es consecuencia del principio de maximización del beneficio por parte de los agentes económicos.

El método de calibración "estándar" descrito por Howitt (1995), se inicia con el desarrollo de un modelo auxiliar de Programación Lineal (PL), que maximiza la siguiente función objetivo³:

$$\text{Max } MBT = \sum_i (p_i \cdot y_i - c_i + s_i) \cdot x_i + PU \quad [1a]$$

$$\text{Sujeto a } A\vec{X} \leq \vec{B}, \quad \vec{X} \leq \vec{X}_0 (1 + \varepsilon) \quad [1b]$$

donde *MBT* es el margen bruto total, y representa la función objetivo (supuesto de maximización del beneficio). El *MBT* se calcula como la suma de los márgenes brutos aportados por cada cultivo *i*. Así, el *MBT* es función de las x_i , las superficies dedicadas a cada cultivo *i* que son consideradas como las variables de decisión del modelo. Además, para el cálculo del *MBT* se requiere disponer de información cuantitativa para cada uno de los cultivos considerados en la alternativa de los siguientes coeficientes técnicos: precios (p_i), rendimientos (y_i), costes variables (c_i), ayudas directas por superficie de la PAC acopladas a la producción (s_i) y la cuantía del pago único (*PU*) recibida en cada comarca.

3. Cabe apuntar que la presentación de la versión "estándar" de la PMP expuesta en este trabajo hace referencia a la calibración de modelos de PMP utilizando funciones de rendimientos no lineales. Igualmente, este ha sido el enfoque de la PMP seguido en esta investigación.

El conjunto de restricciones del modelo anterior se representa a partir de la matriz de coeficientes de necesidades de recursos (A) y el vector de recursos disponibles (\vec{B}). Asimismo, el bloque de restricciones ($\vec{X} \leq \vec{X}_0 \cdot (1 + \varepsilon)$) hace referencia a la restricción de la superficie de tierra disponible, donde \vec{X}_0 representa el vector de superficies de los cultivos observados en el año base y ε es un pequeño número positivo que se asigna de forma arbitraria. La adición de estas restricciones fuerza una solución óptima del modelo de PL que reproduce la rotación de cultivos observada en el año base (\vec{X}_0). Como resultado de la introducción de estas restricciones, la solución del modelo genera el valor dual asociado a la superficie de cada uno de los cultivos, los cuales son utilizados para derivar la función de rendimientos no lineales. Así, la nueva función objetivo del modelo de PMP, que reproducirá la distribución de cultivos en el año base (*Escenario MTR*)⁴, se ajusta a la siguiente expresión matemática:

$$\text{Max MBT} = \sum_i [p_i \cdot (\beta_i - \delta_i \cdot x_i) - c_i + s_i] \cdot x_i + \text{PU} \quad [2a]$$

$$\text{Sujeto a } A\vec{X} \leq \vec{B} \quad [2b]$$

Sobre este modelo calibrado se simulará un escenario de desacoplamiento total de las ayudas sin contar con ninguna ayuda acoplada como la que se simula con los pagos

correspondientes al PNFR. En las siguientes sub-secciones se expone de forma sintética la formulación matemática de estos escenarios.

4.2.1. Modelo de simulación para el Escenario CM

A partir del modelo de PMP expuesto en la ecuación [2] y realizando los cambios oportunos se puede simular el comportamiento productivo de los agricultores ante el nuevo marco político de la PAC⁵. Así, al objeto de poder simular la implementación del PNFR contemplado en el Chequeo Médico de la PAC de 2009 en la agricultura de secano de Castilla y León se ha adaptado el modelo desarrollado por Atance y Barreiro (2006) y Oñate *et al.* (2007). Así, el modelo de simulación construido para la implementación del Cheque Médico se ajusta a la siguiente expresión:

$$\text{Max MBT} = \sum_i [p_i \cdot (\beta_i - \delta_i \cdot x_i) - c_i] \cdot x_i + \text{PU} \quad [3a]$$

Sujeto a:

$$\text{Restricción superficie total de secano de la comarca: } \sum_i x_i \leq \text{SUP} \quad [3b]$$

Restricción rotación barbecho:

$$\sum_i x_{\text{rot}} \leq x_{\text{barbecho}} \quad [3c]$$

$$\text{Restricción de no negatividad: } x_i \geq 0 \quad \forall i \quad [3d]$$

4. El modelo presentado en el año base se ha calibrado utilizando la distribución de la SAU comarcal en el año 2006-2007 destinada a cultivos de secano y que se han obtenido de las hojas 1T suministradas por el MARM (MAPA, 2007). Igualmente, los coeficientes técnicos que se han utilizado para calibrar el modelo (precios de las materias primas, rendimientos de los cultivos, costes variables de cultivo y ayudas directas por superficie) corresponden a la campaña 2006-2007 por ser éstos los últimos disponibles en los cuales la *Reforma Intermedia* de la PAC es el escenario de política agraria que define las ayudas al sector.

5. En este sentido conviene señalar que dadas las circunstancias internacionales de los últimos años en relación a la volatilidad del precio de las materias primas que afecta de forma directa al precio de venta de los productos agrarios y a los costes variables de producción, apuntar que para la correcta simulación de este escenario, así como para el caso del escenario PNFR, se han modificado los coeficientes técnicos relativos a precios (p_i) y costes variables (c_i). Así se han utilizado los valores medios para estos dos parámetros de los años 2006-2009. Por otro lado los rendimientos de los cultivos, han sido igualmente modificados en relación al *Escenario base*, utilizando los valores medio para el periodo temporal de los años 2001-2009.

El modelo de PMP utilizado para la simulación del *Escenario CM* difiere del modelo presentado en la ecuación [2], en la supresión en la función objetivo de las ayudas directas (ver ecuación [3a]) dada la eliminación total de estas ayudas en este escenario de PAC. La restricción [3b] limita la superficie de cultivo a la superficie total realmente disponible en la comarca a cultivos de secano (*SUP*). La restricción [3c] establece la inclusión de barbecho en la rotación de cultivos. *PU* se refiere a la ayuda desacoplada por hectárea que depende de la superficie por la que se percibieron ayudas en el período de referencia.

4.2.2. Modelo de simulación para el Escenario PNFR

Al objeto de simular el comportamiento productivo de los agricultores bajo el *Escenario PNFR*, se ha construido el modelo que se presenta a continuación:

$$\begin{aligned} \text{Max } MBT = \sum_i [p_i \cdot (\beta_i - \delta_i \cdot x_i) - c_i + \\ + sp_{i,plan}] \cdot x_i + PU \end{aligned} \quad [4a]$$

Sujeto a:

$$\text{Restricción superficie total de secano de la comarca: } \sum_i x_i \leq SUP \quad [4b]$$

Restricción rotación barbecho:

$$\sum_i x_{rot} \leq x_{barbecho} \quad [4c]$$

Restricciones de acogida al PNFR

Restricción superficie mínima de barbecho:

$$x_{barbecho} \geq PS \cdot \sum_i x_i \quad [4d]$$

Restricción para el pago de explotación:

$$\sum_i x_{cultivos\ elegibles} \leq 0,20 \cdot (\sum_i x_i - x_{barbecho}) \quad [4e]$$

Restricción para el Complemento 1:

$$\sum_i x_{cultivos\ elegibles} \leq 0,25 \cdot (\sum_i x_i - x_{barbecho}) \quad [4f]$$

Restricción para el Complemento 2:

$$\sum_i x_{leguminosas} \leq 0,25 \cdot (\sum_i x_i - x_{barbecho}) \quad [4g]$$

Restricción de no negatividad: $x_i \geq 0 \forall i$ [4h]

La ecuación [4a] representa la función objetivo, que se ajusta a la expresión [2], explicada con anterioridad, si bien se ha incluido la prima contemplada en el PNFR (*sp*), que se recibiría para aquellos cultivos elegibles que son susceptibles de percibir dicha ayuda (*icplan*). En este sentido cabe apuntar que *sp_{i,plan}* tomará valores de 60, 80 y 100 €/ha en función del mayor compromiso en la sustitución de cultivos contemplados en el PNFR. Por su parte la expresión [4c], representa la obligatoriedad contemplada en el PNFR de destinar un porcentaje de la superficie (*PS* –este porcentaje tal y como se especifica en el epígrafe *Las claves del Programa Nacional de Fomento de Rotaciones* varía en función de los rendimientos comarcales establecidos en el PNFR–) a tierras de cultivo barbecho.

Las ecuaciones [4e], [4f] y [4g] representan las restricciones ligadas a la obligación de destinar un determinado porcentaje de la superficie cultivada a los cultivos elegibles en función de la ayuda y del complemento que se solicite. Para esta simulación no se ha incluido la superficie de barbecho en la superficie elegible, tal y como se venía haciendo antes de la modificación del Real Decreto 66/2010 que regula el programa en la que se incluye el barbecho en la superficie elegible.

El valor dual de las restricciones recogidas en las ecuaciones [4e], [4f] y [4g] permite saber cuál debiera ser la prima por hectárea a partir de la cual los agricultores estarían dispuestos a dedicar una unidad más de su superficie disponible para acogerse a la *Ayuda Base, Complemento 1 y Complemento 2*. Este precio sombra de la superficie es un claro indicador de la mayor o menor disposición de los agricultores a acogerse al PNFR.

Dada la naturaleza del análisis que se pretende realizar en esta investigación y que hace referencia a un conjunto representativo de comarcas agrarias existentes en Castilla y León, éstas van a ser las unidades básicas de análisis a considerar para la construcción de los correspondientes modelos de simulación. Así pues, se ha construido un modelo individualizado para cada una de las comarcas caso de estudio, al objeto de poder simular de forma independiente los efectos del PNFR en cada comarca. La escala de trabajo ha determinado la consideración de los siguientes supuestos por motivos pragmáticos: a) todas las explotaciones de la comarca se acogerían al plan y la ayuda percibida sería la máxima, es decir, no se considera ninguna limitación presupuestaria y el agricultor podrá recibir el montante global de la ayuda teórica y b) no

se tendrá en cuenta la restricción de un máximo de 100 hectáreas por explotación con derecho a la ayuda.

4.3. Valoración de la sostenibilidad

Para poder alcanzar el segundo objetivo planteado en este trabajo, es necesario seleccionar un conjunto de indicadores que permitan cuantificar el desempeño multidimensional de los sistemas agrarios caso de estudio desde un punto de vista holístico (económico, social y ambiental). Con este propósito se ha seleccionado una batería de indicadores recogidos en la Tabla 3. La selección y cálculo de los indicadores para evaluar la sostenibilidad agraria se ha fundamentado en la metodología elaborada por la OCDE (2001).

Tabla 3. Indicadores de sostenibilidad seleccionados
Table 3. Selected sustainability indicators

Área de análisis	Indicadores	Unidad de medida
<i>Económico</i>	Margen bruto total (MBT)	€/ha
<i>Social</i>	Empleo agrario (EMPLT)	horas/ha
<i>Ambiental</i>	Cobertura del suelo (COBSUEL)	%
	Uso de abonos nitrogenados (USON)	kg N/ha
	Riesgo de pesticidas (RIESPEST)	kg/ha

A continuación se explica de forma sintética la interpretación de cada uno de los indicadores utilizados para valorar la sostenibilidad de las explotaciones:

- *Margen bruto total*. Es la diferencia entre los ingresos (ventas y subvenciones, tanto acopladas como desacopladas incluidas en el PU) y los costes variables totales de la explotación. El margen bruto así obtenido puede considerarse un estimador válido de la rentabilidad privada de la actividad agraria.
- *Empleo agrario*. El indicador *EMPLT* cuantifica la demanda de mano de obra por parte de la actividad agraria. Así puede considerarse este indicador como un *proxy* del rol social desempeñado por la actividad agraria, que permite la cuantificación de la contribución del sector al desarrollo rural y al equilibrio territorial.
- *Cobertura del suelo*. Este indicador representa el porcentaje de días al año durante los cuales la vegetación cubre el suelo. Así,

este indicador puede considerarse como un *proxy* del riesgo de erosión del suelo.

- *Uso de abonos nitrogenados*. La cantidad de abonos nitrogenados utilizados para la fertilización permite medir la presión cuantitativa-cualitativa ejercida por la actividad agraria sobre las masas de agua.
- *Riesgo de pesticidas*. Este indicador se cuantifica estimando la mortandad de organismos vivos por la acción de las materias activas presentes en los productos fitosanitarios aplicados. En este sentido, este indicador proporciona información sobre la toxicidad liberada al ambiente por el uso de estos agroquímicos.

Estos indicadores socioeconómicos y ambientales han sido utilizados previamente para evaluar la sostenibilidad de los sistemas agrarios castellano leoneses por Gallego-Ayala y Gómez-Limón (2011) y Gómez-Limón y Sánchez-Fernández (2010) entre otros.

4.4. Fuentes de información para la alimentación de los modelos e indicadores

La información necesaria para la alimentación de los modelos de simulación, así como para el cálculo de los indicadores socioeconómicos y ambientales se ha recopilado a partir de fuentes secundarias oficiales. Más concretamente se han consultado fuentes bibliográficas de tipo técnico y estadístico para recopilar datos sobre rendimientos de cultivos y subvenciones percibidas (Anuarios Agroalimentarios de Castilla y León (CAG) varios años), precios de los productos agrarios (MAPA, varios años), características de los itinerarios productivos (MARM, varios años), superficies anuales de cultivos a nivel municipal y comarcal para la campaña 2006-2007 (MAPA, 2007- Hojas 1T) y la toxicidad de las materias activas presentes en los fitosanitarios (Gómez de Barreda *et al.*, 1998).

5. Resultados

5.1. Análisis de los efectos del Plan Nacional de Fomento de Rotaciones

Este epígrafe se destina a la exposición sintética de los resultados alcanzados a través de la resolución de los modelos de programación matemática, para cada uno de los escenarios de apoyo al sector agrario analizados en este trabajo, donde se enmarcan los diferentes niveles de ayudas contemplados en el PNFR. En este primer análisis se ha tomado como escenario de referencia el *Escenario base* (MTR) pues ha sido utilizado para calibrar los modelos de simulación. Sobre esta base se ha resuelto el modelo para el caso del desacoplamiento total de las ayudas que es la base de funcionamiento del *Escenario CM* y para *Ayuda Base, Complemento 1 y Complemento 2* que implican la acogida al PNFR. En la Tabla 4 se presenta tanto la distribución de la superficie de la comarca por cultivos, el porcentaje de superficie destinada a los cultivos considerados en el plan (denominados cultivos elegibles) y la prima teórica que tendría que recibir un productor de la comarca para dedicar una unidad más de la superficie elegible a los cultivos que verifican los requisitos que se exigen para percibir cada complemento.

Los resultados muestran la importancia que tiene la orientación productiva de la comarca en el año base (2006), en la medida que ésta condiciona la mayor o menor disposición a introducir los cultivos promovidos por el PNFR. La calibración de los modelos a través de la PMP permite acercar la simulación a la realidad de la comarca, por el peso que tiene en la elección del cultivo la mayor implantación de estos en la comarca. Así, en aquellas comarcas en las que los cultivos elegibles tenían una mayor importancia relativa en el año base, se puede apreciar la mayor tendencia de estos cultivos a

Tabla 4. Planes de cultivo en los diferentes escenarios analizados
 Table 4. Crop-mixes for the different scenarios analyzed

Escenarios PNFR	Plan de cultivos (porcentajes sobre el total de la comarca)									
	Cereales	Leguminosas	Proteaginosas	Oleaginosas	Cultivos forrajeros	Retirada de tierras	Superficie cultivos elegible	Prima (€/ha)		
<i>Comarca de Ávila (Ávila) Rendimiento comarcal 2 t/ha</i>										
Escenario base	69,08	1,50	0,46	0,41	0,07	27,85	2,37	-		
Chequeo Médico	68,94	2,40	0,46	0,52	0,07	27,55	3,45	-		
Ayuda base	63,73	15,80	2,19	1,95	0,08	16,21	20,02	339,59		
Complemento 1	62,16	19,80	2,71	2,39	0,08	12,78	24,98	440,26		
Complemento 2	61,94	24,90	0,21	0,49	0,08	12,30	25,68	570,08		
<i>Comarca Barco de Ávila (Ávila) Rendimiento comarcal 1,8 t/ha</i>										
Escenario base	50,66	2,60	0,28	0,00	2,13	44,33	2,88	-		
Chequeo Médico	47,30	4,00	0,20	0,00	4,08	44,33	8,28	-		
Ayuda base	35,67	9,20	4,73	0,00	6,07	44,33	20,00	54,54		
Complemento 1	31,69	11,70	6,23	0,00	7,05	43,31	24,98	91,08		
Complemento 2	31,67	16,20	0,19	0,00	8,73	43,13	25,12	167,94		
<i>Comarca Valle del Tietar (Ávila) Rendimiento comarcal 1,5 t/ha</i>										
Escenario base	30,82	4,60	2,78	0,00	14,89	46,64	22,27	-		
Chequeo Médico	30,88	4,70	2,78	0,00	14,93	46,64	22,41	-		
Ayuda base	29,29	10,80	4,33	0,00	18,08	37,47	33,21	0,00		
Complemento 1	29,22	12,80	4,85	0,00	19,13	33,96	36,78	0,00		
Complemento 2	29,23	14,80	1,35	0,00	20,18	34,35	36,33	0,00		
<i>Comarca Tierras de León (León) Rendimiento comarcal 1,8 t/ha</i>										
Escenario base	40,16	1,50	2,57	0,11	2,18	53,48	4,18	-		
Chequeo Médico	39,19	9,60	9,97	0,20	0,70	40,25	20,47	-		
Ayuda base	38,85	12,00	12,57	0,23	0,71	35,62	25,51	70,56		
Complemento 1	38,46	24,80	5,58	0,11	0,75	30,29	31,24	96,25		
Complemento 2	40,12	3,50	2,53	0,11	0,79	52,87	6,93	321,66		
<i>Comarca Vitigundino (Salamanca) Rendimiento comarcal 1,2 t/ha</i>										
Escenario base	32,26	2,40	0,78	0,00	3,44	61,22	3,18	-		
Chequeo Médico	32,26	7,20	0,78	0,00	3,88	59,62	11,86	-		
Ayuda base	32,24	16,50	3,44	0,00	5,06	47,72	25,00	92,84		
Complemento 1	32,23	20,40	4,55	0,00	5,56	42,73	30,51	136,98		
Complemento 2	32,23	25,00	0,00	0,00	6,14	42,73	31,14	192,03		

Tabla 4. Planes de cultivo en los diferentes escenarios analizados
 Table 4. Crop-mixes for the different scenarios analyzed

Escenarios PNFR	Plan de cultivos (porcentajes sobre el total de la comarca)									
	Cereales	Leguminosas	Proteaginosas	Oleaginosas	Cultivos forrajeros	Retirada de tierras	Superficie cultivos elegible	Prima (€/ha)		
Comarca Ciudad Rodrigo (Salamanca) Rendimiento comarcal 1,5 t/ha										
Escenario base	40,61	0,90	1,31	0,00	0,95	56,24	2,21	-		
Chequeo Médico	40,61	1,90	1,30	0,00	1,05	56,11	4,25	-		
Ayuda base	40,44	9,10	10,80	0,00	1,83	39,54	21,73	341,67		
Complemento 1	40,39	11,30	13,64	0,00	2,07	34,59	27,01	441,68		
Complemento 2	40,38	24,90	0,22	0,00	3,55	34,37	28,67	1.177,04		
Comarca Aliste (Zamora) Rendimiento comarcal 1,8 t/ha										
Escenario base	44,11	0,40	0,25	0,00	0,39	54,85	0,65	-		
Chequeo Médico	44,06	0,70	0,25	0,00	0,37	54,85	1,32	-		
Ayuda base	34,62	11,80	8,10	0,00	1,13	45,33	21,03	1.760,65		
Complemento 1	34,28	14,80	10,17	0,00	1,33	40,67	26,30	2.221,08		
Complemento 2	34,28	24,90	0,00	0,00	2,03	40,66	26,93	3.867,88		
Comarca Campos (Palencia) Rendimiento comarcal 2,5 t/ha										
Escenario base	68,39	1,40	7,25	3,62	5,98	12,85	12,27	-		
Chequeo Médico	67,96	6,30	7,20	3,59	7,58	9,69	24,67	-		
Ayuda base	67,16	10,50	8,93	4,25	7,80	3,87	31,48	0,00		
Complemento 1	66,90	11,90	9,50	4,47	7,87	1,93	33,74	0,00		
Complemento 2	61,92	22,90	5,64	3,32	8,53	0,90	40,39	147,06		
Comarca Tierra de Campos (Valladolid) Rendimiento comarcal 2,5 t/ha										
Escenario base	58,65	1,80	5,02	8,49	7,91	18,13	15,31	-		
Chequeo Médico	58,21	5,80	4,96	8,40	10,29	14,59	29,45	-		
Ayuda base	57,28	8,80	7,43	11,36	10,52	7,13	38,11	0,00		
Complemento 1	56,97	9,80	8,25	12,34	10,59	4,65	40,98	0,00		
Complemento 2	56,58	22,40	2,83	8,15	12,31	1,47	45,69	219,71		
Comarca Campos-Pan (Zamora) Rendimiento comarcal 2,2 t/ha										
Escenario base	48,33	0,70	1,06	1,35	5,82	42,74	3,11	-		
Chequeo Médico	47,71	1,90	1,04	1,35	6,91	42,28	11,20	-		
Ayuda base	39,48	6,20	7,89	4,22	8,32	36,01	26,63	454,1		
Complemento 1	36,79	7,60	10,02	5,11	8,97	33,95	31,70	594,99		
Complemento 2	35,35	21,40	0,22	1,31	14,35	32,86	37,28	2.193,81		

formar parte de forma más significativa en la rotación, superando la superficie mínima establecida para percibir el complemento. Esta situación se pone de manifiesto en comarcas como Valle del Tietar en la que la veza forrajera tiene una gran presencia. Un análisis más detallado de estos resultados a través del cálculo de la prima teórica corrobora de forma clara esta situación, en la medida que en esta comarca el agricultor con la prima establecida por el PNFR estaría dispuesto a cumplir los requisitos (prima teórica cero). Por el contrario, podemos apreciar como en el resto de las comarcas incluidas en el Plan, la prima por la que estarían dispuestos a introducir los nuevos cultivos es mayor que la prima que establece el Plan, especialmente para el *Complemento 2*. Como caso extremo de esta situación estaría la comarca de Aliste de orientación claramente ganadera y con casi nula presencia de estos cultivos. Así, el modelo estima una prima de 3.867 €/ha por dedicar un 25% de la superficie a las leguminosas. De hecho el agricultor tras acogerse al Plan obtiene incluso resultados negativos, dada la marginalidad de los cultivos elegibles aptos para la comarca. Obviamente la realidad agraria hace pensar que estas altas primas que calcula el modelo son un incentivo claro para acogerse al Plan. Sin embargo, las limitaciones de la PMP debidas al peso de la calibración en los resultados del modelo provocan que los cambios de cultivos sean excesivamente bruscos en términos relativos respecto al escenario de calibración y se establezcan así primas sobredimensionadas y ciertamente alejadas de la realidad.

Teniendo en consideración los resultados alcanzados para las nuevas rotaciones de cultivo, se puede apreciar que la nueva superficie destinada a los cultivos contemplados en el Plan deriva en su mayor parte de la sustitución de parte del barbecho por estos cultivos, manteniendo estable la su-

perficie de cereales, si bien en las comarcas donde la presencia de leguminosas, oleaginosas y proteaginosas es muy pequeña en el año base (caso de Aliste con un 0,65%) se produce igualmente una reducción de la superficie de cereal para alcanzar los mínimos exigidos por el Plan. En las comarcas acogidas al Plan existe una necesidad de mantener la práctica del barbecho tradicional para así poder obtener unos rendimientos aceptables; además hay que considerar el efecto de la obligatoriedad de destinar una superficie mínima de barbecho en función del rendimiento comarcal.

Centrando el análisis en las comarcas que no están incluidas en el Plan, cabe señalar que se observan comportamientos dispares entre ellas. Así las comarcas de Campos (Palencia) y Tierra de Campos (Valladolid) muestran una buena disposición a cumplir con los requisitos para *la Ayuda base* y el *Complemento 1*, siendo la prima teórica de 0 €/ha, mientras que su disposición a destinar el 25% de la superficie sólo a leguminosas es menor (primas entre 150 y 200 €/ha). Esto es debido a la importante presencia que tienen las proteaginosas y las oleaginosas en la rotación de cultivos típica observada en esas comarcas; de hecho en estas dos zonas de estudio es la superficie de barbecho la que se dedica a estos nuevos cultivos, llegando a ser casi testimonial la superficie de barbecho para el *Complemento 1 y 2* (entre el 0 y 5%). En estas comarcas este hecho está íntimamente ligado a la falta de obligatoriedad de respetar una superficie mínima de barbecho. Por el contrario, la comarca de Campos-Pan (Zamora) se comporta de forma similar a las comarcas incluidas en el PNFR, presentando altas primas de compensación. De este primer análisis se puede obtener una primera conclusión y es la importancia que tienen los cultivos tradicionales en la zona a la hora de introducir cambios, hecho que, como se ha comentado anteriormente, está exacerbado por la pro-

pia naturaleza de la PMP, y por tanto debería ser considerado con cierta cautela. Los resultados obtenidos muestran además que el desacoplamiento total de las ayudas como consecuencia del Chequeo Médico de la PAC no han supuesto cambios sustanciales en la alternativa de cultivos respecto a la MTR.

En relación a los resultados obtenidos relativos a los indicadores de sostenibilidad analizados (ver Tabla 5), cabe decir que en este caso se ha tomado como referencia el *Escenario CM* (base 100) ya que éste representa la situación alternativa en la actualidad a la introducción del PNFR.

Tabla 5. Variación porcentual de los indicadores socioeconómicos y ambientales en cada escenario
Table 5. Percentage variation of the socio-economic and environmental indicators for each scenario

Escenarios PNFR	Indicadores				
	MBT	EMPLT	COBSUEL	USON	RIESPEST
<i>Comarca de Ávila (Ávila)</i>					
<i>Chequeo Médico</i>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
<i>Ayuda base</i>	91,97	100,40	115,56	93,24	100,30
<i>Complemento 1</i>	85,70	100,53	120,00	91,20	100,40
<i>Complemento 2</i>	79,90	99,47	122,22	90,86	96,54
<i>Comarca Barco de Ávila (Ávila)</i>					
<i>Chequeo Médico</i>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
<i>Ayuda base</i>	104,12	94,51	100,00	73,45	71,16
<i>Complemento 1</i>	103,39	92,95	102,94	64,55	61,78
<i>Complemento 2</i>	101,14	91,38	102,94	65,25	58,49
<i>Comarca Valle del Tietar (Ávila)</i>					
<i>Chequeo Médico</i>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
<i>Ayuda base</i>	114,26	103,13	118,75	95,62	100,06
<i>Complemento 1</i>	112,23	104,61	125,00	96,33	103,45
<i>Complemento 2</i>	113,42	103,46	125,00	97,29	98,54
<i>Comarca Tierras de León (León)</i>					
<i>Chequeo Médico</i>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
<i>Ayuda base</i>	100,14	101,60	108,11	99,28	102,18
<i>Complemento 1</i>	91,26	101,12	118,92	99,10	105,11
<i>Complemento 2</i>	100,05	95,99	78,38	102,31	94,26
<i>Comarca Vitigundino (Salamanca)</i>					
<i>Chequeo Médico</i>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
<i>Ayuda base</i>	103,66	105,12	132,00	100,82	114,85
<i>Complemento 1</i>	101,12	107,13	144,00	101,20	121,06
<i>Complemento 2</i>	99,29	105,30	144,00	101,64	116,76

Tabla 5. Variación porcentual de los indicadores socioeconómicos y ambientales en cada escenario
 Table 5. Percentage variation of the socio-economic and environmental indicators for each scenario

Escenarios PNFR	Indicadores				
	MBT	EMPLT	COBSUEL	USON	RIESPEST
<i>Comarca Ciudad Rodrigo (Salamanca)</i>					
<i>Chequeo Médico</i>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
<i>Ayuda base</i>	89,66	108,70	137,04	100,06	116,98
<i>Complemento 1</i>	81,72	111,26	148,15	100,09	122,05
<i>Complemento 2</i>	39,03	106,48	151,85	100,92	113,58
<i>Comarca Aliste (Zamora)</i>					
<i>Chequeo Médico</i>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
<i>Ayuda base</i>	26,89	99,00	121,43	82,57	103,48
<i>Complemento 1</i>	-16,66	101,00	132,14	81,94	107,90
<i>Complemento 2</i>	-107,82	96,82	135,71	82,30	101,73
<i>Comarca Campos (Palencia)</i>					
<i>Chequeo Médico</i>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
<i>Ayuda base</i>	105,16	101,29	107,02	98,96	101,67
<i>Complemento 1</i>	103,97	101,75	108,77	98,61	102,23
<i>Complemento 2</i>	99,99	98,13	110,53	91,33	94,86
<i>Comarca Tierra de Campos (Valladolid)</i>					
<i>Chequeo Médico</i>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
<i>Ayuda base</i>	107,17	102,28	107,41	98,89	104,91
<i>Complemento 1</i>	105,61	103,00	109,26	98,54	106,55
<i>Complemento 2</i>	98,19	102,04	116,67	97,87	100,94
<i>Comarca Campos-Pan (Zamora)</i>					
<i>Chequeo Médico</i>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
<i>Ayuda base</i>	94,21	100,29	110,81	83,70	98,35
<i>Complemento 1</i>	84,71	100,57	113,51	78,36	98,03
<i>Complemento 2</i>	25,11	100,00	121,62	76,14	90,06

El efecto del PNFR sobre el indicador *MBT* que representa la rentabilidad por unidad de superficie en €/ha se aprecian resultados dispares. Así en las comarcas de El Barco de Ávila, Tierras de León y Vitigundino este indicador mejora ligeramente (2-3%), mien-

tras que lo hace de forma significativa en la comarca de Valle del Tietar (14%). Por el contrario las comarcas más ganaderas como Ávila, Ciudad Rodrigo y especialmente Aliste, la opción del Plan no resulta rentable, representado pérdidas importantes, espe-

cialmente para el *Complemento 2*. En este punto conviene señalar que la prima establecida en el Plan tiene como objetivo compensar los sobrecostes que implica el cambio de cultivos o la roturación del barbecho, por lo que se puede considerar que el mantenimiento del *MBT* actual encajaría en los objetivos del Plan. Este heterogéneo comportamiento del indicador *MBT* en función de la comarca depende de la mayor o menor rentabilidad de los cultivos elegibles aptos para ser cultivados. Así en las zonas donde cultivos como los yeros o la veza grano son más apropiados, la mejora en la rentabilidad es menor. En las comarcas no acogidas al PNFR el *Complemento 2* también deja de ser atractivo pues empeora este indicador. Así se puede apreciar la íntima relación que existe entre este indicador y la prima que calcula el modelo. Lógicamente cuanto mayor es la mejora del indicador más pequeña es la prima teórica. De nuevo en este punto conviene matizar los resultados y las conclusiones extraídas de éstos, al considerar las limitaciones ya apuntadas anteriormente referidas a la PMP que establece grandes rigideces en la introducción de nuevos cambios a corto plazo en las rotaciones de cultivos (re-orientación productiva).

Por otro lado, la puesta en marcha del PNFR tendrá un efecto social casi neutro, dado que no existen diferencias significativas en la demanda de empleo (indicador *EMPLT*) entre los cultivos considerados. Paradójicamente es en las comarcas más ganaderas donde se observa una mayor mejora del indicador *EMPLT* (de hasta el 11% para el *Complemento 1* en Ciudad Rodrigo). Ello es una muestra de la marginalidad de estas comarcas y de la importancia del barbecho en la situación actual.

Desde un punto de vista ambiental, las ayudas contempladas en el PNFR tendrían un efecto positivo sobre el indicador *COBSUEL* (cobertura del suelo), lo que supondría una

disminución del riesgo de erosión eólica e hídrica. La mejora en este indicador es mayor a medida que la superficie dedicada al barbecho es sustituida de forma progresiva por los cultivos elegibles contemplados en el Plan. Por otro lado, el PNFR generaría disminuciones importantes en el uso de abonos nitrogenados (indicador *USON*), especialmente en aquellas comarcas en las que el Plan tiene mejor acogida y se sustituye más superficie de cereales. Por último, en cuanto al riesgo de pesticidas, cabe apuntar que esta ayuda generaría un aumento de la liberación de fitosanitarios al ambiente (indicador *RIESPEST*), salvo en aquellas comarcas en las que disminuye la superficie destinada a cereales por cultivos elegibles y se mantiene la superficie de barbecho.

En líneas generales se observa como en el caso del *Complemento 2* los indicadores socioeconómicos analizados no mejoran de forma significativa, siendo incluso los valores alcanzados por éstos peores que los obtenidos en el *Escenario Ayuda Base*; igualmente el *Complemento 1* sólo representa una ligera mejora respecto al escenario de *Ayuda Base*. Por ello conviene analizar en detalle y valorar en qué medida es eficaz cada unidad adicional de ayuda que se destina a incrementar en una unidad más la superficie destinada a un cultivo elegible. Por ello, el siguiente epígrafe se destina a valorar desde este punto de vista la eficiencia del Plan.

5.2. Valoración de la eficiencia del PNFR

Como herramienta de apoyo a este análisis y con el objetivo de profundizar en los resultados alcanzados tal y como se ha apuntado anteriormente, se ha optado por evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos previstos, es decir, valorar la eficiencia de cada una de las ayudas consideradas en el Plan. Para ello se propone como indicador de dicha eficiencia la mejora en el objetivo

Tabla 6. Ayuda media por comarca (€/ha)
Table 6. Average support by county (€/ha)

Escenarios	Ávila	Barco de Ávila	Valle del Tietar	Tierras de León	Vitigundino	Ciudad Rodrigo	Aliste	Campos	Tierra de Campos	Campos Pan
<i>Chequeo Médico</i>	124,31	113,40	94,52	112,61	75,63	94,49	113,16	157,50	144,17	144,17
<i>Ayuda base (incremento)</i>	136,27 (+10%)	121,76 (+7%)	114,45 (+21%)	124,46 (+11%)	163,62 (+16%)	103,43 (+13%)	125,1 (+11%)	171,36 (+9%)	160,72 (+11%)	155,16 (+8%)
<i>Complemento 1 (incremento)</i>	144,23 (+16%)	127,74 (+13%)	123,94 (+31%)	134,43 (+15%)	172,22 (+26%)	114,44 (+21%)	133,14 (+18%)	172,5 (+10%)	162,4 (+13%)	157,01 (+9%)
<i>Complemento 2 (incremento)</i>	149,91 (+21%)	127,09 (+14%)	130,85 (+38%)	137,46 (+22%)	176,26 (+33%)	119,61 (+27%)	138,06 (+22%)	171,24 (+9%)	164,2 (+14%)	157,93 (+10%)

considerado respecto a la situación inicial teniendo en cuenta el incremento presupuestario que supone su aplicación respecto a dicha situación de partida. Se trata en definitiva, de ver si el incremento porcentual en el pago medio por unidad de superficie en la comarca supone o no una mejora en la misma proporción de los indicadores económicos, sociales y ambientales considerados en este trabajo. Para ello se considera como situación inicial el *Escenario CM*, en que se parte de una ayuda media por hectárea correspondiente a la ayuda desacoplada. Para cada escenario que componen la ayuda base y los complementos, se calcula la ayuda adicional media por hectárea que será función del porcentaje de superficie acogida a cada uno de los pagos sobre el total de SAU de la comarca.

La Tabla 6 representa el incremento porcentual de la ayuda media por hectárea para cada una de las comarcas. De este cuadro se deduce la importancia de la ayuda acoplada que compone el Plan en aquellas comarcas donde la ayuda desacoplada es pequeña, debido a los bajos rendimientos comarcales asignados a partir del Plan de Regionalización Productiva. Así en la comarca de Valle del Tietar, las ayudas del Plan pueden llegar a representar un 38% o en Vitigundino el 33%. Este importante incremento en las ayudas directas en la comarca debería tener como contrapartida una mejora de los indicadores.

Las Figuras 2 y 3 muestran los valores de la eficiencia, entendida ésta como el cociente entre el incremento porcentual respecto al *Escenario CM* del indicador analizado y el incremento porcentual respecto al mismo escenario de la ayuda media por hectárea en la comarca. En la ecuación [5] se expresa de forma matemática el valor de la eficiencia del *pago por explotación*:

$$E_{je} = \frac{\Delta I_j}{(\Delta S_c x e_j) / x_j} \quad [5]$$

Siendo E_{je} el indicador de la eficiencia de la ayuda del PNFR para la comarca j , ΔI_j la mejora porcentual del indicador de sostenibilidad analizado en la comarca j debido a la ayuda respecto al escenario (e) analizado. El denominador de la ecuación [5] representa el incremento porcentual de la ayuda media adicional por hectárea destinada a la comarca j y que se calcula como el pago por hectárea de cada complemento S_c multiplicado por las hectáreas susceptibles de recibir el complemento x_{jc} , dividido por la SAU de la comarca (X_j). Se considera que la ayuda es eficiente cuando la expresión [5] alcanza valores mayores o iguales a 1. Las Figuras 2 y 3 representa la eficiencia promedio de cada uno de los tramos de ayuda considerados en el PNFR para las comarcas que se encuentran incluidas en el Plan y para las que están fuera del Plan.

Centrando el análisis en el indicador MBT , se observa que para las comarcas incluidas en el Plan la eficiencia de la ayuda es negativa, es decir, incrementos en la ayuda media por hectárea respecto a la ayuda base desacomplada se traducen en una disminución en mayor proporción del MBT (valores mayores que -1). Este incremento negativo es mayor a medida que aumenta la ayuda media por hectárea. Para la media de las comarcas incluidas en el PNFR se puede decir que la ayuda es ineficiente si bien cuando se individualiza por comarcas el análisis, se observan resultados dispares pues los valores de eficiencia mejoran en el Valle de Tietar o el Barco de Avila, pero en ningún caso la eficiencia es mayor que 1. Para el caso de las comarcas fuera del PNFR la eficiencia es pequeña para la *Ayuda base*, siendo muy ineficaz para el *Complemento 2*.

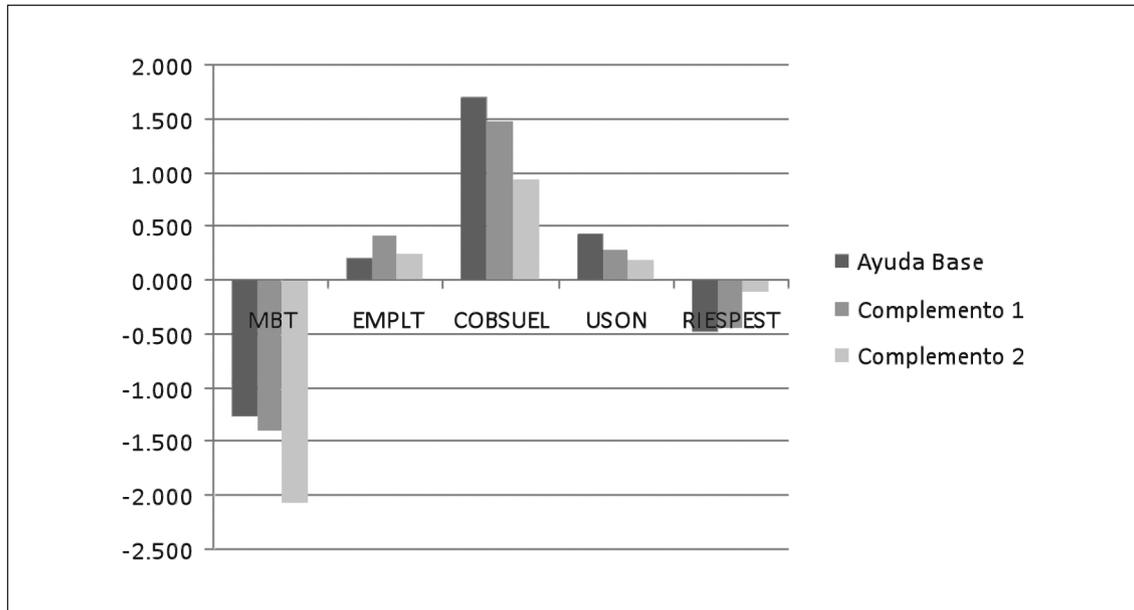


Figura 2. Eficiencia media de las ayudas para las comarcas incluidas en el PNFR.
 Figure 2. Average support efficiency for counties included in the PNFR.

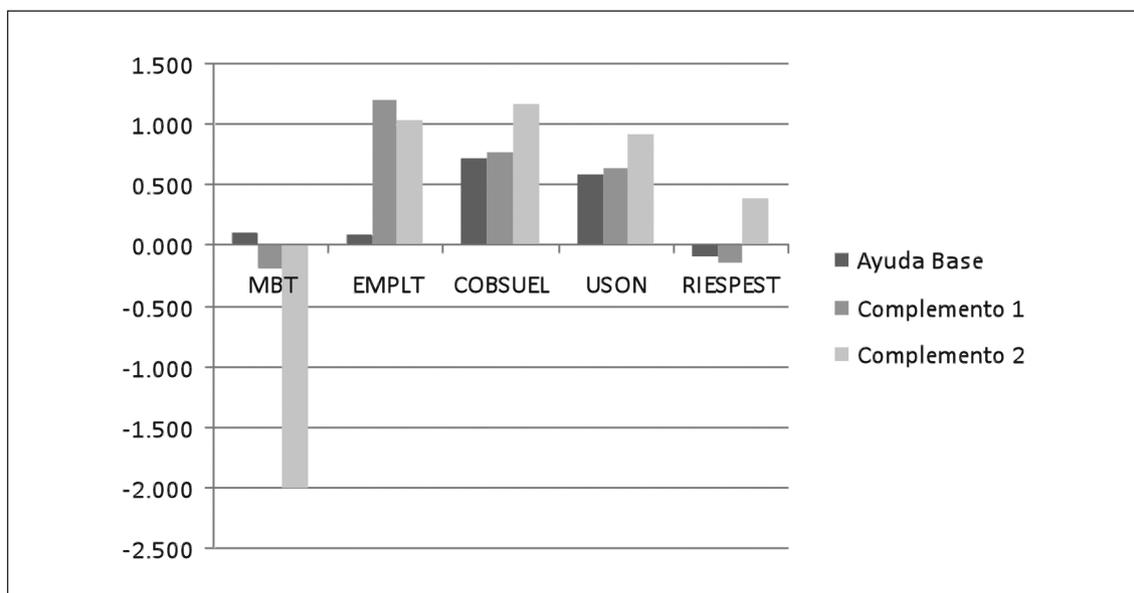


Figura 3. Eficiencia media de las ayudas para las comarcas no incluidas por el PNFR.
 Figure 3. Average support efficiency for counties not included in the PNFR.

Respecto a la valoración del indicador social *EMP* la ayuda genera mejoras, si bien con poca eficiencia en las comarcas incluidas. Por el contrario, las comarcas no incluidas en el PNFR presentan mejores resultados, alcanzando valores de eficiencia mayores que 1 para los *Complementos 1* y *2*. Por último los indicadores de tipo ambiental (indicadores *COBSUEL*, *USON* y *RIESPEST*) muestran resultados favorables independientemente del tipo de comarca a analizar –acogidas o no al Plan–, especialmente en lo que se refiere a *COBSUEL*, dado que se produce una reducción significativa de la superficie destinada al barbecho en las comarcas que no son obligadas a destinar una parte de su superficie al barbecho. En lo concerniente al uso de abonos nitrogenados (indicador *USON*) se puede apreciar como la eficiencia mejora en la medida que el empleo de abonos disminuye, llegando a ser eficiente (valor próximo a 1) para el *Complemento 2* en las comarcas fuera del Plan. Por su parte, el indicador

RIESPEST (riesgo de pesticidas) muestra valores positivos en las comarcas no contempladas por el PNFR dado que la superficie destinada al barbecho disminuye, si bien no puede considerarse que la ayuda sea eficiente. A la luz de los resultados obtenidos, en líneas generales se puede avanzar que el *Complemento 2* presenta unos niveles de eficiencia bajos en las comarcas consideradas en el Plan, por lo que resulta cuestionable su aplicación.

6. Conclusiones

Los secanos marginales españoles sufren en el escenario actual de ayudas totalmente desacopladas un claro riesgo de abandono. El MARM ha dado prioridad a este hecho y ha dotado con 69,6 millones de euros al Plan Nacional para el Fomento de la Rotaciones Tradicionales con el objetivo de frenar este proceso. Los pagos adicionales ligados al

compromiso de mantener las rotaciones tradicionales del secano español ha sido el instrumento elegido para apoyar estos sistemas agrarios, justificando de este modo la ayuda por motivos exclusivamente ambientales, tal y como establece el artículo 68. Se trata en definitiva de una ayuda que anticipa las tendencias del debate de la PAC post 2013, en la medida que las ayudas tienden a ser más selectivas pues se dirige de forma explícita a las explotaciones con una clara aportación a la mejora ambiental. Este trabajo en línea con esta reflexión, trata de valorar si la ayuda tal y como es concebida en el RD 66/2010, alcanza los objetivos que persigue: mantenimiento o mejora de las rentas agrarias justificada en base a la consecución de una mejora ambiental.

Tras la simulación de la ayuda en comarcas de Castilla y León que son objeto del Plan y comarcas de la misma región que quedarían fuera por superar los rendimientos mínimos establecidos, se observa que la mejora de la rentabilidad de la explotación estaría en el límite en aquellas comarcas en las que no existe tradición de estos cultivos elegibles y en los que el barbecho tiene un peso importante en la alternativa por motivos agronómicos. Los mayores costes de producción junto con los bajos rendimientos de los nuevos cultivos que sustituyen al barbecho podrían explicar en parte estos resultados. Sin embargo parece razonable tener presente en esta valoración la influencia de la Programación Matemática Positiva como método de simulación, ya que ésta tal y como esta concebida establece grandes rigideces en los cambios de cultivo, lo que provoca que la prima que calcula para adaptarse al cambio sea excesivamente alta. Este mismo razonamiento justifica que en las comarcas en las que si existe tradición de estos cultivos y están ya implantados, la acogida al Plan es directa y la prima que estarían dispuestos a percibir sería menor que en el caso anterior.

Respecto a las mejoras en el desempeño social y ambiental de los sistemas agrarios tras la aplicación de la ayuda, se puede afirmar que son importantes en buena medida debido a la sustitución del cereal por cultivos menos demandantes en insumos agrarios y la eliminación de barbechos. Si bien se observan importantes diferencias entre comarcas. Aquellas en las que la aceptación es mejor por existir tradición en proteaginosas y leguminosas forrajeras los beneficios son mayores. En estas comarcas se puede afirmar que la ayuda es eficiente si se considera el esfuerzo presupuestario que implica su puesta en marcha. Las comarcas más ganaderas presentan resultados menos alentadores como cabría esperar. El hecho de que la ayuda sea acoplada a la superficie elegible (en la que se excluye el barbecho) hace que en la mayoría de los casos las decisiones se limiten a respetar los mínimos exigidos, lo que indica la falta de rentabilidad de estos cultivos frente a los cereales. No obstante, en la valoración de estos resultados hay que tener muy presentes los supuestos de partida considerados en el modelo de simulación, que presumen que todos los solicitantes reciben el total de la ayuda. De este modo el productor se aísla del riesgo asociado a la incertidumbre relativa la cuantía de la ayuda finalmente percibida y que vendrá definida por el número final de solicitantes.

Por otro lado, a la luz de los resultados obtenidos a través de esta investigación, es posible avanzar conclusiones sobre el diseño de la ayuda. Su aplicación por tramos en función de los compromisos adquiridos no mejora la eficiencia de la ayuda pues en la mayoría de los casos los indicadores empeoran a medida que se incrementa el importe de la ayuda. Así pues, parecería más apropiado simplificar la ayuda a un solo tramo dado que los resultados que se alcanzarían serían similares y la facilidad para su gestión se incrementaría. Por otra parte sería inte-

resante valorar el papel de la ayuda en relación con otras existentes y complementarias como agroambientales o la ayuda a la producción de "leguminosas de calidad", pues podrían incentivar de forma más clara la inclusión de estos cultivos en las rotaciones.

Por último, es importante destacar el hecho de que la concepción de este Programa por parte del Ministerio muestra importantes sinergias con las tendencias que se apuntan en el debate sobre la PAC post 2013, en la línea de concebir las ayudas como un mecanismo para compensar las desventajas competitivas de la agricultura que se desarrolla en zonas más desfavorecidas, promocionando indirectamente un modelo de agricultura sostenible. Para ello es fundamental poder constatar a través de trabajos similares al que aquí se plantea, la potencialidad del instrumento en la mejora real de los indicadores ambientales y en la garantía de lograr un grado de acogida razonable para alcanzar los objetivos que se persiguen.

Agradecimientos

Los autores agradecen sinceramente los comentarios y sugerencias realizadas por los dos revisores anónimos, que han permitido mejorar la calidad científica del manuscrito. Esta investigación ha sido financiada por la Consejería de la Junta de Castilla y León por medio del proyecto FUTURCYL (VA036A08).

Bibliografía

Acs S, Hanley N, Dallimer M, Gaston KJ, Robertson P, Wilson P, Armsworth PR, 2010. The effects of decoupling on marginal agricultural systems: implications for farm incomes, land use and upland ecology. *Land Use Policy* 27: 550-563.

Arfini F, Donati M, Zuppiroli M, 2005. AGRISP: un modelo di simulazione per valutare gli effetti per l'Italia di modifiche delle politiche agricole. En Anania G, (ed.) *La riforma delle politiche agricole dell'UE ed il negoziato WTO*. FrancoAngeli, Milan: 81-128.

Atance I, Barreiro J, 2006. CAP MTR versus environmentally targeted agricultural policy in marginal arable areas: impact analysis combining simulation and survey data. *Agricultural Economics* 34 (3): 303-313.

Balkhausen O, 2007. *Effects of Decoupling Direct Payments on Agricultural Production and Land Use in Individual Member States of the European Union*. PhD Thesis. Göttingen-University, 2007.

Beard N, Swinbank A, 2001. Decoupled Payments to Facilitate CAP Reform. *Food Policy* 26(2): 121-145.

Breen JP, Hennessy TC, Thorne FS, 2005. The effect of decoupling on the decision to produce: An Irish case study. *Food Policy* 30(2): 129-144

CAG (Consejería de Agricultura y Ganadería) (2007). *La agricultura de Castilla y León*. Consejería de Agricultura y Ganadería-Junta de Castilla y León, Valladolid.

CAG (Consejería de Agricultura y Ganadería), varios años. *Anuario Agroalimentario de Castilla y León*. Consejería de Agricultura y Ganadería-Junta de Castilla y León, Valladolid.

Canton J, Cara S, Jayet PA, 2009. Agri-environmental schemes: adverse selection, information structure and delegation. *Ecological Economics* 68: 2114-2121.

Compés R, García Álvarez-Coque JM, 2009. *La reforma de la PAC y la agricultura española: alternativas y oportunidades para España*. Documento de trabajo 40/2009. Fundación Alternativas, Madrid.

European Commission (EC), 2009. *Why do we need a Common Agricultural Policy? Discussion paper*. Direçtorre Geral for Agriculture and Rural Development-European Comision, Bruselas.

European Commission (EC), 2010. *The CAP towards 2020: Meeting the food, natural resour-*

- ces and territorial challenges of the future. Directore Geral for Agriculture and Rural Development-European Comision, Bruselas.
- Gallego-Ayala J, Gómez-Limón JA, 2011. Future scenarios and their implications for irrigated agriculture in the Spanish region of Castilla y León. *New Medit* X(1): 4-16.
- Gohin A, 2006. Assessing CAP Reform: Sensitivity of Modelling Decoupled Policies. *Journal of Agricultural Economics* 57(3): 415-440.
- Gómez de Barreda D, Lidón A, Gómez de Barreda Ferraz D, Gamón A, Sáez A, 1998. Características fisicoquímicas y biológicas que definen el comportamiento en el suelo de los fitosanitarios. SEMH (Sociedad Española de Malherbología)-Ediciones y Promociones Lav, Madrid.
- Gómez-Limón JA, 2006. El regadío: sistema agrario multifuncional. En *Fundación de Estudios Rurales* (ed) Agricultura familiar en España. Fundación de Estudios Rurales, Madrid: 117-127.
- Gómez-Limón JA, Atance I, Rico M, 2007. Percepción pública del problema de la despoblación del medio rural en Castilla y León. *Revista de Estudios sobre Despoblamiento y Desarrollo Rural* 6: 9-60.
- Gómez-Limón JA, Sanchez-Fernandez G, 2010. Empirical evaluation of agricultural sustainability using composite indicators. *Ecological Economics* 69(5): 1062-1075.
- Gómez-Ramos A, 2010. Programas de apoyo derivados del antiguo artículo 69 y el actual artículo 68. En *García Alverez-Coque JM, Gómez-Limón JA*, (eds) El chequeo médico de la PAC. Eumedia-MARM, Madrid: 63-89.
- Howitt RE, 1995. Positive Mathematical Programming. *American Journal of Agricultural Economics* 77(2): 329-342.
- INE (Instituto Nacional de Estadística), 2001. Censo Agrario de 1999. INE, Madrid.
- INE (Instituto Nacional de Estadística), 2007. Encuesta sobre la Estructura de las Explotaciones Agrícolas año 2005. Instituto Nacional de Estadística. Madrid.
- MAPA (Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación), varios años. Anuario de estadística agroalimentaria. MAPA, Madrid.
- MAPA (Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación), 2007. Superficies comarcales por cultivos. Hojas 1T. Campaña 2006-2007. MAPA, Madrid.
- MARM (Ministerio de Medio Ambiente y Rural y Marino), 2010. Aplicación informática SIGMA-PA. MARM, Madrid.
- MARM (Ministerios de Medio Ambiente y Rural y Marino), varios años. Análisis de la economía de los sistemas de producción. Resultados técnico-económicos de explotaciones agrícolas de Castilla y León. MARM, Madrid.
- Massot A, 2009. España ante la refundación de la PAC de 2013. Documento de trabajo 35/2009. Real Instituto Elcano, Madrid.
- OECD (Organization for Economic Co-operation and Development), 2001. Environmental indicators for agriculture. Volume 3. Methods and results. OECD, Paris.
- Oñate JJ, Atance I, Bardají I, Lluisa D, 2007. Modelling the effects of alternative CAP policies in Spanish high-nature value cereal-steppe farming systems. *Agricultural Systems* 94: 247-260.
- Paniagua-Mazorra A, 2001. Agri-environmental policy in Spain. The agenda of socio-political developments at the national, regional and local levels. *Journal of Rural Studies* 17: 81-97.
- Real Decreto 66/2010, de 29 de enero, sobre la aplicación en el año 2010 y 2011 de los pagos directos a la agricultura y a la ganadería.
- Reglamento (CE) 73/2009 del Consejo de 19 de enero de 2009 por el que se establecen disposiciones comunes aplicables a los regímenes de ayuda directa a los agricultores en el marco de la política agrícola común y se instauran determinados regímenes de ayuda a los agricultores.
- Rude J, 2008. Production effects of the European Union's single farm payment. *Canadian Journal of Agricultural Economics* 56: 457-471.
- Serra T, Zilberman D, Goodwin BK, Featherstone A. 2006. Effects of decoupling on the mean and variability of output. *European Review of Agricultural Economics* 33: 269-288.

(Aceptado para publicación el 26 de abril de 2011)

Biomasa vegetal no alimentaria producida en España con posibilidad de uso energético

C.G. Hernández Díaz-Ambrona* y A. Fuertes Sánchez

Grupo de Sistemas Agrarios – AgSystems. Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia.
Universidad Politécnica de Madrid, España

* Autor para correspondencia: carlosgregorio.hernandez@upm.es

Resumen

La biomasa es una fuente de energía renovable. Dentro del consumo de energía primaria en Europa, en el año 2008 las energías renovables representaron un 10,3% del total, siendo un 70% lo que correspondía a la biomasa y residuos. En España en 2010, según el balance de energía primaria el 3,5% del consumo pertenece a la biomasa y los residuos lo que representa un 43% dentro de las energías renovables. La aportación de la biomasa dentro de las energías renovables en España es inferior a la media Europea. El objetivo de este estudio fue determinar la cantidad potencial de biomasa de origen vegetal que la superficie agrícola y forestal española pueden generar y que no tienen un uso alimentario directo. El cálculo se ha realizado para tres años de 2005 a 2007 a partir de los datos de superficie y rendimiento de los cultivos. En los cultivos herbáceos se ha empleado el índice de cosecha para calcular la parte no cosechada, en los cultivos leñosos se ha calculado por un lado el residuo de la parte cosechada y la proporción de los residuos de poda, para las masas forestales se ha considerado solo los restos de podas y para los cultivos energéticos se ha contabilizado toda la biomasa de la parte aérea del cultivo. La biomasa vegetal, en materia seca, procedente de la superficie agraria, forestal y de los cultivos energéticos fue 32,75 Mt para un año seco (2005) y de 38,46 Mt para un año normal (2006). Se obtuvo una disponibilidad anual media de energía de la biomasa potencial de 15,17 Mtep. Esta cantidad podría proporcionar hasta un 10% de la demanda energética española actual. España presenta una limitada y variable capacidad para la generación de energía primaria a partir de biomasa vegetal no alimentaria ni forrajera.

Palabras clave: Agricultura, energías renovables, índice de cosecha, medio ambiente, residuos.

Summary

The quantification of no-food biomass production to obtain energy in Spain

The participation of renewable energies in the generation of primary energy is expected to increase in the coming years. Biomass is considered a kind renewable energy. Considering the consumption of primary energy in Europe, renewable energies represented a 10.3% of the total consumption in the year 2008, 70% of which corresponds to biomass. In Spain, according to the primary energy balance in 2010, the 3.5% of the total primary energy consumption belongs to biomass, which represents 43% of the renewable energies, lower than in Europe. The purpose of this study was to determine the amount of non-food biomass that the Spanish agricultural and forest lands could generate. To determine residues from forest and agricultural land we used data of surface and yields, harvest index, the residues generated by the pruning, forest residues and energy crops. Total biomass production in dry matter was 32.75 Mt for a dry year (2005) and it was 38.46 Mt for an average year (2006). We obtained a potential of 15.17 Mtoe of the biomass. Non-food biomass could supply a 10% of current Spanish total energy demand. Spain has a limited potential to generate primary energy from agricultural and forestry residues.

Key words: Agriculture, environment, harvest index, renewable energy, residues.

Introducción

Debido al creciente interés despertado por la obtención de energía de forma sostenible por parte de la sociedad actual y dado que existen tecnologías en estado comercial capaces de emplear la biomasa como una forma eficiente de generar energía nace la iniciativa de calcular la disponibilidad de biomasa que no se destina a la alimentación en España.

En la actualidad se considera como biomasa al conjunto productos energéticos y materias primas de tipo renovable que se originan a partir de la materia orgánica formada por vía biológica. La biomasa es una energía renovable de origen solar formada a través de la fotosíntesis de los vegetales. Según la Real Academia Española se entiende por biomasa la materia orgánica originada en un proceso biológico que puede utilizarse como fuente de energía. En el caso de plantas cultivadas el proceso biológico es la fotosíntesis que depende de la radiación solar disponible, el agua y la fertilidad del suelo. De forma general se puede decir que cualquier definición de biomasa engloba principalmente dos términos: orgánico y renovable.

Desde tiempos remotos el hombre ha utilizado la biomasa como fuente energética para realizar sus tareas cotidianas. Cuando el uso de combustibles fósiles comenzó a tomar fuerza la biomasa se vio relegada a un uso solo en zonas rurales. En la actualidad debido a diversos factores, principalmente el carácter no renovable de los derivados del petróleo, ha aparecido un resurgimiento de la biomasa como fuente energética. Los factores responsables que favorecen a la biomasa como fuente energética son: el encarecimiento del precio del petróleo; los excedentes de producción agrícola; la necesidad de buscar usos alternativos a la producción agrícola tradicional; el cambio climático; y la posibilidad de utilizar los conocimientos científicos y técnicos para optimizar el proceso de obtención de energía a partir de la biomasa.

Las energías renovables son una forma atractiva de generar energía. Las renovables permiten tener un menor consumo de los combustibles fósiles, aspecto a tener en cuenta en los países no productores, además las renovables permiten generar nuevos empleos, principalmente para el medio rural proporcionando una alternativa a la actividad agrícola tradicional, además de algunas ventajas medioambientales.

Siguiendo la clasificación de sistemas de energías renovables que se definen en el Plan de Acción Nacional de Energías Renovables 2011-2020 (PANER) para la biomasa de origen vegetal se tiene dos orígenes la procedente de la agricultura y la procedente de la silvicultura. Según el PANER hay dos sectores de aplicación: Biocarburantes y Biomasa. Los biocarburantes incluyen las instalaciones para la obtención de bioetanol y biodiesel. Mientras la biomasa incluye instalaciones de gasificación, combustión directa y co-combustión, de tal forma que para este estudio nos referiremos a biomasa de origen vegetal que es la procedente de los cultivos agrícolas, la de procedencia forestal y a los cultivos energéticos. La biomasa puede tener un origen agrícola o forestal. Cuando toda la producción, agrícola o forestal, se destina a la obtención de energía entonces se dice que es un cultivo energético. Los cultivos energéticos son cultivos que se destinan para la obtención de energía por lo que el sistema de producción debe presentar un balance energético positivo (Connor y Hernández, 2009). Éstos se pueden clasificar en función de su destino; así se habla de cultivos oleaginosos cuando lo que se pretende es obtener aceites; cultivos alcoholígenos cuando lo que se obtiene es un alcohol, normalmente después de un proceso de fermentado; y cultivos lignocelulósicos cuando lo que se obtiene se pretende es utilizar toda la biomasa vegetal producida. Además de los cultivos energéticos se puede emplear para la obtención de biomasa los

residuos agrícolas, los residuos de poda, los residuos de la actividad forestal y los generados por la limpia de los montes.

Una vez recolectada esa biomasa, ésta se puede utilizar para producir calor, electricidad y biocombustibles líquidos o gaseosos útiles para el transporte, por lo que puede parcialmente sustituir a los combustibles fósiles derivados del petróleo.

En la Unión Europea, y también en España, se está produciendo un resurgimiento del uso de la biomasa con fines energéticos. En la Unión Europea hay una tendencia hacia el aumento del consumo de biomasa para la obtención de energía, en el año 2009 el incremento fue del 3,8% en biomasa sólida sumando un consumo de 72,8 Mtep y del 18,7% para los biocombustibles alcanzando la cifra del 12,1 Mtep, en 2010 los biocombustibles alcanzaron la cuota del 83% del propuesto 5,75% de mezcla con los combustibles líquidos (EurObserver, 2010). Las energías renovables en Europa contribuyeron en el año 2008 con un 10,3% del total del consumo de energía primaria, dentro de esa cantidad la biomasa y los residuos representan alrededor del 70% de las energías renovables (EUROSTAT, 2010). Concretamente en España el último balance de energía primaria publicado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE (2011), muestra que el consumo de energía primaria por energías renovables en el año 2010 se sitúa en un 13,5% de la cual el 3,5% pertenece a biomasa, biogás y residuos sólidos urbanos el 0,3% y los biocarburantes el 1,1%, representando este conjunto un peso dentro de las energías renovables en torno al 43%. Teniendo en cuenta estos datos y enmarcándolos dentro del PANER (2010-2020) la producción de biomasa tiene que incrementarse hasta alcanzar en 2020 la producción de energía primaria de 7,02 Mtep lo que representaría el 25% de la producción de energías renovables.

Dentro de este marco el objetivo de este estudio ha sido determinar de forma específica para cada tipo de cultivo y especie forestal presente en la superficie agrícola y forestal española la disponibilidad de energía primaria contenida en la biomasa no alimentaria que podría utilizarse con fines energéticos.

Materiales y métodos

Para la realización de este trabajo se ha seguido la metodología del estudio "Biomass as feedstock for a bioenergy and bioproducts industry: the technical feasibility of a billion-ton annual supply" realizado conjuntamente con el Departamento de Energía (USDOE) y el Departamento de Agricultura (USDA) de los Estados Unidos (Perlack *et al.*, 2005). Según ese estudio los Estados Unidos podrían obtener 1000 millones de toneladas de biomasa para la industria energética y llegar a reemplazar el 30% de su consumo de petróleo. Para su cálculo parte de la actual distribución de tierras cultivadas y del rendimiento de los cultivos, considerando los residuos que no se emplean en la actualidad para la alimentación ni para el consumo de los animales. Otras iniciativas de ámbito nacional que han servido de apoyo para la elaboración del presente trabajo han sido los estudios de Domínguez *et al.* (2003), Alonso (2004) y López y Lumbreras (2008).

Datos de superficie y rendimientos de los cultivos

Se han considerado tres años de estudio: 2005, 2006 y 2007. Para determinar la producción de residuos se tomaron dos tipos de datos que aparecen en las estadísticas agrarias: superficie y rendimientos. Datos recogidos en el Anuario de Estadística Agroalimentaria (MARM 2005, 2006, 2007). Para los cultivos energéticos se tomó la información del Fondo Español de

Garantía Agrícola (FEGA) que gestiona las ayudas que recibían esos cultivos y por tanto contabiliza su superficie. La zona de estudio corresponde con toda superficie española 504.790 km², de la cual la superficie forestal ocupada el 37% y la superficie agrícola en torno al 50% (MARM, 2007) como media de los diferentes años de estudio (2005 a 2007).

Cálculo de la biomasa por grupo de vegetación

Se han establecido cuatro grupos de especies para calcular la biomasa vegetal residual: 1) Cultivos herbáceos; 2) Cultivos leñosos; 3) Masas forestales y 4) Cultivos energéticos.

Para calcular la producción de biomasa en términos de materia seca de los cultivos herbáceos a partir de los datos de rendimiento se aplicó para cada tipo de cultivo un porcentaje de humedad característico y un índice de cosecha específico. El índice de cosecha es la relación entre la parte cosechada y la biomasa total de la parte aérea. La materia seca residual de un cultivo se calculó a partir del índice de cosecha (*IC*), el rendimiento de cosecha (*η*) y el contenido de humedad del rendimiento en tanto por uno (*h*). La cantidad de residuo (*R*), expresado en kilogramos de materia seca por hectárea, para un determinado cultivo se obtuvo mediante la fórmula:

$$R = \frac{1}{IC} \times (1 - IC) \times (1 - h) \times (S_s \times \eta_s + S_r \times \eta_r)$$

Donde el rendimiento de cosecha viene expresado en kilogramos de producto comercial por hectárea tal como los recoge el anuario de estadística agraria, teniendo en cuenta el rendimiento en secano (η_s) y en regadío (η_r) y las superficies cultivadas en secano (S_s) y superficie en regadío (S_r). El rendimiento es el que figura en los anuarios de estadística y se entiende siempre que está referido a la parte comercializada ya sea como alimento u otros usos que no son energéticos.

El índice de cosecha se obtuvo para cada cultivo conforme a los datos encontrados en la literatura considerando en su cálculo la parte de la paja que se destina a producción animal o, a falta de estos, fueron estimados dando un valor medio en función del grupo al que pertenecen. Siguiendo el procedimiento de Alonso Mateos (2004) se ha considerado para los cereales una recolección media de paja destinada a la producción animal del 50% del total de paja producida y por tanto no puede dedicarse a la obtención de energía. Según los anuarios de estadística donde aparece la paja cosechada ésta representa entre el 50% y el 60% de la producción de grano. Para todos los cultivos forrajeros, prados y pastizales se consideró un índice de cosecha igual a uno, es decir se consideró que no hay posibilidad de utilizar su biomasa con fines energéticos. Lo mismo se aplicó a hortalizas para las que se comercializa toda la parte aérea, huertos familiares, barbechos, posíos y viveros e invernaderos vacíos.

El cálculo de la biomasa procedente de los cultivos leñosos se hizo en dos pasos. En primer lugar, se calculó el residuo que genera su producto (por ejemplo de la uva es el despallado y las pepitas) considerando un índice de cosecha y el contenido de humedad para expresar el resultado en materia seca. En segundo lugar, se asignó a cada cultivo leñoso un valor medio anual de residuo de poda.

Para los residuos generados por la poda de la superficie ocupada por los frutales cítricos, frutales no cítricos, viñedo y olivar se han tomado los valores aportados por Fernández (2006). Estos valores son meramente indicativos para la producción española ya que la producción de residuos depende de muchas variables que pueden afectar a su desarrollo (Tabla 1).

Para la biomasa procedente de las masas forestales se aplicó un valor constante de residuos vegetales generados por las actividades de poda y limpia del monte. Al tratarse de producciones plurianuales se ha optado a esta aproximación a los residuos que se generan cada año (Tabla 1).

Tabla 1. Producción anual de residuos forestales y residuos de poda de los cultivos leñosos
Table 1. Annual production of forestry residues and permanent crops pruning residues

Cultivo o cubierta forestal	Residuos t/ha año	Contenido de humedad %
Chopo	1,0	35
Coníferas	1,75	35
Fronosas crecimiento lento	0,5	35
Fronosas crecimiento rápido	0,5	35
Coníferas y frondosas	1,5	35
Matorral	0,5	35
Uva de mesa y transformación	3,5	20
Aceituna de mesa y almazara	0,7	25
Frutales cítricos	1,6	35
Manzano, peral y membrillero	4,8	35
Frutales de hueso	4,6	35
Almendro y frutos secos	1,3	35
Otros cultivos leñosos	4,7	35

Fuente: adaptado de Fernández (2006) y Alonso (2004).

Para el caso de los cultivos energéticos los datos estadísticos de rendimiento y superficie no aparecen en los Anuarios de Estadística Agroalimentaria estudiados por lo que se han tomado los datos del FEGA. Para estos cultivos su valor de biomasa es el total de la materia vegetal que se produce por unidad

de superficie por lo que si el dato registrado es el rendimiento en grano se aplica el mismo método del índice de cosecha, pero en este caso se suma el valor del rendimiento y del residuo. La tabla 2 presenta los métodos de cálculos aplicados a cada grupo de cultivos.

Tabla 2. Métodos utilizados para calcular los residuos de biomasa vegetal
Table 2. Methods used to calculate plant biomass residues

Cultivo o cubierta	Residuo	Método utilizado
Cultivos herbáceos	Paja y partes de la planta que no son producto principal	Índice de cosecha
Vid	Raspón	Índice de cosecha
Podas	Ratio	
Olivo	Restos almazara	Índice de cosecha
Podas	Ratio	
Resto frutales	Restos fruto	Índice de cosecha
Podas	Ratio	
Residuos forestales	Ramas, copas, limpia	Ratio
Cultivos energéticos	Toda la biomasa vegetal	Índice de cosecha

Calor de combustión de la biomasa

La forma convencional de aprovechar la biomasa es la producción de energía térmica. Para poder estimar la producción de este tipo de energía es necesario definir el concepto de poder calorífico, como la cantidad de energía que se desprende en la combustión de un kilogramo de combustible sólido o líquido. El poder calorífico depende de la humedad, cuanto mayor es la humedad el valor del poder calorífico disminuye, para poder comparar todos los resultados se ha utilizado el poder calorífico inferior para 0% de humedad. Los valores, utilizados en la conversión de biomasa en materia seca a energía que contiene se recogen en la Tabla 3. La determinación de la energía potencial será una función del poder calorífico inferior seco por el total de biomasa seca para cada especie.

Tabla 3. Poder calorífico inferior (PCI) de los residuos agrícolas y forestales en materia seca
Table 3. Lower heating values (PCI) for crop and forestry residues in dry matter

Residuo	PCI MJ/kg
Paja	16,90
Tallos de girasol	15,48
Sarmientos de vid	17,57
Ramas de poda de olivo	17,74
Frutales de hueso y pepita	17,00
Frutos secos	17,00
Matorral	17,00
Chopo	17,00
Coníferas	19,20
Frondosas	17,74
Coníferas + frondosas	18,47

Fuente: Fernández (2006); Alonso (2004) y Domínguez *et al.* (2003).

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos representan el valor máximo que se podría obtener si todos los residuos fuesen recogidos y transformados en energía, con independencia del coste energético que se incurre en esas labores. La distribución de las parcelas donde son producidos, así como los costes, energéticos y económicos de la cosecha no se han considerado en este estudio.

Índice de cosecha

Aunque el índice de cosecha es una característica genética del cultivo que también depende del año productivo se puede considerar, como en este caso, lo suficientemente estable como para que nos dé una muy buena aproximación a la producción anual de residuos de un cultivo, aunque depende de la especie y del sistema de cultivo (Ayaz *et al.*, 2001). El rendimiento es un dato que recogen las estadísticas agrarias, al aplicar el índice de cosecha se estima adecuadamente la producción de residuos o biomasa no cosechada de cada cultivo, y permite calcular la variabilidad anual de este tipo de biomasa. El anexo I recoge los valores de los índices de cosecha procedentes de distintas fuentes bibliográficas organizados en el mismo orden que el Anuario de Estadística Agraria dividida en 14 secciones: Cereales de grano, Leguminosas, Tubérculos, Industriales, Forrajeras, Hortalizas y flores, Barbechos y posíos, Frutales cítricos, Frutales no cítricos, Viñedo, Olivar, Viveiros, Huertos familiares y Prados y pastizales. Los cereales de grano muestran un índice de cosecha más o menos uniforme para las distintas especies entre 0,44 y 0,69. El índice de cosecha de las leguminosas varía entre el de las habas secas (0,35) y el de las lentejas (0,61).

El grupo de cultivos industriales muestra índices de cosecha muy distintos entre los diferentes cultivos, debido que en este grupo

hay una amplia variedad de plantas que, a diferencia de los cereales o las leguminosas, pertenecen a especies botánicas muy diferentes y por tanto presentan aprovechamientos diferentes. Destacan el girasol, algodón y la colza por presentar los índices de cosecha más bajos con valores respectivamente: 0,33, 0,33 y 0,25. El grupo de los tubérculos y hortalizas y flores presentan índices de cosechas altos por ser cultivos donde la parte aprovechable para el consumo humano es muy elevada. Dentro de los frutales: frutales cítricos y frutales no cítricos, no presentan una elevada generación de residuos de cosecha. Comparando entre ambos grupos se observa que el primer grupo presenta unos índices de cosecha mayores debido a que son árboles perennes y sus residuos son escasos o casi nulos. El viñedo presenta bajos residuos de cosecha. La composición del racimo de uva presenta entre 6-8% raspón y 90-95% baya en proporciones de peso en fresco (Claude, 2003) lo que supone un índice de cosecha elevado (0,9). En el caso del olivo los residuos de cosecha también presentan un porcentaje bajo, los residuos considerados son los que se obtiene después de lavar y limpiar las aceitunas a la entrada en la almazara (Sansoucy, 1984). Los grupos restantes: cultivos forrajeros, praderas y pastizales no generan residuos útiles para los objetivos de este estudio.

Residuos de cosechas y residuos forestales

Estos residuos engloban los procedentes de cosechas agrícolas, superficie forestal, poda y cultivos energéticos. Se ha obtenido una producción anual medios de residuos de cosecha de la agricultura para los tres años de 17,43 Mt. El principal grupo de cultivos que aporta más residuos son los cereales grano con cerca del 83%, con valores superiores a 10 millones de toneladas, seguido de los cultivos industriales con cerca del nueve por ciento, con valores en torno al millón de toneladas (Figura 1). Todos los demás cultivos representados es-

tán en torno a 0,1 millones de toneladas. La principal causa es la mayor superficie que ocupan y su mayor producción en términos de materia seca por unidad de superficie. Los cultivos industriales ocuparían el segundo lugar en producción de residuos con un 8,94%. Solo estos dos grupos de cultivos aportarían el 92,16% de la producción de residuos de cosecha en España. La producción de residuos generados por las cosechas en el año 2005 es el más bajo respecto a los años 2006 y 2007 con una producción de 13,96 Mt. La mayor producción corresponde a cereales de grano y en segundo lugar los cultivos industriales. Se observa que los años 2007 y 2006 tienen resultados muy parecidos en la producción de residuos, el año 2005 presenta valores inferiores para todos los cultivos excepto para los tubérculos y las hortalizas que se encuentra con producciones superiores que en los otros años. El año 2005 fue el año más seco, esto explicaría este descenso en la producción de residuos.

Se ha obtenido como media de los tres años 12,06 Mt de residuos forestales en España. El matorral representa el 20,15% de la producción de residuos y las coníferas representan el 57,29% de la producción (Figura 2). Teniendo en cuenta que en este caso se adoptó un valor medio anual, la variabilidad en la producción se debe solamente a cambios en la distribución de la superficie, de esta forma el año 2005 fue el año que mayor producción forestal presenta y el 2007 el menor, esto es debido a la evolución de la superficie forestal en España, según los datos estadísticos de las fuentes consultadas se ha producido una reducción de la superficie de 220.188 ha desde 2005 a 2007.

El viñedo y los frutales no cítricos representan en torno al 70% de la producción de residuos de poda. Se ha obtenido un total de 6,53 Mt de residuos como media para los tres años de estudio donde casi la mitad de la producción pertenece al viñedo seguida de los frutales no cítricos y el olivar. Los residuos de

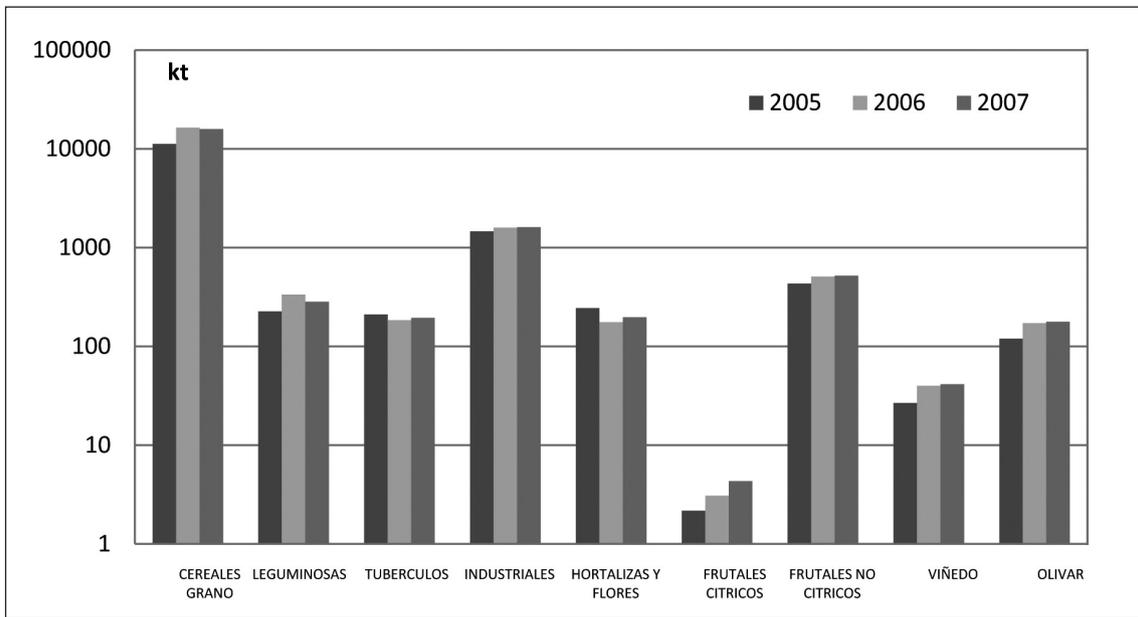


Figura 1. Residuos de las cosechas agrícolas (en materia seca) para los años 2005, 2006 y 2007 por grupos de cultivo.
 Figure 1. Crop residues (dry matter) from 2005 to 2007 for group of species.

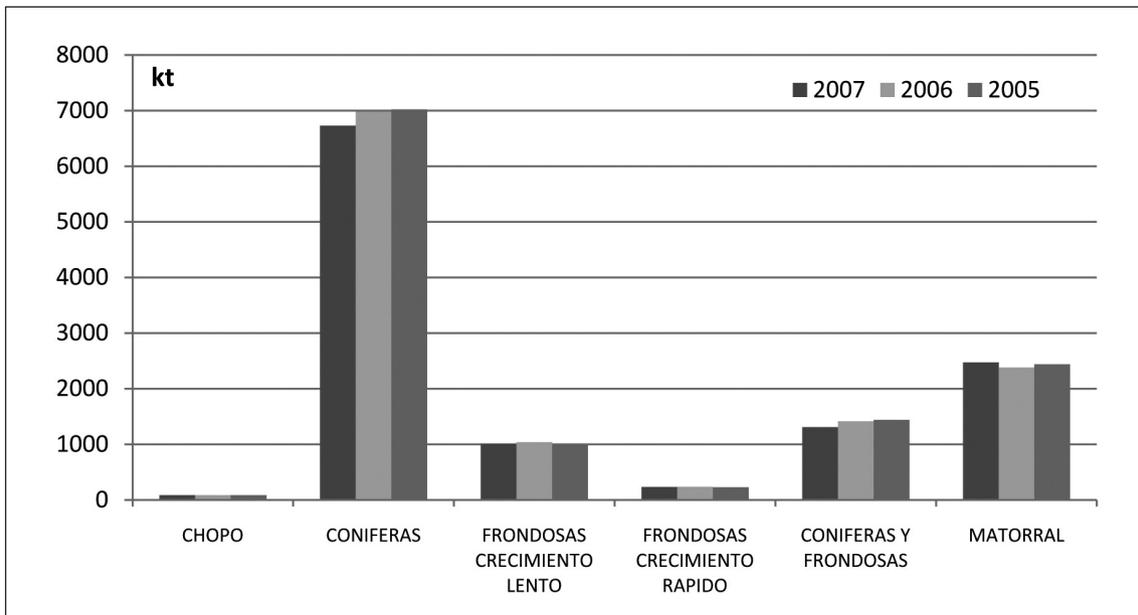


Figura 2. Residuos de las producciones forestales (en materia seca) para los años 2005, 2006 y 2007 por grupos de especies.
 Figure 2. Forestry wood residues (dry matter) from 2005 to 2007 for group of species.

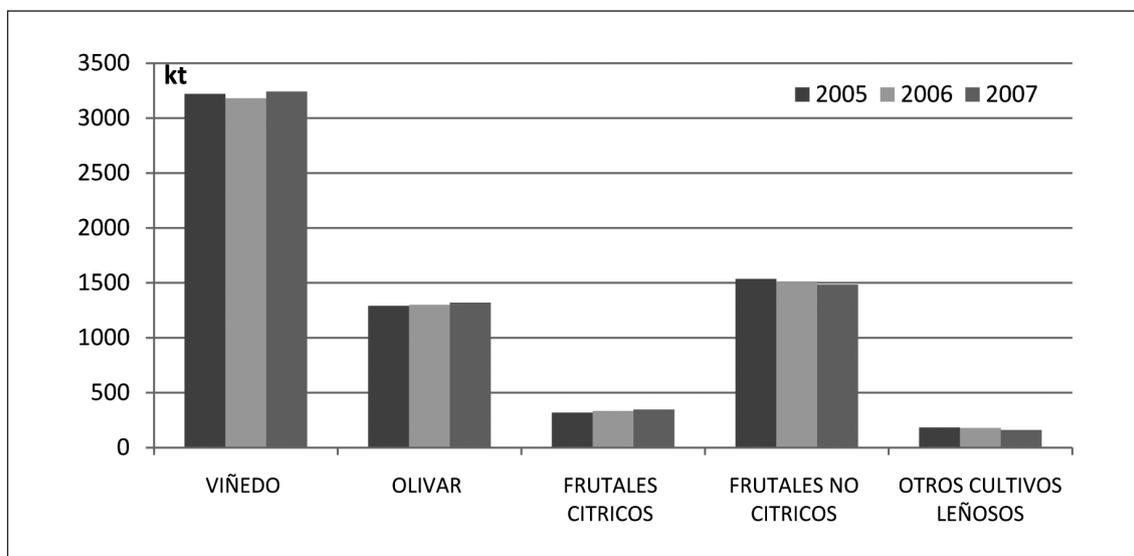


Figura 3. Residuos de poda (materia seca) generados anualmente por los cultivos leñosos para los años 2005, 2006 y 2007.

Figure 3. Annual production of pruning residues (dry matter) from orchard from 2005 to 2007.

poda para los tres años de estudio son muy similares siendo este grupo de residuos los más estables en la producción (Figura 3).

Los cultivos energéticos, principalmente colza y girasol, han tenido una rápida expansión (Tabla 4). Son cultivos tradicionales, gestionados en tierras de cultivo alimentario, cuya producción pasa a estar declarada y destinada a uso energético. Así se observa una evolución importante en la producción de biodiesel, alcanzó en 2007 los 68 mil metros cúbicos. Dentro de los cultivos energéticos, no hay superficie recogida en las estadísticas sobre la producción de cultivos lignocelulósicos destinado a la obtención de briquetas, pellets, astillas y biocarburantes de segunda generación.

Cantidad total de residuos de biomasa vegetal no alimentaria generados en España

Del total de residuos generados por la superficie española el 50% corresponden a los

residuos procedentes de las cosechas agrícolas, el 30% suponen los residuos de origen forestal, el 19% corresponde con los residuos de poda y un 1% son los residuos de las cosechas de cultivos energéticos (Tabla 5).

Estos resultados son considerablemente inferiores a estudios anteriores. Por ejemplo, Bautista (1998) obtiene una estimación de generación anual en España de unas 27 Mt de residuos procedentes de la superficie agrícola donde el 58% corresponde a residuos de poda y un 41% a residuos de cosechas. El presente trabajo obtiene como media de los tres años de estudio una generación de 24 Mt de residuos procedentes de la superficie agrícola al año con proporciones distintas para los residuos de poda en torno al 25% y para los residuos de cosecha correspondería a un 75%. Estas desviaciones se podrían deber a los índices de poda y cosecha utilizados ya que son índices que dependen de muchas variables y especialmente de la meteorología del año. En nuestros cálculos se observa que las produc-

Tabla 4. Residuos, biodiesel y bioetanol de cultivos energéticos
 Table 4. Residues, biodiesel, and bioethanol production obtained from energy crops

CULTIVOS	AÑO					
	2005		2006		2007	
	Biodiesel (L)	Residuos (kt)	Biodiesel (L)	Residuos (kt)	Biodiesel (L)	Residuos (kt)
Oleaginosos						
Colza	133062	0,83	560144	3,51	7670278	48,06
Girasol	4109072	14,73	34006935	121,92	61148474	219,23
Subtotal	4242135	15,57	34567079	125,43	68818753	267,29
Alcoholígenos						
Trigo	830	2,01	25792	62,53	1483	3,6
Cebada	6024	14,03	108152	251,91	29744	69,28
Avena	–	–	–	–	55	0,09
Triticale	–	–	–	–	13	0,02
Maíz	–	–	–	–	5	0,01
Sorgo azucarero	–	–	–	–	41682	–
Subtotal	6854	16,04	133944	314,44	72985	72,99

ciones leñosas son más estables que las herbáceas anuales, por lo que años muy secos como fue el 2005 la producción de los residuos de cosecha fue un 26 % más baja que el año 2007.

Riqueza energética de los residuos de biomasa

En este apartado se presenta el potencial energético que tienen los residuos generados por la superficie agrícola y forestal española, considerando una transformación total y directa en energía (Tabla 6). Según los resultados obtenidos la media de los recursos potenciales en España se sitúa en 15,17 Mtep al año de las cuales en torno al 48% corresponden a residuos de cosecha, 33% a residuos forestales, 19% a residuos de poda y un 1% a cultivos energéticos. Se observa una desviación en los resultados con los calcula-

dos por el Plan de Energías Renovables (IDAE, 2005), en dicho Plan se considera que los recursos potenciales de biomasa en España se sitúan en torno a 19 Mtep al año de los cuales los residuos procedentes de la agricultura y la superficie forestal suponen un 70% y los cultivos energéticos en torno al 30%, este último datos es la principal diferencia ya que en el estudio realizado suponen tan solo un 1%, según la superficie registrada en el FEGA. Con posterioridad el PANER prevé con el conjunto de la biomasa procedente de la silvicultura, la agricultura y la pesca se obtenga una producción de energía primaria en 2020 de 7,02 Mtep, lo que supondría según nuestro estudio para un año medio aprovechar el 46% biomasa vegetal susceptible de este aprovechamiento. Teniendo en cuenta el clima mediterráneo de España con periodos frecuentes de sequía la intensidad del aprovechamiento energético tendría que llegar al

Tabla 5. Residuos (materia seca) generados en el sector agro-forestal y productos obtenidos de los cultivos energéticos en España
Table 5. Residues (dry matter) produced from the agricultural and forestry sector and from energy crops in Spain

Tipo de residuo	Residuos (Mt)	Bioetanol (m ³)	Biodiesel (m ³)
Año 2007			
Residuos de cosecha	18,89	–	–
Residuos forestales	11,84	–	–
Residuos de poda	6,55	–	–
Cultivos energéticos	0,07	72,98	68818,75
Total	37,35	72,98	68818,75
Año 2006			
Residuos de cosecha	19,40	–	–
Residuos forestales	12,13	–	–
Residuos de poda	6,50	–	–
Cultivos energéticos	0,43	134	34567,08
Total	38,46	134	34567,08
Año 2005			
Residuos de cosecha	13,97	–	–
Residuos forestales	12,21	–	–
Residuos de poda	6,54	–	–
Cultivos energéticos	0,03	6,85	4242,13
Total	32,75	6,85	4242,13

51%. La reciente iniciativa de la siembra de cultivos energéticos hace que haya pocas fuentes de datos estadísticos que recojan este tipo de cultivos y no exista este sector en el Anuario de Estadística Agroalimentaria de la superficie que ocupan en España; por lo que se podría explicar esta desviación con los que el PANER estima para el periodo 2010-2020. La principal diferencia estriba en una redistribución de la superficie diferente, en la cual en España se tendrían que cultivar más cultivos energéticos en detrimento de culti-

vos alimentarios, lo cual no es fácil considerando que España importa del orden de 10 Mt grano para abastecer el mercado interior principalmente para la alimentación animal (Hernández, 2007).

España tuvo un consumo de energía primaria en el año 2007 de 145 Mtep al año lo que supone que según el presente estudio, en ese año solo un 11% del consumo de energía primaria en España se podría haber satisfecho a partir de la biomasa no alimentaria generada en toda la superficie agrícola y fo-

Tabla 6. Energía primaria total (Mtep) que podría obtenerse de la biomasa no alimentaria en España
Table 6. Total primary energy (Mtep) that could be obtained from the non-food biomass in Spain

Tipos de fuente	2005	2006	2007
Residuos de cosecha	5,55	7,77	7,55
Residuos forestales	5,40	5,37	5,23
Residuos de poda	2,73	2,71	2,73
Cultivos energéticos	0,01	0,28	0,19
TOTAL	13,69	16,13	15,70

restal. Según el balance de energía primaria del 2007 el consumo a partir de biomasa fue de 4,2 Mtep (IDAE, 2007) lo que representa un 2,9% del total del consumo de energía primaria en España. Esto quiere decir, que en 2007 solo se habría aprovechado el 30% del potencial energético de biomasa vegetal que tiene España de acuerdo a los cálculos obtenidos en este estudio. Con la tecnología adecuada y un buen manejo de los residuos agrarios y forestales se podría incrementar el aprovechamiento de esta fuente de energía renovable. El siguiente paso es calcular el balance energético que tendría el aprovechamiento de la biomasa agrícola y forestal con fines energéticos, teniendo en cuenta la mecanización de la recogida de la biomasa, transporte, procesado y la restitución de cenizas y fertilizantes al suelo para garantizar la sostenibilidad agrícola y forestal.

Conclusiones

El principal grupo de cultivos del cual se puede obtener mayor cantidad de residuos en términos de materia seca son los cereales. El recurso potencial predominante de la agricultura española es la paja de cereal por lo que las zonas donde estos cultivos son dominantes sería aptas para su aprovechamiento con fines energéticos, también son adecuadas las zonas donde hay una gran

acumulación de residuos procedentes de la poda de la vid y del olivo.

La energía primaria potencial producida por la biomasa de origen agrario, forestal y los cultivos energéticos en España durante los años 2005-2007 fue de algo más de 15 Mtep de media anual. Sin embargo, de acuerdo a los métodos utilizados dicha cantidad está sujeta a la amplia variabilidad meteorológica de la agricultura española pasando de 16,13 Mtep de un año meteorológico favorable a 13,69 Mtep de un año seco.

El cálculo potencial de biomasa vegetal no alimentaria utilizable con fines energéticos realizado con la actual distribución de usos de la tierra y las producciones actuales es inferior a los objetivos marcados en el PER y en el PANER. Por tanto, ese objetivo sería difícil de alcanzar, salvo que haya incremento significativo de producción en nuevas tierras mediante cultivos energéticos. Además dichas producciones están sujetas a una elevada variabilidad interanual debidas a la climatología propia de un ambiente mediterráneo. La biomasa vegetal podrá contribuir a la matriz energética española solo en un pequeño porcentaje, no más de un 10% según este trabajo. Estudios posteriores tendrán que evaluar si la recolección y transformación de la biomasa vegetal no alimentaria en energía presentan un balance energético positivo.

Anexo I

Contenido de humedad del rendimiento e índices de cosecha considerados para los cultivos recogidos en los Anuarios de Estadística Agraria de España.

Cultivo o cubierta	Contenido de humedad %	Índice de cosecha	Referencia
Cereales grano			
Trigo duro, blando y semiduro	14	0,47	Jarabo y Fernández, 1999
Cebada de 2 y 6 carreras	14	0,48	
Avena	14	0,57	Alonso, 2004
Centeno	14	0,54	
Triticale	14	0,60	Fernández, 2007
Mezcla de cereales de invierno	14	0,51	Estimado
Arroz	14	0,44	
Maíz	14	0,69	Jarabo y Fernández, 1999
Sorgo	14	0,46	
Otros cereales grano	14	0,65	Estimado
Leguminosas			
Judías secas	14	0,55	Ahmad <i>et al.</i> , 2007
Habas secas	14	0,35	Hernández, 1999
Lentejas	12	0,61	Ayaz <i>et al.</i> , 2001
Garbanzos	12	0,58	
Guisantes secos	12	0,38	Hernández, 1999
Veza	12	0,48	Estimado
Altramuz	10	0,54	Ayaz <i>et al.</i> , 2001
Algarrobas	10	1,00	
Yeros	12	0,45	Estimado
Otras leguminosas grano	14	0,25	
Tubérculos			
Patata, batata, chufa y otros	75	0,70	Reynaldo <i>et al.</i> , 1986
Industriales			
Caña de azúcar	70	0,40	Jarabo y Fernández, 1999
Remolacha azucarera	89	0,84	López-Bellido, 2003

Cultivo o cubierta	Contenido de humedad %	Índice de cosecha	Referencia
Algodón	12	0,33	Jarabo y Fernández, 1999
Girasol	9	0,33	
Soja	14	0,57	López-Bellido, 2003
Colza	9	0,25	Chamorro y Tamagno, 2004
Cacahuete, tabaco y lúpulo	–	1,00	Estimado
Pimiento para pimentón	94	0,70	Manzano, 2007
Condimentos y aromáticas	–	1,00	Estimado
Otros cultivos industriales	20	0,70	
Hortalizas y flores			
Col repollo y brócoli	95	0,85	
Espárrago	95	0,14	Estimado
Apio, acelga, escarola y maíz dulce	95	1,00	
Lechuga y lombarda	95	0,90	
Tomate	95	0,85	
Sandia	95	0,77	
Melón	95	0,72	
Calabacín	93	0,57	Manzano, 2007
Pepino	96	0,73	
Berenjena	93	0,78	
Pimiento	94	0,70	
Puerro y coliflor	89	0,70	
Alcachofa	88	0,51	
Ajo	70	1,00	Estimado
Cebolla	92	0,61	
Zanahoria	89	0,61	
Judías verdes	90	0,40	Manzano, 2007
Guisantes verdes	90	0,45	
Habas verdes	90	0,38	Estimado
Fresa-fresón	90	0,46	
Calabaza	96	0,64	
Remolacha mesa	88	0,62	Urbano Terrón, 2003
Champiñón	91	0,59	Estimado
Otras hortalizas	95	1,00	
Flores y ornamentales	95	0,7	Dupuis, 2008

Cultivo o cubierta	Contenido de humedad %	Índice de cosecha	Referencia
Frutales cítricos			
Naranja	87	0,94	
Mandarino	87	0,93	
Limonero	87	0,92	Estimado
Pomelo	87	0,96	
Naranja amargo y otros cítricos	87	0,91	
Frutales no cítricos			
Manzano	84	0,80	
Peral	90	0,80	
Níspero	68	0,80	
Membrillero	40	0,80	
Cerezo, guindo y ciruelo	81	0,80	
Albaricoquero, melocotonero y nectarinas	90	0,80	Estimado
Higuera	80	0,70	
Chirimoyo	80	0,56	
Aguacate	74	0,62	
Caqui y mango	80	0,70	
Platanera	74	0,96	
Kiwi	83	0,92	
Chumbera	80	0,80	Dupuis, 2008
Granado	75	0,55	
Papaya, piña	87	0,60	
Almendro, avellano y castaño	5	0,50	
Nogal fruto	5	0,62	Alonso, 2004
Frambueso y otros frutales	85	0,80	Estimado
Viñedo	94	0,90	Estimado
Olivar	48	0,95	Sansoucy <i>et al.</i> , 1985

Bibliografía

- Ahmad R, Hassan B, Jabran K, 2007. Improving crop harvest index. Dawn Media Group. Disponible en <http://www.dawn.com/2007/10/01/ebr6.htm> [Consultado 05/04/2011].
- Alonso Mateos JJ, 2004. Las posibilidades energéticas de la Biomasa en la Comunidad Autónoma de Madrid. Observatorio Medioambiental, 7, 195-220.
- Ayaz S, Mckenzie A, Hill D, 2001. Population and sowing depth effects on yield components of grain legumes. Proceedings of 10th Australian Agronomy Conference Hobart Australia. Disponible en <http://regional.org.au/au/asa/2001/5/c/mcneil.htm?print=1> [Consultado 05/04/2011].
- Bautista Parejo C, 1998. Residuos. Guía técnico-jurídica. Editorial Mundi Prensa Madrid.
- Chamorro A, Tamagno N, 2004. Producción de materia seca aérea y radical de colza primaveral *Brassica napus* L. ssp *oleifera* forma annua. Revista de la Facultad de Agronomía 105, 2, 53-62.
- Claude F, 2003. Enología fundamentos científicos y tecnológicos. Editorial Mundi Prensa Madrid.
- Connor D, Hernández CG, 2009. Chapter 4. Crops for Biofuel. Current Status and Prospects for the Future. En R.W. Howarth y S. Bringezu eds. Biofuels. Environmental Consequences and Interactions with Changing Land Use. 65-80. Proceedings of the Scientific Committee on Problems of the Environment SCOPE International Biofuels Project Rapid Assessment 22-25 September 2008 Gummersbach Germany. Cornell University Ithaca NY USA. <http://cip.cornell.edu/biofuels/files/SCOPE04.pdf> Disponible el 1 de septiembre de 2009.
- Dupuis I, 2008. Guía para la intervención municipal sobre los residuos municipales. Editorial Sociedad Cooperativa del Campo de Candelaria La Laguna Tenerife.
- Domínguez J, Ciria P, Esteban S, Sánchez D, Lasry P, 2003. Evaluación de la biomasa potencial como recurso energético en la región de Navarra España. GeoFocus Informes y Comentarios 3.1-10.
- Eurobserv'er 2010. The state of renewable energies in Europe, 10th EurObserv'ER Report. Disponible en <http://www.eurobserv-er.org> [Consultado 15/05/2011].
- EUROSTAT 2010. Energy transport and environment indicators. European Comission, Bruselas. Disponible en http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-DK-10-001/EN/KS-DK-10-001-EN.PDF [Consultado 15/05/2011].
- Fernández J, 2006. Materias primas para la producción de biocombustibles sólidos. En 5as jornadas abulenses de energías renovables http://www.apea.com.es/ponencias/ponencia_05/m1p3.pdf [Consultado 05/04/2011].
- Fernández J, 2007. Biomasa. Energías renovables. Cuaderno. Energías renovables para todos. Biomasa. Haya Comunicación Madrid. Disponible en http://www.energias-renovables.com/Productos/pdf/cuaderno_BIOMASA.pdf [Consultado 05/04/2011].
- Jarabo Friedrich F, Fernández González J. 1999. La energía de la biomasa. Sociedad Anónima de Publicaciones Técnicas Madrid.
- Hernández Díaz-Ambrona C, 1999. Aplicación de modelos en los sistemas agrícolas de secano de la Meseta Central. Simulación de rotaciones y modelado de la arquitectura de la planta en leguminosas. Tesis Doctoral Universidad Politécnica de Madrid. Disponible en <http://oa.upm.es/310/> [Consultado 05/04/2011].
- Hernández Díaz-Ambrona C, 2007. La agricultura no es una alternativa energética global. Agricultura 893, 110-111.
- IDAE 2005. Plan de Energías Renovables en España 2005-2010. Editorial IDAE Madrid.
- IDAE 2007. Energía de la biomasa. Serie. manuales de energía de la biomasa 2. Editorial IDAE Madrid.
- IDAE 2011. Evolución de los consumos e intensidades energéticas 2010. Febrero 2011. Editorial IDAE Madrid. Disponible en <http://www.idae.es> [Consultado 05/05/2011].
- López Bellido L, 2003. Cultivos industriales. Editorial Mundi-Prensa Madrid.

- López A, Lumbreras O, 2008. Biomasa y cultivos energéticos. Cuadernos de La Tierra 9. 32-35. Disponible en http://www.upa.es/_clt/index_9.php [Consultado 05/04/2011].
- Manzano Agugliaro F, 2007. Gasificación de residuos de invernadero para la obtención de energía eléctrica en el sur de España. ubicación mediante SIG. *Interciencia online* 32 2.131-136. Disponible en http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442007000200012&lng=es&nrm=iso [Consultado 05/04/2011].
- MARM, 2005, 2006, 2007. Anuario de Estadística Agroalimentaria. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino Madrid. Disponible en <http://www.marm.es/es/estadistica/temas/anuario-de-estadistica/> [Consultado 25/05/2011].
- Perlack R, Wright L, Turhollow A, Graham R, Stokes B, Erbach D, 2005. Biomass as feedstock for a bioenergy and bioproducts industry. the technical feasibility of a billion-ton annual supply. Technical report U.S. Department of Energy. Disponible en http://www.osti.gov/bridge/product.biblio.jsp?query_id=0&page=0&osti_id=885984 [Consultado 05/04/2011].
- Reynaldo V, Moreno U, Black C, 1986. Growth partitioning and harvest index of tuber-bearing solanum genotypes grown in two contrasting Peruvian environments. *Plant Physiol.* 82, 103-108.
- Sansoucy R, Alibes X, Berge P, Martilotti F, Nefzaoui A, Zoiopoulos P. 1985. Los subproductos del olivar en la alimentación animal en la cuenca del Mediterráneo. *Estudios FAO: Producción y sanidad animal*, nº 43. FAO Roma.
- Urbano Terron P, 2003. Tratado de Fitotecnia General. Editorial Mundi-Prensa Madrid.
- (Aceptado para publicación el 7 de julio de 2011)

Efecto de la edad de sacrificio sobre las características del crecimiento y la canal en pollos de raza Castellana Negra mejorada y del cruce con la raza Penedesenca Negra mejorada

J.A. Miguel*¹, L. Escoda**, M.D. Cubilo***, M. Tor***, B. Asenjo*, J. Ciria* y A. Francesch**

¹ Autor para correspondencia: jangel@agro.uva.es. (+34)975129404

* Área de Producción Animal. EU de Ingenierías Agrarias de Soria (Universidad de Valladolid). Campus Universitario s/n. 42004 Soria, España

** IRTA - Centro Mas Bové – Unitat de Genètica Avícola. 43280 Reus. Tarragona, España

*** Departamento de Producción Animal. EUTS de Ingenierías Agrarias (Universidad de Lleida). Av. Alcalde Rovira Roure 191. 25198 Lleida, España

Resumen

La utilización de razas autóctonas como base de las producciones animales alternativas, supone una posibilidad real para su recuperación y conservación. Así, en este trabajo, se estudió el crecimiento y las características de la canal de pollos mejorados de raza Castellana Negra sacrificados a las 18 semanas y de pollos del cruce F1 de gallinas mejoradas de raza Castellana Negra y gallos mejorados de la raza Penedesenca Negra sacrificados a las 12 semanas (cruzados jóvenes), y a las 18 semanas (cruzados adultos), con el fin de comparar la raza pura y el cruce, sacrificados con peso similar (Castellana Negra y cruzados jóvenes) y con la misma edad (Castellana Negra y cruzados adultos).

Los animales cruzados presentaron una mayor velocidad de crecimiento y un peso significativamente superior que los Castellanos a las 18 semanas. También presentaron la mayor ganancia media diaria de peso entre las 8-10 semanas (36,11 g/día), frente a los Castellanos (24,32 g/día), no habiendo diferencias en los índices de conversión de alimento.

El tipo cruzado adulto fue el que mayor rendimiento y peso canal presentó, así como en muslos y en contramuslos (tanto en peso como en porcentaje), no habiendo diferencias en pectorales con el tipo cruzado joven, aunque sí con la Castellana Negra. El cruzado joven también presentó mayor rendimiento en alas, así como mayor ángulo de pechuga y longitud de la canal, pero también el contenido en vísceras y grasa abdominal fue el superior, aunque en este último caso no fue un contenido diferente al encontrado en el cruzado adulto. En relación a las medidas realizadas en las partes nobles (muslo+contramuslo y pechuga), en todos los casos se obtuvieron valores superiores en el cruzado adulto.

Palabras clave: Modelos de crecimiento, producciones animales alternativas, razas autóctonas españolas.

Summary

Effect of slaughter age in growth and carcass characteristics in chickens of Castellana Negra improved breed and crossbreed with Penedesenca Negra improved breed

The use of autochthonous breeds as a base for alternative animal production supposes a real possibility for their recovery and conservation. Therefore, the present study analyses the growth and carcass characteristics of improved chickens of the Castellana Negra breed slaughtered at 18 weeks and for F1 crossbred chickens of improved hens of the Castellana Negra breed, and improved cocks of the

Penedesenca Negra breed slaughtered at 12 weeks (young crossbred) and 18 weeks of age (adult crossbred), in order to compare to purebred and crossbred specimens at the similar weight (Castellana Negra and young crossbred), so as to compare purebred and crossbred animals at the same age (Castellana Negra and adult crossbred).

The crossbred type presented a greater speed of growth rate and a weight which was significantly heavier than the Castellana Negra at 18 weeks. Too they presented faster average daily weight gain between 8-10 weeks (36.11 g/day), as well as the Castellana Negra (24.32 g/day), not having differences at feed conversion rates from different ages.

The adult crossbred was the one which showed greater yield and carcass weight, as in drumsticks and thighs, but with no differences were detected in the breast or abdominal fat with the young crossbred type, although there were differences with the Castellana Negra. The young crossbred also presented further wings yield, as well as greater angle of breast and length of the carcass, but the viscera and abdominal fat content was also higher, although in the latter case was not different from that found in the adult crossbred content. Measures undertaken in noble parts (drumsticks, thighs and breast), in all cases values were higher in the adult crossbred.

Key words: Alternative animal production, growth modelling, autochthonous breeds.

1. Introducción

Tras un periodo de intensificación en la ganadería para conseguir altas producciones a menor coste, los ganaderos y también los consumidores han vuelto a valorar los sistemas de explotación tradicionales y más acordes con el medio ambiente propios de las razas autóctonas. De la misma manera, una parte de la sociedad reivindica la conservación de las razas autóctonas como patrimonio cultural diferenciador que le conecta directamente con su propia historia. La Unión Europea apoya cada vez más estas prácticas, y el mercado paga mejor los productos de calidad, productos que al mismo tiempo ayudan a conservar el medio ambiente.

Junto a las producciones avícolas intensivas coexisten, cada vez con mayor representación, las denominadas producciones alternativas que engloban otras formas de producir tanto carne como huevos y que vienen a cubrir la demanda de un tipo de consumidor con mayor poder adquisitivo, más informado y sensibilizado con los problemas del medio ambiente y del bienestar animal. Este tipo de producciones suponen

una posibilidad real de autosostenimiento económico para las razas autóctonas, que pasaron por muy malos momentos desde la llegada de los tipos genéticos extranjeros mucho más productivos, apoyando así la conservación de la diversidad genética. La utilización de animales de crecimiento lento, frente al broiler industrial de crecimiento rápido, resulta en un menor acúmulo de grasa, principalmente en la zona abdominal, incluso a edades avanzadas (Touraille, 1978; Ricard, 1984).

Desde hace varios años, en el Área de Producción Animal de la E.U. de Ingenierías Agrarias de Soria (Universidad de Valladolid), se viene realizando un trabajo de mejora genética y caracterización de los productos de una población de gallinas de raza Castellana Negra, que por sus cualidades puede constituir una base genética importante para las explotaciones alternativas (Miguel et al., 2006, 2007, 2008a y b). La Penedesenca Negra es una raza autóctona bien estudiada y ampliamente utilizada en las producciones avícolas alternativas en España, especialmente en Cataluña (Escoda, 2004; Francesch y Pardo, 1995; Francesch et al., 1997 y 1999).

El objetivo del presente trabajo es describir el crecimiento y las características de la canal de pollos mejorados de la raza Castellana Negra sacrificados a las 18 semanas (CN-18) y de pollos procedentes del cruce de gallinas mejoradas de raza Castellana Negra y gallos mejorados de raza Penedesenca Negra sacrificados a las 12 y a las 18 semanas (CNPN-12 y CNPN-18, respectivamente), para poder comparar ambos tipos de pollos a la misma edad (CN-18 y CNPN-18), y con peso similar (CN-18 y CNPN-12), además de ver las diferencias en función de la edad para el producto cruzado (CNPN-12 y CNPN-18).

2. Material y Métodos

2.1. Material animal y manejo

El estudio se llevo a cabo en las instalaciones de la Unitat de Genètica Avícola del Centro Mas Bové del IRTA en Reus (Tarragona). Allí se realizó el cruzamiento de gallinas mejoradas de la raza Castellana Negra (Miguel et al., 2006) y gallos mejorados de la raza Penedesenca Negra (Francesch et al., 1997). Para cada tipo de pollos (CN y CNPN) se utilizaron 4 parques como repeticiones. Un total de 80 machos de cada tipo (20 animales/parque), se criaron en cautividad hasta las cuatro semanas, momento en el que pasaban a tener acceso a parques exteriores hasta el sacrificio. La densidad de cría fue: 7 animales/m² durante las cuatro primeras semanas, 4 animales/m² desde las cuatro a las 12 semanas, y 2 animales/m² desde las doce semanas hasta el sacrificio. La alimentación de los animales fue *ad libitum* en todo momento, utilizándose los piensos cuya composición se recoge en la tabla 1. Desde el nacimiento hasta las 4 semanas de vida, los animales se pesaron individualmente cada dos días con el fin de ajustar la curva de crecimiento, y desde las 4

hasta las 18, el control de pesos individual fue cada dos semanas. Se controló el consumo de alimento bisemanal por parque con el fin de calcular los correspondientes índices de transformación del alimento.

Se sacrificaron los animales siguientes, todos ellos elegidos al azar de entre la población en que se encontraban: 20 gallos de raza Castellana Negra a las 18 semanas de edad (CN-18); 20 gallos de cruce CNPN a las 12 semanas de edad (CNPN-12), y 20 gallos de cruce CNPN a las 18 semanas de edad (CNPN-18).

2.2. Sacrificio y despiece

Los pollos elegidos al azar de entre el total que formaba cada lote, fueron sacrificados en un matadero industrial tras un periodo de ayuno de 16 horas. Una vez desangrados y desplumados, los pollos quedaban enteros con cabeza y patas y sin eviscerar. Los animales eran congelados en cámara frigorífica (-20°C), para ser posteriormente descongelados en refrigeración (4°C durante 24 h) antes de proceder a su despiece.

Las canales fueron despiezadas siguiendo la metodología descrita por Jensen (1984) con el objetivo de obtener las principales piezas comerciales: muslo+contramuslo, alas y pechuga (piezas que eran pesadas al igual que el resto de la canal). Muslo y contramuslos fueron diseccionados separando producto consumible (músculo, grasa y piel) y hueso.

Antes del despiece, se tomaron diferentes medidas (siempre de la mitad derecha de cada animal) en la canal, y también en muslo, contramuslo y pechuga.

2.3. Análisis estadístico

Para describir y predecir el crecimiento a lo largo del tiempo, los datos de peso fueron ajustados al modelo de Gompertz-Laird (Laird et al., 1965) utilizando el procedimiento de

Tabla 1. Ingredientes y composición química del pienso utilizado durante el ensayo
 Table 1. Ingredients and chemical composition of food during the trial

Ingredientes (%)	0-6 semanas	6-18 semanas
Cebada	10,00	–
Maíz	47,40	63,90
Gluten 60	11,90	8,80
Soja extrusionada	15,00	20,00
Torta de soja 48	11,20	3,30
Carbonato dicálcico	1,40	1,20
Fosfato dicálcico	2,00	1,60
Sal	0,36	0,36
DL-Metionina	0,002	–
L-Lisina HCl	0,31	0,35
Clorhidrato de colina 50%	0,05	–
Corrector mineral	0,20	0,20
Corrector vitamínico	0,40	0,40
Nicarbazina (mg/kg)	55,00	55,00
Composición química (%)		
Proteína bruta	22,52	18,17
Fibra bruta	3,37	2,79
Grasa bruta	5,21	5,74
Cenizas	5,77	4,49
Energía metabolizable (kcal/kg)	3.181	3.292

regresión no lineal del programa informático SPSS (1999):

$$W_t = W_0 \times \exp[(L/K)(1 - \exp(-Kt))]$$

donde W_t : peso vivo en el momento del tiempo t (g); W_0 = peso vivo inicial (g); L = máximo crecimiento relativo (por semana) (t^{-1}); K = porcentaje de decrecimiento de L (por semana) (t^{-1}); t = tiempo (semanas).

A partir de los parámetros estimados según el modelo, se derivan otros como son: t_i = edad en el punto de inflexión del crecimiento (semanas); W_i = peso vivo en el punto de

inflexión del crecimiento (g); W_A = peso vivo a la madurez (g). El grado de madurez a las 18 semanas (G_m) se calculo como la relación entre el peso 18 semanas y W_A .

Para comprobar la bondad de ajuste de las curvas de crecimiento, se consideraron los siguientes indicadores sugeridos por Draper y Smith (1998): coeficiente de determinación ajustado para el número de parámetros (R^2_{Adj}), que expresa el porcentaje de variabilidad del peso que es explicado por su dependencia de la edad; mínimo cuadrado residual (RMS), que indica la varianza no

explicada por la ecuación; y la comparación entre los pesos reales observados y los estimados por las diferentes ecuaciones.

El siguiente modelo fue utilizado para analizar la ganancia media diaria de peso individual, los índices de conversión de alimento por parque y los parámetros de calidad de la canal individual:

$$y_{ij} = \mu + G_i + e_j$$

donde y_{ij} : observaciones (ganancia media diaria de peso y los índices de conversión de alimento); μ : media mínimo cuadrática; G_i : efecto fijo del tipo de pollo ($i = 1$, CN; $i = 2$, CNPN para el análisis de ganancia media diaria de peso y los índices de conversión de alimento, y $i = 1$, CN-18; $i = 2$, CNPN-18; $i = 3$, CNPN-12 para el análisis de los parámetros de calidad de la canal); e_j : error residual.

Los datos se analizaron mediante modelo lineal general de análisis de varianza del programa informático SPSS (1999) para Windows. Se aceptó un nivel de significación de 0,05 y se utilizó el método de Scheffé (1953) para comparar medias.

3. Resultados y Discusión

3.1. Crecimiento

Se observa en la tabla 2, un máximo crecimiento relativo por semana (L) superior en los tipo CNPN, aunque también la desaceleración de este tras el punto de máximo crecimiento (K) es mayor. Los animales tipo CNPN llegaron antes al punto de inflexión de la curva de crecimiento y lo hicieron con un mayor peso. El peso estimado a la madurez fue superior en estos que en la Castellana Negra (tabla 3).

En el tipo CNPN, el máximo crecimiento relativo estimado fue superior al obtenido en algunas líneas comerciales como las utilizadas por Laird (1966), similar al estimado por Pasternak y Shalev (1994) e inferior a los obtenidos por otros como Hancock *et al.* (1995) y Gous *et al.* (1999). La K fue también similar a la obtenida por Laird (1966) pero inferior a la que obtienen el resto de investigadores señalados (0,217-0,287).

Tabla 2. Media \pm error estándar de los parámetros estimados y parámetros derivados según el modelo para pollos CN y CNPN
Table 2. Mean \pm standard error of parameters estimates and derivatives parameters of model and coefficient of determination (R^2) for CN and CNPN chickens

	W_0	L	K	t_i	W_i	W_A	Gm	R^2_{Adj}	RMS
CN	41,99 \pm 7,13	0,635 \pm 0,045	0,156 \pm 0,005	8,99	903,80	2460,06	0,76	0,997	456,66
CNPN	42,30 \pm 9,02	0,816 \pm 0,069	0,190 \pm 0,007	7,67	1140,74	3101,13	0,82	0,996	584,56

W_0 = peso vivo inicial (g).

L = máximo crecimiento relativo (por semana) (t^{-1}).

K = porcentaje de decrecimiento de L (t^{-1}).

t_i = edad en el punto de inflexión del crecimiento (semanas).

W_i = peso vivo en el punto de inflexión del crecimiento (g).

W_A = peso vivo a la madurez (g).

Gm = grado de madurez a las 18 semanas (peso 18 semanas/ W_A).

R^2_{Adj} = coeficiente de determinación ajustado.

RMS = mínimo cuadrado residual.

Tabla 3. Media \pm desviación estándar del peso observado (g) y peso estimado (g) a diferentes edades para pollos CN y CNPN

Table 3. Mean \pm standard deviation of observed weight (g) and estimated weight (g) from different ages for CN and CNPN chickens

Semanas	CN (n = 80)		CNPN (n = 80 hasta 12s; n = 60 de 12s a 18s)	
	Peso observado	Peso estimado	Peso observado	Peso estimado
4	250,8 ^b \pm 7,0	243,7	392,9 ^a \pm 17,0	359,9
6	493,9 ^b \pm 8,1	483,5	776,7 ^a \pm 13,9	768,5
8	742,2 ^b \pm 17,4	774,6	1162,3 ^a \pm 36,4	1238,3
10	1082,8 ^b \pm 3,1	1071,5	1688,6 ^a \pm 72,7	1671,3
12	1349,5 ^b \pm 27,9	1339,7	2064,1 ^a \pm 66,7	2018,1
14	1574,1 ^b \pm 43,1	1562,3	2306,2 ^a \pm 67,8	2272,1
16	1715,7 ^b \pm 79,9	1736,6	2391,5 ^a \pm 115,5	2347,9
18	1854,8 ^b \pm 60,4	1867,9	2539,2 ^a \pm 12,9	2565,4

Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas entre tipos de animales para $p \leq 0,05$.

Cuando se comparan los resultados con líneas mejoradas por peso, se observa que los resultados obtenidos tanto para el máximo crecimiento relativo (L) como la deceleración después del punto de inflexión (K) del tipo CNPN fueron superiores a todos los resultados encontrados en la bibliografía. Así, Barbato (1992) obtiene valores de L igual a 0,602 y K 0,070 y Mignon-Grasteau et al. (2000), L entre 0,553 y 0,742 y K entre 0,126 y 0,175. Las líneas no seleccionadas por su peso dan valores también inferiores a los del tipo CNPN. Barbato (1991) obtienen valores de L de 0,714-0,994 y para K de 0,154-0,217 y Mignon-Grasteau et al. (2000) 0,672 y 0,154 respectivamente.

Si comparamos la edad a la que se alcanzó el máximo crecimiento, se observa que la mayor parte de las líneas comerciales utilizadas para la producción de carne lo presentan a edades más tempranas, así Pasternek y Shalev (1994) lo observaron a los 40,3

días y Hancock et al. (1995) entre los 41,9 y los 44,2. Sí observaron valores similares a los nuestros Knizetova et al. (1991) y Laird (1966) quienes obtuvieron entre 48,2 y 55,7 días los primeros y 53,7 el segundo. Knizetova et al. (1985) por su parte, encontraron valores muy superiores (63,7). También valores superiores fueron los encontrados en líneas seleccionadas por peso por Mignon-Grasteau et al. (1999), quienes obtuvieron el punto de inflexión de la curva a los 57,8-71,9 días y Mignon-Grasteau et al. (2000) a los 59,2-83,8 días. Las líneas no seleccionadas por su peso también tienen su máximo crecimiento a edades más tardías; Leclercq et al. (1989) lo obtienen a los 54,1-57,8 días; Mignon-Grasteau et al. (1999) a los 65,69 y Mignon-Grasteau et al. (2000) a los 68,6. Barbato (1991) sí obtiene edades algo inferiores como son los 48,2 días.

Se obtuvo en la estimación de los parámetros de crecimiento (tabla 2), un elevado coefi-

ciente de determinación ajustado (R^2_{Adj}). También en la tabla 3, se observa una alta aproximación de los pesos al comparar los estimados por el modelo y los medidos a las diferentes edades (mejor predicción a medida que aumenta la edad). Si se comparan los pesos a la misma edad de los animales de la raza Castellana Negra y del tipo CNPN se observa como los animales cruzados presentaron en todo momento un peso superior a los de la raza Castellana Negra, siendo esta diferencia más acusada con el tiempo.

En la tabla 4 se observa cómo hasta las 12 semanas el tipo CNPN creció a una velocidad muy superior a la del CN, desapareciendo estas diferencias a partir de este momento. El tipo CNPN alcanzó la máxima velocidad de crecimiento entre las 8-10 semanas (36,11 g/día), cosa que también ocurrió para el CN (24,32 g/día).

En la tabla 5 se puede observar que, en lo que respecta a los índices de conversión de alimento, no se encontraron diferencias entre los dos tipos de animales a lo largo del estudio, excepto en el primer control de peso, pudiendo ser debido al gran desperdicio de pienso por parte de los pollitos en este momento de la cría. Los resultados obtenidos son superiores en las últimas semanas a los encontrados por Escoda (2004) en la raza Penedesenca Negra, y aunque como se ha señalado anteriormente, las diferencias entre tipos genéticos no fueron significativas ($p=0,12$), si se observan mayores índices de conversión para la raza CN que para el cruce, lo que refleja en parte lo indicado por diferentes investigadores que observaron que las mayores velocidades de crecimiento presentan mejores índices de conversión (Havenstein et al., 1994; Lewis et al., 1997).

Tabla 4. Media \pm desviación estándar de la ganancia diaria de peso (g/día) a diferentes edades para pollos CN y CNPN
 Table 4. Mean \pm standard deviation of average daily weight gain (g/day) from different ages for CN and CNPN chickens

Semanas	CN (n = 80)	CNPN (n = 80 hasta 12s; n = 60 de 12s a 18s)	SIG.
0-4	8,95 ^b \pm 0,25	14,39 ^a \pm 0,87	*
4-6	17,36 ^b \pm 1,07	26,95 ^a \pm 0,93	*
6-8	17,73 ^b \pm 0,80	27,94 ^a \pm 1,75	*
8-10	24,32 ^b \pm 1,12	36,11 ^a \pm 3,87	*
10-12	19,05 ^b \pm 1,83	23,75 ^a \pm 2,26	*
12-14	16,04 \pm 1,94	17,29 \pm 2,57	n.s.
14-16	10,11 \pm 4,29	10,36 \pm 5,78	n.s.
16-18	11,29 \pm 1,68	12,83 \pm 7,53	n.s.

n.s.: No significativo ($p>0,05$); *Diferencias significativas ($p \leq 0,05$); ** Diferencias significativas ($p \leq 0,01$). Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas entre tipos de animales para $p \leq 0,05$.

Tabla 5. Media \pm desviación estándar de los índices de conversión de alimento a diferentes edades para pollos CN y CNPN
 Table 5. Mean \pm standard deviation of feed conversion rates from different ages for CN and CNPN chickens

Semanas	CN (n = 80)	CNPN (n = 80 hasta 12s; n = 60 de 12s a 18s)	SIG.
4	1,99 ^a \pm 0,03	1,84 ^b \pm 0,04	*
6	2,45 \pm 0,20	2,30 \pm 0,07	n.s.
8	3,22 \pm 0,25	2,90 \pm 0,17	n.s.
10	3,63 \pm 0,72	3,15 \pm 0,18	n.s.
12	4,03 \pm 0,66	3,49 \pm 0,33	n.s.
14	4,58 \pm 0,76	4,18 \pm 0,13	n.s.
16	6,88 \pm 0,94	5,96 \pm 1,31	n.s.
18	7,05 \pm 0,72	6,27 \pm 0,94	n.s.

n.s: No significativo ($p > 0,05$); *Diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas entre tipos de animales para $p \leq 0,05$.

3.2. Características de la canal

El peso vivo en el momento del sacrificio, el peso canal y el peso canal eviscerada (también los rendimientos) fueron significativamente superiores en los CNPN-18, seguido de los CNPN-12 y por último de la Castellana Negra (tablas 6 y 7).

Diversos investigadores trabajando con razas autóctonas han encontrado valores de rendimiento similares. Así, Francesch y Pardo (1995) comparando las razas catalanas Empordanesa Roja y Penedesenca Negra tras generaciones de selección, obtuvieron valores de rendimiento canal de 88,52% en la Penedesenca Negra mejorada y 90,03% en la Empordanesa Roja mejorada.

La raza Castellana a las 18 semanas presentó el menor contenido de grasa abdominal, no encontrándose diferencias en el cruce (CNPN-12 vs. CNPN-18), puesto que la Castellana Negra es una raza de crecimiento lento, es-

tos son los resultados que se podían esperar. Francesch y Pardo (1995) encontraron resultados similares cuando estudiaron dos poblaciones (control y mejorada) de Penedesenca Negra y de Empordanesa Roja hasta las 14 semanas, así, obtuvieron valores de 1,17% y 1,22% para la Penedesenca, y de 1,61-1,75% para la Empordanesa, antes y después de la mejora, respectivamente. Por su parte, Sánchez (2001) encontró valores de 5,75% para la raza Mos a las 33 semanas.

El porcentaje de muslos y contramuslos en tipo CNPN adultos (33,48%) fue significativamente superior al encontrado en el joven y en la Castellana Negra (31,95 y 30,91%, respectivamente). Estos últimos resultados están en la línea de los encontrados por Miguel et al. (2008) en Castellana Negra a las 15 semanas (29,85%) y en tipo CNPN a la misma edad (30,45%) y también de los presentados por Ciria et al. (1999) para Empordanesa Roja (30,38%), Penedesenca Negra (29,47%) y

Tabla 6. Media \pm error estándar de la composición de la canal (g) en pollos CN y CNPN
 Table 6. Mean \pm standard error of carcass composition (g) in CN and CNPN chickens

	CN-18 n = 20	CNPN-18 n = 20	CNPN-12 n = 20	SIG.
Peso vivo	1854 ^c \pm 38,29	2539 ^a \pm 57,58	2064 ^b \pm 55,47	**
Peso canal	1638 ^c \pm 34,97	2269 ^a \pm 52,16	1884 ^b \pm 45,52	**
Peso canal eviscerada	1412,72 ^c \pm 29,55	1967,77 ^a \pm 48,93	1579,50 ^b \pm 42,92	**
Grasa abdominal	3,27 ^b \pm 1,71	22,22 ^a \pm 5,72	26,33 ^a \pm 2,75	**
Vísceras	141,01 ^b \pm 13,7	141,40 ^b \pm 21,21	195,83 ^a \pm 6,35	*
Muslos	200,20 ^b \pm 4,11	295,60 ^a \pm 7,36	214,66 ^b \pm 6,31	**
Contra-muslos	250,27 ^b \pm 5,30	363,56 ^a \pm 11,13	273,16 ^b \pm 6,22	**
Pectorales grandes	140,36 ^b \pm 3,74	192,67 ^a \pm 9,81	171,83 ^a \pm 8,46	**
Pectorales pequeños	59,09 ^c \pm 1,32	88,88 ^a \pm 3,80	70,83 ^b \pm 3,47	**
Alas	153,01 ^c \pm 2,70	208,01 ^a \pm 4,49	188,50 ^b \pm 4,80	**
Resto canal	605,27 ^b \pm 15,11	816,67 ^a \pm 18,27	655,66 ^b \pm 17,72	**
Testículos	20,01 ^{ab} \pm 1,50	30,22 ^a \pm 2,99	11,55 ^b \pm 5,69	*
Patas	70,36 ^c \pm 1,88	98,01 ^a \pm 3,67	79,90 ^b \pm 2,31	**
Cresta	27,81 ^a \pm 2,47	29,77 ^a \pm 2,56	5,33 ^b \pm 1,07	**

n.s: No significativo ($p > 0,05$); *Diferencias significativas ($p \leq 0,05$); ** Diferencias significativas ($p \leq 0,01$). Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas entre tipos de animales para $p \leq 0,05$.

SASSO de cuello pelado (30,88%) a las 15 semanas. Los tipo CNPN, independientemente de la edad de sacrificio (12 o 18 semanas), presentaron el mayor contenido en pectorales grandes, pero en lo que respecta a los pectorales pequeños el mayor contenido en peso es para los tipo CNPN a las 18, seguido de los tipo CNPN a las 12 y por último por la Castellana. En el caso de las alas, los adultos (CN-18 y CNPN-18) presentaron menor proporción que los jóvenes (CNPN-12), aunque en peso si es verdad que en los CNPN-18 se encontró el mayor valor y en CN-18 el más bajo.

Se observa en la tabla 8, cómo el ángulo de pechuga (medida de conformación) de los

tipo CNPN-18 fue superior al de los Castellanos, no habiendo diferencias con el tipo CNPN-12. La mayor longitud de la canal fue la de los tipo CNPN a las 18 semanas y la menor la de los Castellanos, no siendo significativas las diferencias de los tipo CNPN a las 12 semanas con ninguno de estos dos. Francesch *et al.* (1999) encontraron en machos de la raza Penedesenca Negra mejorados valores para el ángulo de pechuga de 90,50° a las 18 semanas y 96,70° en la Empordanesa Roja, ambos sensiblemente superiores a los encontrados en este trabajo.

Como se observa en la tabla 9, los animales del tipo CNPN presentaron pechugas más largas, anchas y profundas que los de Castellana

Tabla 7. Media \pm error estándar de la composición de la canal
(en % de peso vivo₁ o % peso canal eviscerada₂) en pollos CN y CNPN
Table 7. Mean \pm standard error of carcass composition
(in % body weight₁ or % carcass weight eviscerated₂) in CN and CNPN chickens

	CN-18 n = 20	CNPN-18 n = 20	CNPN-12 n = 20	SIG.
Rendimiento canal ₁	88,33 ^b \pm 0,44	90,82 ^a \pm 1,56	89,40 ^{ab} \pm 0,53	**
Rendimiento canal eviscerada ₁	76,20 ^b \pm 0,43	77,48 ^a \pm 0,44	74,85 ^c \pm 0,46	**
Grasa abdominal ₁	0,08 ^b \pm 0,01	0,86 ^a \pm 0,22	1,26 ^a \pm 0,13	**
Visceras ₁	7,53 ^b \pm 0,69	5,46 ^b \pm 0,79	9,33 ^a \pm 0,34	*
Muslos ₂	14,17 ^b \pm 0,08	15,03 ^a \pm 0,19	13,59 ^b \pm 0,17	**
Contramuslos ₂	17,78 ^b \pm 0,06	18,45 ^a \pm 0,24	17,32 ^b \pm 0,17	**
Pectorales grandes ₂	9,94 ^{ab} \pm 0,22	9,73 ^b \pm 0,32	10,83 ^a \pm 0,28	**
Pectorales pequeños ₂	4,18 ^b \pm 0,04	4,50 ^a \pm 0,11	4,46 ^a \pm 0,13	**
Alas ₂	10,80 ^b \pm 0,09	10,60 ^b \pm 0,23	12,01 ^a \pm 0,17	**
Resto canal ₂	42,82 ^a \pm 0,36	41,53 ^b \pm 0,29	42,51 ^a \pm 0,39	**
Testículos ₂	1,40 ^a \pm 0,08	1,51 ^a \pm 0,13	0,56 ^b \pm 0,35	*
Patas ₂	4,98 ^b \pm 0,08	4,98 ^b \pm 0,16	5,04 ^a \pm 0,10	**
Cresta ₂	1,96 ^a \pm 0,16	1,50 ^b \pm 0,11	0,33 ^c \pm 0,06	**

n.s: No significativo ($p > 0,05$); *Diferencias significativas ($p \leq 0,05$); ** Diferencias significativas ($p \leq 0,01$).
Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas entre tipos de animales para $p \leq 0,05$.

Tabla 8. Media \pm error estándar de las medidas de la canal en pollos CN y CNPN
Table 8. Mean \pm standard error of measures of carcass in CN and CNPN chickens

	CN-18 n = 20	CNPN-18 n = 20	CNPN-12 n = 20	SIG.
Angulo de pechuga (°)	63,91 ^b \pm 0,83	79,33 ^{ab} \pm 0,63	86,16 ^a \pm 0,85	**
Longitud total (cm)	73,47 ^b \pm 0,60	76,72 ^a \pm 1,11	75,15 ^{ab} \pm 0,56	*
Longitud cabeza-cuello (cm)	24,63 ^a \pm 0,21	25,22 ^a \pm 0,30	23,37 ^b \pm 0,29	**
Longitud extremidades (cm)	38,68 \pm 0,47	40,72 \pm 0,65	38,45 \pm 0,64	n.s.
Longitud tarso (cm)	10,77 ^b \pm 0,09	11,30 ^a \pm 0,12	10,73 ^b \pm 0,08	*
Anchura tarso (cm)	0,99 ^b \pm 0,01	1,10 ^a \pm 0,02	0,95 ^b \pm 0,01	*

n.s: No significativo ($p > 0,05$); *Diferencias significativas ($p \leq 0,05$); ** Diferencias significativas ($p \leq 0,01$).
Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas entre tipos de animales para $p \leq 0,05$.

Tabla 9. Media \pm error estándar de las medidas en muslo+contramuslos y pechuga en pollos CN y CNPN
 Table 9. Mean \pm standard error of measures of thighs+drumsticks and breast in CN and CNPN chickens

	CN-18 n = 20	CNPN-18 n = 20	CNPN-12 n = 20	SIG.
Longitud pectoral grande (cm)	20,36 ^b \pm 0,15	22,05 ^a \pm 0,31	18,72 ^c \pm 0,42	**
Anchura pectoral grande (cm)	7,40 ^b \pm 0,15	8,77 ^a \pm 0,21	8,31 ^a \pm 0,27	*
Profundidad pectoral grande (mm)	8,03 ^b \pm 0,32	10,24 ^a \pm 0,42	9,28 ^{ab} \pm 0,50	*
Longitud hueso fémur (mm)	103,01 ^b \pm 1,04	107,99 ^a \pm 1,52	101,06 ^b \pm 0,70	*
Anchura hueso fémur (mm)	9,30 ^b \pm 0,10	9,92 ^a \pm 0,12	9,47 ^b \pm 0,17	*
Peso piel fémur (g)	10,01 ^b \pm 0,66	15,11 ^a \pm 1,10	12,83 ^{ab} \pm 0,94	*
Peso carne fémur (g)	93,27 ^b \pm 2,16	137,11 ^a \pm 5,08	96,16 ^b \pm 3,15	**
Peso hueso fémur (g)	22,72 ^b \pm 0,55	30,01 ^a \pm 1,53	24,50 ^b \pm 1,87	*
Longitud hueso tibia (mm)	145,04 ^b \pm 0,85	153,70 ^a \pm 2,24	141,42 ^b \pm 1,06	**
Anchura hueso tibia (mm)	8,56 ^b \pm 0,32	8,89 ^b \pm 0,20	9,90 ^a \pm 0,23	*
Peso piel tibia (g)	4,90 ^b \pm 0,31	9,33 ^a \pm 0,99	6,66 ^b \pm 0,64	*
Peso carne tibia (g)	64,54 ^b \pm 1,45	98,44 ^a \pm 2,14	59,16 ^b \pm 3,39	**
Peso hueso tibia (g)	30,54 ^b \pm 0,81	43,11 ^a \pm 1,88	35,09 ^b \pm 1,08	**

n.s: No significativo ($p > 0,05$); *Diferencias significativas ($p \leq 0,05$); ** Diferencias significativas ($p \leq 0,01$).
 Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas entre tipos de animales para $p \leq 0,05$.

Negra. La pechuga del tipo CNPN a las 18 semanas fue más larga que a las 12 pero no hubo diferencia en la anchura y la profundidad. El tipo CNPN sacrificado a las 18 semanas presentó mayor contenido en carne y hueso del muslo y del contramuslo que si se sacrifica más joven (12 semanas). Sacrificando el tipo CNPN y el Castellano a pesos similares no aparecieron diferencias en carne y hueso de muslo y contramuslo. También en el contenido en piel del muslo se han encontrado diferencias a favor del CNPN adulto respecto al joven y la raza Castellana, no habiendo diferencias si se sacrificaron con pesos similares, pero estas diferencias no fueron tales en el caso de la piel del contramuslo.

Por su parte, Escoda (2004) también obtuvo resultados de medidas en partes nobles en

la misma línea, trabajando con animales mejorados de las misma razas (Penedesenca y Empordanesa) a las 18 y 12 semanas.

Los resultados encontrados para muslos, contramuslos, pectorales y alas (partes nobles) en pollos CNPN, fueron similares a los obtenidos por Escoda (2004) en pollos mejorados de Penedesenca Negra sacrificados a estas mismas edades.

4. Conclusiones

Aunque como se observa, la raza Castellana Negra no puede competir con animales más especializados, en lo que a crecimiento y producción de carne se refiere, el cruce de esta con una raza mejorada para este tipo de de

producción, puede suponer una salida viable hacia la conservación de la diversidad genética de esta raza en peligro de extinción. Así, se puede observar como a las 12 semanas, los pollos CNPN presentan unos rendimientos, que en relación a las medidas zootécnicas observadas (índices de conversión de alimento principalmente), se pueden considerar competitivos para este tipo de producción.

Bibliografía

- Barbato GF, 1991. Genetic architecture of growth curve parameters in chickens. *Theoretical Applied Genetics* 83, 24-32.
- Barbato GF, 1992. Divergent selection for exponential growth rate at fourteen or forty-two days of age. I. Early responses. *Poultry Science* 71, 1985-1993.
- Ciria J, Francesch A, Asenjo B, Gómara R, Perez R, Ribas M, 1999. Crecimiento, características de la canal y aceptación organoléptica de tres tipos de pollo campero en la provincia de Soria. *Actas de las VIII Jornadas de Producción Animal. ITEA Volumen Extra 20 (I)*, Zaragoza. pp. 176-178.
- Draper ND, Smith H, 1998. *Applied regression analysis*. New York: John Wiley and Sons. 706 p.
- Escoda L, 2004. *Estudi comparat de característiques productives i de qualitat de la canal i de la carn en pollastres obtinguts de races autòctones catalanes*, 325 p. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona, España.
- Francesch A, Pardo C, 1995. Comparison of some carcass characteristics between traditional and genetically improved catalan autochthonous chickens. *Actas del XII European Symposium on the Quality of Poultry Meat*, Zaragoza. pp. 195-200.
- Francesch A, Estany J, Alfonso L, Iglesias M, 1997. Genetic parameters for egg number, egg weight and eggshell color in three catalan poultry breeds. *Poultry Science* 76, 1627-1631.
- Francesch A, Anguera R, Guerrero L, Guàrdia MD, Escoda L, 1999. Efectos de la mejora genética en producción de carne sobre características productivas, de la canal y organolépticas en gallinas de razas catalanas. *Actas del XXXVI Symposium de la Sección Española de la WPSA, Valladolid*. pp. 161-172.
- Gous RM, Moran ET, Stilborn HR, Bradford GD, Emmans GC, 1999. Evaluation of the parameters needed to describe the overall growth, the chemical growth, and the growth of feathers and breast muscles of broilers. *Poultry Science* 78, 812-821.
- Hancock E, Bradford GD, Emmans GC, Gous RM, 1995. The evaluation of the growth parameters of six strains of commercial broiler chickens. *British Poultry Science* 36, 247-264.
- Havenstein GB, Ferret PR, Scheideler SE, Larson BT, 1994. Growth, livability, and feed conversion of 1957 vs 1991 Broilers when fed typical 1957 and 1991 Broilers Diets. *Poultry Science* 73, 1785-1794.
- Jensen JF, 1984. *Methods of dissection of broiler carcasses and description of parts*, pp.32-61. Cambridge, UK: Papworth's Pendragon Press.
- Knizetova H, Hyanek J, Hajkova H, Knize B, Siler R, 1985. Growth curves of chickens with different type of performance. *Zeitschrift für Tierzüchtung und Züchtungsbiologie* 102, 256-270.
- Knizetova H, Hyanek J, Knize B, Roubicek J, 1991. Analysis of growth curves in fowl. I: Chickens. *British Poultry Science* 32, 1027-1038.
- Laird AK, Tyler SA, Barton AD, 1965. Dynamics of normal growth. *Growth* 29, 233-248.
- Laird AK, 1966. Postnatal growth of birds and mammals. *Growth* 30, 349-363.
- Leclercq B, Guy G, Rudeaux F, 1989. Growth characteristics and lipid distribution in two lines of chickens selected for low or high abdominal fat. *Genetics Selection Evolution* 21, 69-80.
- Lewis PD, Perry GC, Farmer LJ, Patterson RLS, 1997. Responses of two genotypes of chicken to the diets and stocking densities typical of UK and Label Rouge Production Systems: I. Performance, behavior and carcass composition. *Meat Science* 45, 501-516.

- Mignon-Grasteau S, Beaumont C, Le Bihan-Duval E, Poivey JP, De Rochambeau H, Ricard FH, 1999. Genetics parameters of growth curve parameters in male and female chickens. *British Poultry Science* 40, 44-51.
- Mignon-Grasteau S, Piles M, Varona L, Poivey JP, De Rochambeau H, Blasco A, Beaumont C, Ricard FH, 2000. Genetics analysis of growth curve parameters for male and female chickens resulting from selection on shape of growth curve. *Journal of Animal Science* 78, 2515-2524.
- Miguel JA, Asenjo B, Ciria J, Francesch A, 2006. Parámetros genéticos y respuesta a la selección en una población de gallinas de raza Castellana Negra. *Archivos de Zootecnia* 55, 85-92.
- Miguel JA, Asenjo B, Ciria J, Calvo JL, 2007. Growth and lay modelling in a population of Castellana Negra native Spanish hens. *British Poultry Science* 48, 651-654.
- Miguel JA, Ciria J, Asenjo B, Calvo JL, 2008a. Effect of caponisation on growth and on carcass and meat characteristics in Castellana Negra native Spanish chickens. *Animal* 2, 305-311.
- Miguel JA, Ciria J, Asenjo B, Calvo JL, Gómara A, Francesch A, 2008b. Comparación del crecimiento y la canal de diferentes tipos genéticos de pollos criados en régimen semiextensivo en la provincia de Soria. *ITEA* 104 (3), 381-398
- Pasternak H, Shalev BA, 1994. The effects of feature of regression disturbance on the efficiency of fitting a growth curve. *Growth Development and Aging* 58, 33-39.
- Ricard FH, 1984. Comparaison de 3 types génétiques de poulets pour l'état d'engraissement et le redement en viande. *Actas del XVII World Poultry Congress, Helsinki*. pp. 161-163.
- Sanchez B, 2001. Valoración de los parámetros productivos para la tipificación del capón de Villalba, 247 p. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela, España.
- Scheffé H, 1953. A method for judging all contrasts in the analysis of variance. *Biometrika*, 40: 87.
- SPSS INC., 1999. SPSS base 10.0 for windows user's guide. Chicago IL, USA.
- Touraille C, 1978. Evolution de la composition corporelle du poulet en fonction de l'âge, et conséquences sur la qualité. INRA, La composition corporelle del volailles séances de travail, á Nouzilly: 59-70.

(Aceptado para publicación el 1 de junio de 2011)

Efecto del sexo y del cruzamiento sobre la calidad instrumental y sensorial y sobre la aceptación de la carne de añojos de la raza avileña-negra ibérica

B. Panea^{1*}, G. Ripoll*, J.L. Olleta** y C. Sañudo**

¹ Autora para correspondencia: bpaneaa@aragon.es

* Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón. Avenida de Montañana, 930, 50059 Zaragoza

** Facultad de Veterinaria de Zaragoza. C/ Miguel Servet, 177, 50013 Zaragoza

Resumen

Se estudió el efecto del cruce industrial (Avileña-Negra Ibérica en pureza o cruzados por Charolés) y del sexo sobre el pH, color la carne y valoración sensorial con panel entrenado y consumidores de la carne de 30 animales de categoría añojo. El color estuvo más influenciado por la base genética que por el sexo, resultando menos luminosa la carne de los animales en pureza que la de los cruzados. En general, la carne de las hembras fue mejor valorada que la de los machos. La maduración incrementó la jugosidad y terneza de la carne, así como la intensidad de su olor y flavor. El sexo del consumidor no influyó sobre la valoración de la carne, pero la edad sí.

Palabras clave: Cruzamiento, consumidores, panel entrenado, maduración, bovino.

Summary

Effect of sex and crossbreeding on instrumental and sensory quality and appraisal of meat from Avileña-Negra Ibérica cattle breed

Present experiment studied the effect of crossbreeding (Avileña-Negra Ibérica breed or crossing by Charolais) and animal's sex on pH and meat colour as well as its sensory characteristic, measured by both a trained and consumers panels. Colour was slightly affected by considered effects and crossbreeding effect was more important than sex, being meat from pure animals less light than meat from crossbreeding. Ageing increased meat juiciness and tenderness and odour and flavour intensities. Consumer's gender did not affect sensory appraisal of meat but consumer's age did.

Key words: Breed-crossing, consumers, trained panel test, ageing, bovine.

Introducción

La raza Avileña-Negra Ibérica está presente en más de 700 explotaciones situadas en 19 provincias y 7 Comunidades Autónomas y dispone de un censo de 21.100 reproductoras (datos del Consejo Regulador de la IGP, 2010, www.carnedeavila.org). Su expansión

se ha dirigido hacia zonas de difícil aprovechamiento y la podemos encontrar tanto en los diferentes sistemas montañosos del interior de la Península, como en los macizos de las franjas costeras y en los distintos sistemas adhesados del Centro y Suroeste español. Es por tanto, una de las razas autóctonas de mayor distribución nacional. Los machos

son destetados y sacrificados con una edad de 12 a 14 meses, con un peso de canal comprendido entre los 280 y 320 Kg. Las hembras efectúan la primera cubrición a la edad de 20-24 meses, con edades al primer parto entre 29 y 33 meses. Las características reproductivas, con una fertilidad elevada y un intervalo medio entre partos de 405 días, permiten disponer de unas madres que no presentan ningún problema al parto, incluso cuando son cruzadas con razas cárnicas.

El pliego de condiciones de la IGP "Carne de Ávila" se publicó mediante Resolución de 23 de julio de 2008 (BOE, 2008), de la Dirección General de Industria y Mercados Alimentarios, y en su artículo 4.2. detalla:

"El ganado de Raza Avileña-Negra Ibérica y el procedente del primer cruce entre reproductoras de Raza Avileña-Negra Ibérica y sementales de las razas españolas de aptitud cárnica del Catálogo Oficial de Razas de ganado de España, es apto para suministrar la carne que ha de ser amparada por la I.G.P."

La raza es un factor que está definido en las diferentes reglamentaciones de marcas de calidad. En algunas de ellas se admite el cruce, porque permite ampliar el número de animales pertenecientes a la IGP. Sin embargo, para poder ampliar el abanico de animales protegidos por la marca, debería ser indispensable realizar trabajos previos de caracterización de la carne de estos animales y, en base a ello, dar argumentos para su inclusión, o no, dentro de ella. El presente trabajo responde en parte a dicho objetivo.

Material y métodos

Animales

Se utilizaron 30 animales, agrupados en tres categorías:

- 10 machos enteros de la raza Avileña-Negra Ibérica.
- 10 machos enteros procedentes del cruce entre Charolés y Avileña-Negra Ibérica.
- 10 hembras procedentes del cruce entre Charolés y Avileña-Negra Ibérica.

Los animales, pertenecientes a la categoría comercial añojo (14 meses los machos y 12,5 las hembras), fueron sacrificados en el matadero MACRISA (Medina de Rioseco, Valladolid). De la media canal izquierda se extrajo la porción de lomo comprendida entre la 6ª y la 10ª vértebras torácicas. La carne fue envasada al vacío y enviada debidamente refrigerada mediante transporte isoterma al laboratorio de Calidad de la Unidad de Producción Animal de la Facultad de Veterinaria de Zaragoza. La carne se mantuvo envasada al vacío y refrigerada a 4°C hasta el 7º día post-mortem. En este día, se procedió a la disección del *Longissimus dorsi* para la obtención de las siguientes muestras:

- Un filete destinado a la medida del pH y al estudio del color.
- Ocho filetes destinados al estudio de la calidad sensorial de la carne. Esta prueba se realizó mediante dos técnicas analíticas: un panel de catadores entrenados y una prueba de consumidores. Las muestras de ambas pruebas fueron sometidas a dos tiempos de maduración diferentes: 7 y 14 días. Al alcanzar dicho momento, los filetes se congelaron a -18°C y se mantuvieron así hasta el día de realización de los respectivos análisis.

pH y color del músculo

El pH se tomó con un pHmetro CRISON provisto de un electrodo de penetración a las 24 horas después del sacrificio. Las medidas de color se realizaron a los siete días de maduración con un espectrofotómetro Minol-

ta CM-2002 (espacio CIELAB, iluminante D65, ángulo del observador 10°, 0% UV, componente especular incluido), registrándose la luminosidad (L^*) y los índices de rojo (a^*) y amarillo (b^*).

Análisis sensorial con panel

La cata se realizó en condiciones estandarizadas, utilizando un panel de 8 catadores entrenados según la norma ISO-8586-1. La carne se cocinó en un grill de doble placa previamente calentado a 200°C. La carne se cocinó hasta llegar a una temperatura interna de 70°C, que fue tomada con la ayuda de un termopar. Los catadores debían valorar, en una escala estructurada de 10 puntos, los siguientes atributos: intensidad de olor a vacuno, facilidad de corte, ternera, cantidad de residuo, jugosidad, intensidad de flavor a vacuno, calidad del flavor, persistencia del flavor y apreciación global. Para cada atributo, 1 correspondía al valor más bajo del descriptor y 10 al valor más alto.

Estudio de consumidores

Se contó con un total de 196 consumidores. La carne fue igualmente cocinada en un grill de doble placa a 200°C, hasta que alcanzó una temperatura interna de 70°. Los consumidores valoraron únicamente tres atributos: ternera, intensidad de sabor y apreciación global.

Análisis estadístico

El estudio estadístico se hizo con el paquete SPSS 15.0. En el caso del pH y del color se realizó un ANOVA con el tipo de animal (machos puros, machos cruzados y hembras) como efecto fijo. Para las pérdidas por cocinado y análisis sensorial se realizó un GLM con el tipo de animal y maduración (7 ó 14 días) como efectos fijos. En todos los casos, las diferencias entre medias se calcularon

mediante un test de Duncan y se consideraron significativas cuando $p < 0,05$. Además, en el análisis sensorial se realizó un Análisis Generalizado Procruster (GPA), para minimizar las diferencias entre panelistas y el resultado se presenta gráficamente mediante un biplot que incluye los atributos y los tratamientos (Gower, 1975; Carlucci et al. 1998). Para el estudio de consumidores se realizó un GLM con el sexo y edad de los consumidores como efectos fijos y posteriormente se realizó un GLM con los efectos edad del consumidor (categorizado), tipo de animal y maduración. Al igual que para el resto de las variables, las diferencias entre medias se calcularon mediante un test de Duncan y se consideraron significativas cuando $p < 0,05$.

Resultados y discusión

pH y color

Las medias para el pH y las variables de color se muestran en la Tabla 1. Los valores de pH registrados estuvieron dentro del rango propio de animales que no han sufrido estrés previo al sacrificio (Albertí et al., 1995). Se encontraron diferencias significativas en el valor de pH entre sexos, siendo menor en las hembras que en los machos, ya fueran puros o cruzados. Estos resultados estarían de acuerdo con Palacio et al. (1999), quienes demostraron que las hembras son menos susceptibles a dichos problemas, aunque en nuestro caso y como ya hemos dicho, las diferencias no son atribuibles a problemas manifiestos de estrés. Para otros autores, sin embargo, no existe un efecto del sexo sobre el pH de la carne (Ruiz de Huidobro et al., 2003).

En cuanto al color de la carne, sólo se encontraron diferencias significativas para la claridad (L^*). La carne de los machos cruzados fue más luminosa que las de las hembras, registrando los machos puros valores intermedios. Ruiz de Huidobro et al. (2003) no

Tabla 1. Efecto del tipo de animal (Avileños puros o cruzados con Charolés y sexo) sobre el pH y color del músculo Longissimus dorsi. Medias, desviaciones típicas (entre paréntesis) y significación
 Table 1. Effect of animal type (Avileña-Negra Ibérica breed or crossbred Avileña-Negra Ibérica and Charolais and sex) on pH and muscle colour in the Longissimus dorsi muscle.
 Mean values (standard deviation)

Tipo de animal	pH	L*	a*	b*
Machos puros	5,56 (0,05) ^a	39,55 (2,31) ^{ab}	19,75 (1,73)	9,19 (1,35)
Machos cruzados	5,53 (0,04) ^a	40,67 (1,39) ^a	20,14 (1,94)	9,68 (1,32)
Hembras cruzadas	5,48 (0,02) ^b	37,11 (2,50) ^b	19,08 (2,06)	9,81 (1,80)
Significación	***	*	n.s.	n.s.

a,b.- diferencias entre tipos de animales ($p < 0,05$).

n.s.- no significativo; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

encontraron diferencias en las variables de color en función del sexo, pero según Albertí et al. (2001), las variaciones en el color de músculo se ven más afectadas por el peso de sacrificio que por la raza, de manera que al aumentar el peso de sacrificio disminuye la claridad y aumenta el índice de rojo. Además, Albertí et al. (2005) y Vieira et al. (2006) describen diferencias en el color del músculo en función del cruce comercial y concluyen que la claridad es mayor cuando el cruce se realiza con un tipo de animal que, criado en pureza, tenga una carne con una elevada claridad, lo cual es típico de razas de clara aptitud cárnica como la Charolesa.

Los valores encontrados para las variables de color coinciden con los señalados por la mayoría de los autores para animales de características similares (Albertí et al., 1999, Campo et al., 1999, Ruiz de Huidobro et al., 2003). Según Albertí et al. (2001) la raza Avileña-Negra Ibérica se caracteriza por presentar valores bajos de claridad en relación con otras razas españolas, con índices de claridad de entre 36 y 41, índices de rojo de entre 12 y 18 e índices de amarillo de entre 3 y 20, en función del peso del animal y el tiempo de oxigenación del músculo. Ruiz de

Huidobro et al. (2003), en un estudio de cruces de la raza Avileña-Negra Ibérica con Charolés o Brown Swiss describen valores de alrededor de 36, 17 y 6 para las medidas L*, a* y b*, respectivamente. En cualquier caso las diferencias encontradas no parecerían importantes a nivel comercial.

Pérdidas de peso por conservación o por cocinado

En la Tabla 2 se muestran las medias de las pérdidas por conservación (envasado al vacío a 4°C hasta el 7° ó 14° día post-mortem) y por cocinado en función del tipo de animal y tiempo de maduración. El tipo de animal no influyó en ninguna de las dos variables, mientras que la maduración afectó a las pérdidas por conservación en los machos.

Albertí et al. (1999), Panea (2002) y Vieira et al. (2006) no encontraron diferencias entre razas o por efecto del cruce industrial en el porcentaje de pérdidas por cocinado y Ruiz de Huidobro et al. (2003) no encontró diferencias entre sexos. Los porcentajes de pérdidas por cocinado obtenidos en este trabajo son similares a los encontrados por Albertí et

Tabla 2. Efecto del tipo de animal (Avileños puros o cruzados con Charolés y sexo) y del tiempo de maduración sobre las pérdidas por conservación y por cocinado en el músculo Longissimus dorsi.

Medias, desviaciones típicas (entre paréntesis) y significación

Table 2. Effect of animal type (Avileña-Negra Ibérica breed or crossbred Avileña-Negra Ibérica and Charolais and sex) and ageing time on preservation and cooked losses in the Longissimus dorsi muscle. Mean values (standard deviation)

Tipo de animal	Días de maduración	Pérdidas por conservación (%)	Pérdidas por cocinado (%)
Machos puros	7	6,4 (1,4) ^{by}	17,2 (3,1)
	14	9,2 (1,9) ^x	15,7 (3,2)
Machos cruzados	7	6,8 (1,2) ^{aby}	17,7 (3,7)
	14	8,9 (1,9) ^x	16,6 (4,5)
Hembras cruzadas	7	8,4 (2,3) ^a	17,3 (3,8)
	14	8,3 (2,3)	16,7 (4,3)
Tipo de animal	n.s.	n.s.	
Maduración	**	n.s.	
Tipo *maduración	n.s.	n.s.	

a, b.- diferencias entre tipo de animal dentro de maduración ($p < 0,05$).

x, y.- diferencias entre maduraciones dentro de tipo de animal ($p < 0,05$).

n.s.- no significativo; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

a/ (1999) o por Panea (2002) con el mismo método de cocinado (entre 12 y 16%).

No se encontraron interacciones entre efectos, aunque sí una tendencia para las pérdidas por conservación, que originó que no existieran diferencias debidas a la maduración en las hembras (no variaron) y si en machos puros y cruzados. En los machos, la carne madurada por más tiempo presentó unas pérdidas por conservación mayores y no hubo diferencias significativas en las pérdidas por cocinado, lo cual puede estar relacionado con la paulatina desintegración de la estructura muscular. Mandell et al. (1997) describen un mayor porcentaje de pérdidas por cocinado en machos enteros que en animales castrados y concluyen que podría deberse al menor contenido en materia seca

de la carne de los machos enteros debido a su menor engrasamiento. Nosotros no realizamos el análisis químico de esta carne, pero es presumible que las hembras presentaran un mayor grado de engrasamiento que los machos, lo que podría explicar el diferente comportamiento de las pérdidas, a lo largo de la maduración, en ambos sexos.

Análisis sensorial con panel entrenado

Las medias de cada atributo en función del tipo de animal y el tiempo de maduración se muestran en la Tabla 3. Los valores encontrados son de orden medio y se mueven en el rango descrito por la mayoría de los autores (Crouse et al., 1989; Destefanis et al., 1996; Campo et al., 1998).

Tabla 3. Efecto del tipo de animal (Avileños puros o cruzados con Charolés y sexo) en función del tiempo de maduración sobre la valoración sensorial (panel entrenado) de la carne. Medias, desviaciones típicas (entre paréntesis) y significación
 Table 3. Effect of animal type (Avileña-Negra Ibérica breed or crossbred Avileña-Negra Ibérica and Charolais and sex) and ageing time on sensorial assessment (trained taste panel). Mean values (standard deviation)

	Maduración						Significación	
	7 días			14 días			Tipo animal	Mad.
	Machos puros	Machos cruzados	Hembras	Machos puros	Machos cruzados	Hembras		
Intensidad de olor	52,0 (17,1)	54,2 (18,0)	50,3 (16,8)	52,5 (17,4)	52,7 (16,9)	54,5 (17,9)	n.s.	n.s.
Facilidad de corte	54,8 ^b (17,9)	58,8 ^b (17,0)	65,0 ^a (13,5)	67,7 ^a (11,6)	58,3 ^b (16,5)	58,8 ^b (13,3)	***	n.s.
Terneza	51,5 ^b (19,7)	53,5 ^b (21,4)	64,1 ^a (15,9)	68,1 ^a (14,3)	55,6 ^b (18,1)	54,7 ^b (19,9)	***	n.s.
Cantidad de residuo	47,6 ^{ab} (21,0)	47,0 ^a (23,2)	39,9 ^b (20,5)	38,5 ^b (20,9)	43,8 ^{ab} (20,3)	49,7 ^a (21,9)	***	n.s.
Jugosidad	47,7 ^b (18,8)	48,0 ^b (21,1)	56,8 ^a (16,5)	59,6 ^a (15,6)	50,6 ^b (16,4)	48,5 ^b (18,6)	***	n.s.
Intensidad flavor vacuno	52,1 (16,3)	53,5 (17,1)	54,1 (17,4)	55,9 (14,8)	53,0 (15,6)	55,6 (15,2)	***	n.s.
Calidad del flavor	52,5 ^b (15,1)	55,8 ^b (15,7)	63,2 ^a (12,7)	65,7 ^a (12,3)	57,4 ^b (14,8)	57,7 ^b (13,8)	***	*
Persistencia del flavor	50,3 (14,3)	50,4 (18,9)	50,1 (18,4)	53,0 (18,6)	51,3 (16,6)	53,5 (16,2)	n.s.	n.s.
Apreciación global	55,1 ^b (15,4)	57,0 ^b (14,9)	65,4 ^a (13,3)	67,8 ^a (12,6)	58,6 ^b (14,3)	57,3 ^b (14,6)	***	n.s.

a, b.- diferencias entre tipos de animales dentro de maduración ($p < 0,05$).

n.s.- no significativo; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

El tipo de animal afectó a todos los atributos de textura, a la calidad del flavor y a la apreciación global.

Las hembras presentaron valores más altos que los machos para la facilidad de corte, ternura, jugosidad y calidad de flavor y valores más bajos para la cantidad de residuo. Esto originó que la nota de apreciación global fuera más alta para las hembras que para los machos. Las diferencias entre sexos en los atributos sensoriales está bien descrita (Mandell et al., 1997, Ruiz de Huidobro et al., 2003) y fundamentada en diferencias en la madurez fisiológica de los animales a una misma edad cronológica (Mandell et al., 1997). Wulf et al. (1996), en un trabajo de cruces de Limousina o Charolesa con razas francesas no encontraron diferencias entre razas ni para la ternura, ni para la jugosidad ni para el flavor, pero la carne estaba madurada 14 días y está comprobado que la maduración reduce las diferencias sensoriales entre razas (Sañudo et al., 2004; Monsón et al., 2005).

Los animales de tipo culón, más cárnicos, tienen un mayor número de fibras musculares (Lazzaroni, 1994) de menor tamaño (Bailey et al., 1982) y con mayor proporción de fibras blancas (West, 1974), las cuales tienen una velocidad de maduración superior a la de las fibras rojas (Valin, 1988). Además, el contenido en colágeno es menor (Boccard, 1982) y con menor entrecruzamiento (Bailey et al., 1982) así que son más tiernos, pero sólo a tiempos cortos de maduración (Campo et al., 1999). Todas estas características de la carne de los animales más musculados podrían ser relevantes cuando se estudian los efectos del cruce de razas cárnicas sobre razas rústicas. Por otra parte, el efecto de la raza o del cruce industrial sobre la calidad sensorial de la carne está ampliamente estudiado (Campo, 1999, Panea, 2002, Albertí et al., 2001, Monsón et al., 2005, Albertí et al., 2005, Vieira et al., 2006). Campo et al. (1999) no encontraron diferencias para el olor a

carne, calidad del olor o jugosidad ni entre grupos raciales ni entre maduraciones, pero señalan un efecto de la maduración para la ternura dentro del grupo de tipo rústico, al que pertenecería la Avileña-Negra Ibérica, aumentando la ternura al hacerlo el tiempo de maduración. Además, Campo et al. (1999) no encontraron diferencias entre maduraciones dentro de grupo para la cantidad de residuo pero sí entre grupos dentro de maduración, y la carne de los animales de tipo culón dejaba siempre más residuo que la de los animales de tipo rústico. De manera similar, Panea (2002), en carne madurada 14 días, no encontró diferencias entre genotipos ni para la ternura ni para la jugosidad ni para la apreciación global, lo que podría deberse a que los tiempos de maduración largos reducen las diferencias entre razas en la calidad sensorial de su carne, como ya se ha dicho, incluso comparando razas cárnicas y lecheras (Monsón et al., 2005). Según Albertí et al. (2001), la raza Avileña-Negra Ibérica, en comparación con otras razas españolas, destaca por la calidad del flavor, como se aprecia en este trabajo en la carne de los machos puros, madurada por 14 días.

El análisis procrusteano generalizado se muestra en la Figura 1. El eje 1 explicó el 72,73% de la variabilidad encontrada, mientras que el eje 2 explicó el 13,41%. El eje 1 agrupa las variables de jugosidad, ternura, calidad del flavor y apreciación global, estrechamente correlacionadas entre ellas. La correlación entre jugosidad y ternura y estos atributos y la apreciación global ha sido ampliamente descrita en la bibliografía (Crouse et al., 1985, Campo, 1999, Panea, 2002). Puede verse que el análisis separa claramente las hembras de los machos, y que la carne de las hembras resulta más tierna y jugosa, independientemente del tiempo de maduración, si bien la carne de las hembras que se maduró durante 14 días obtuvo notas más altas en estos atributos que la madurada

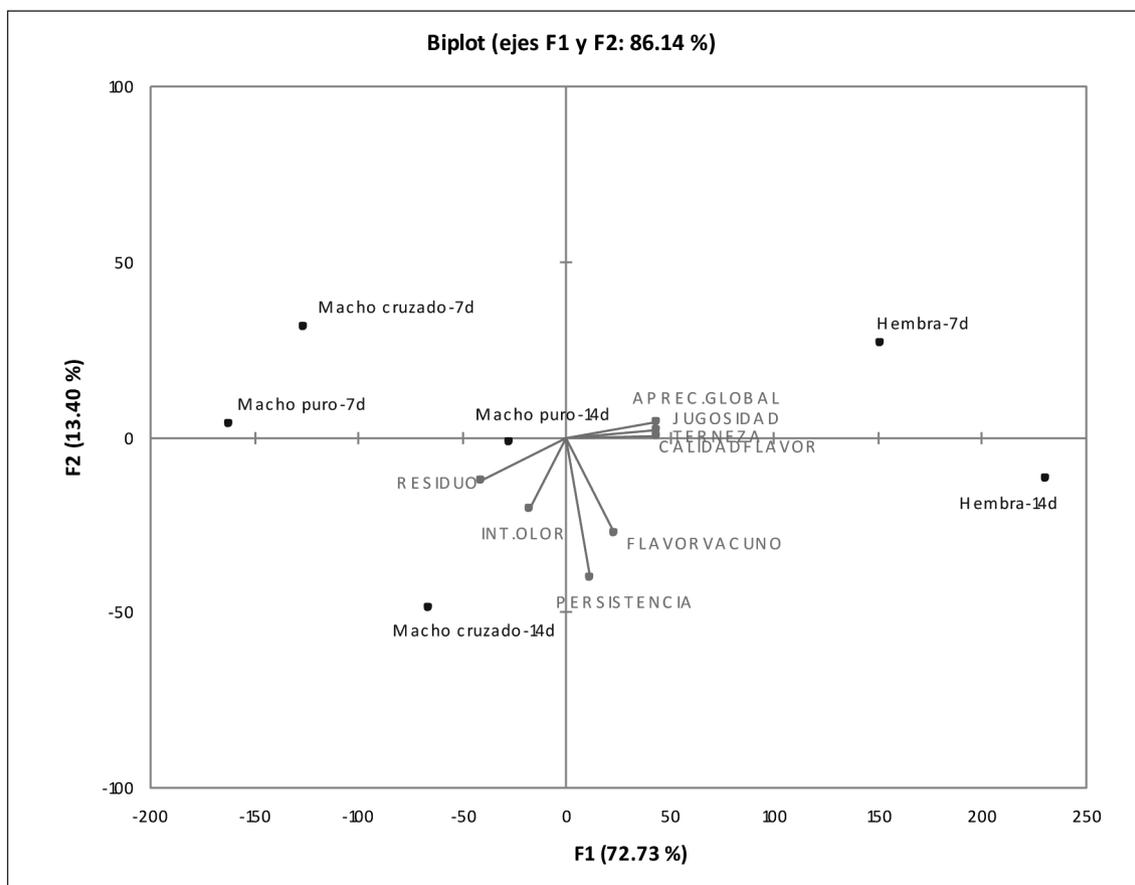


Figura 1. Gráfico biplot generado por el Análisis Procrusteano Generalizado.

Figure 1. Biplot graphic originated by Generalized Procrustes Analysis.

durante 7 días. Entre los machos puede verse que existen más diferencias debidas al tiempo de maduración que al tipo genético. Así, las carnes de los machos maduras durante 7 días se colocan en el extremo izquierdo del gráfico, independientemente de que sean animales puros o cruzados, lo que podría justificar en términos de calidad la inclusión conjunta de ambos tipos genéticos dentro de una misma marca. Estos resultados eran esperables ya que, como se ha explicado anteriormente, el efecto de la maduración sobre la terneza está bien establecido. Por otro lado, el eje 2 tiende a se-

parar la carne madurada 7 días de la madurada 14 días, independientemente del sexo y tipo genético y puesto que lo hace en función de la intensidad del olor, intensidad y persistencia del flavor a vacuno y cantidad de residuo, esto indicaría que un tiempo de maduración largo acrecienta notablemente estos atributos, lo cual podría causar algún tipo de rechazo en consumidores poco habituados (Campo, 1999). La aparición de aromas y sabores poco deseables a lo largo de la maduración es fundamentalmente el resultado de procesos de tipo oxidativo (Spanier et al., 1992).

Análisis sensorial con consumidores

En la Tabla 4 se muestra la descripción de la población de consumidores usada en la experiencia y en la Tabla 5 se muestra la significación del tipo de animal y tiempo de maduración de la carne y del sexo y edad del consumidor sobre la aceptabilidad. El sexo no tuvo efecto significativo sobre la valoración, pero sí la edad del consumidor, que afectó a la intensidad de sabor y a la aceptabilidad. En la Tabla 6 se muestran las medias de las notas de aceptabilidad para cada tipo

Tabla 4. Descripción de la población de consumidores usada en la experiencia (número de casos)
Table 4. Description of the consumers

Edad (años)	Número de consumidores
<26 años	27
26-35	48
36-45	73
46-55	34
>55	14
Sexo	
Varones	98
Mujeres	98

de animal y tiempo de maduración en función de la edad de los consumidores. Los tres grupos de menor edad detectaron diferencias entre tipos de animales, pero no los mayores de 45 años. Para los consumidores de menos de 45 años, la carne de las hembras resultó más tierna y más aceptable que la de los machos, y le dieron notas mayores de aceptabilidad. Las diferencias entre tipos son menores en el grupo de 36-45 años que en los grupos de menos de 36 años, lo que demuestra que con la edad se pierde capacidad de detección y discriminación (Griep et al., 1997, Kozłowska et al., 2003). Los resultados obtenidos estarían de acuerdo con Macíe (2002) quien encontró un efecto de la edad de los consumidores sobre la aceptabilidad de la carne y señala que los consumidores encontraron diferencias entre grupos raciales para la ternera y la aceptabilidad pero no para el sabor.

Al igual que ocurría en el panel entrenado, las hembras obtuvieron notas más altas para las tres variables consideradas. Albertí et al. (2005) trabajando con 4 tipos genéticos (cruces de Retinto) encontraron un efecto del genotipo sobre la ternera y la aceptabilidad de la carne, pero no sobre el sabor y describen que la carne de los animales procedente del cruce con genotipo culón (Asturiana de los Valles) era la más tierna, aun-

Tabla 5. Significación del tipo de animal y tiempo de maduración de la carne y del sexo y edad de los consumidores sobre la aceptabilidad de la carne de animales de raza Avileña-Negra Ibérica puros o cruzados con Charolés

Table 5. Significance of the animal type, ageing time and sex and age of the consumers on Avileña-Negra Ibérica breed or crossbred Avileña-Negra Ibérica and Charolais meat acceptability

	Tipo de animal	Maduración	Tipo*maduración	Sexo	Edad
Ternera	**	**	n.s.	n.s.	n.s.
Intensidad de sabor	**	**	n.s.	n.s.	**
Aceptabilidad	**	**	n.s.	n.s.	*

n.s.- no significativo; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Tabla 6. Aceptabilidad, en función de la edad del consumidor, de la carne de animales de raza Avileña-Negra Ibérica puros o cruzados con Charolés en función del tiempo de maduración. Medias y significación
 Table 6. Acceptability by consumers of of Avileña-Negra Ibérica breed or crossbred Avileña-Negra Ibérica and Charolais meat and aged for two different times. Mean values (standard deviation)

	7 días			14 días			Significación
	Machos puros	Machos cruzados	Hembras	Machos puros	Machos cruzados	Hembras	
<26 años	58.8 ^b	58.1 ^b	66.7 ^{ab}	67.4 ^{ab}	65.1 ^{ab}	72.2 ^a	*
26-35 años	56.2 ^b	56.4 ^b	67.7 ^{ab}	57.9 ^b	59.4 ^b	66.4 ^{ab}	**
36-45 años	58.2 ^b	58.4 ^{ab}	66.3 ^a	62.1 ^{ab}	62.7 ^{ab}	66.2 ^a	**
46-55 años	61.7 ^{ab}	60.3 ^b	58.9 ^b	65.1 ^{ab}	65.0 ^{ab}	70.0 ^a	n.s.
>55 años	58.6	60.0	63.0	54.2	51.4	69.3	n.s.

a, b.- diferencias entre tipos genéticos dentro de maduración ($p < 0,05$).

n.s.- no significativo; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

que no significativamente diferente de la de los animales retintos puros, observándose el mismo comportamiento para la aceptabilidad. Según el citado trabajo de Albertí *et al.* (2005) o el de Monsón *et al.* (2005), el efecto de la maduración fue mucho más importante que el del genotipo sobre la valoración por parte del consumidor, pero hay que tener en cuenta que en los trabajos mencionados se compararon a la vez tipo genético y maduración, mientras que en el presente trabajo sólo se comparó el tipo de animal dentro de cada maduración.

Conclusiones

Tanto el tipo genético como el sexo de los animales tuvieron influencia sobre la mayoría de las variables estudiadas, pero las diferencias entre los individuos puros y cruzados

(tipo genético) dentro de sexo (machos) fueron menores que entre sexos (machos y hembras) dentro de tipo genético (animales cruzados). La influencia sobre el color fue pequeña y estuvo más influenciada por la base genética que por el sexo, resultando menos luminosa la carne de los animales en pureza que la de los cruzados. En general, la carne de las hembras fue mejor valorada que la de los machos. La maduración incrementó la jugosidad y terneza de la carne. La maduración intensificó el olor y flavor de la carne. El sexo del consumidor no influyó sobre la valoración de la carne, pero la edad sí.

Con los resultados encontrados se podría afirmar que la inclusión de animales cruzados en la marca aumentaría la variabilidad del producto, especialmente a mayores tiempos de maduración, por lo que la especificación como "animal puro" o "animal cruzado" sería deseable en cuanto a su comercialización.

Agradecimientos

Trabajo financiado por el Consejo Regulador de la I.G.P. "Carne de Ávila".

Bibliografía

- Albertí P, Sañudo C, Santolaria P, Negueruela, I, 1995. Variación de la calidad de la carne, de las medidas de la canal y de los parámetros productivos de añojos de seis razas españolas. VI Jornadas sobre Producción Animal. ITEA vol extra 16, II: 627-629.
- Albertí P, Sañudo C, Olleta JL, Campo MM, Panea B, Franco J, Lahoz F, 1999. Color del músculo y de la grasa subcutánea de terneros de siete razas españolas. VII Jornadas sobre Producción Animal. ITEA vol extra 20, I: 80-82.
- Albertí P, Delfa R, Ripoll G, Panea B, Revilla R, Lahoz F, Sañudo C, Olleta JL, Purroy A, Arana A, Beriain MJ, Mendizábal JA, Insausti K, Indurain G, Alzón M, Goyache F, Fernández I, Díez J, Bahamonde A, del Coz JJ, 2005. La raza Retinta y sus cruces. FEAGAS 28: 72-76.
- Albertí P, Sañudo C, Olleta JL, Panea B, Lahoz F, 2001. Efecto del peso al sacrificio en el rendimiento cárnico de terneros de siete razas bovinas españolas. ITEA 22, 511-513.
- Bailey AJ, Enser MB, Dransfield E, Restall DJ, Avery NC, 1982. Muscle and adipose tissue from normal and double cattle: collagen types, muscle fiber diameter, cell size and fatty acid composition and organoleptic properties. En: Muscle hypertrophy of genetic origin and its use to improve beef production. Eds: J.W.B. King y F. Ménissier. Pp. 178-203. Martinus Nijhoff Publisher, La Haya.
- Boccard R, 1982. Relationship between muscle hypertrophy and the composition of skeletal muscles. En: Muscle hypertrophy of genetic origin and its use to improve beef production. Eds: J.W.B. King y F. Ménissier. Pp. 178-203. Martinus Nijhoff Publisher, La Haya.
- BOE, 2008. Resolución de la Dirección General de Industria y Mercados Alimentarios de 23 de julio de 2008. BOE, 22 de agosto
- Campo MM, Sañudo C, Panea B, Albertí P, Santolaria P, 1998. Breed and ageing time effects on textural sensory characteristics of beef strip loin steaks. Proceedings of 44th International Congress of Meat Science and Technology, 898-899.
- Campo MM, 1999. Influencia de la raza sobre la textura y las características sensoriales de la carne bovina a lo largo de la maduración. Tesis doctoral. Facultad de Veterinaria de Zaragoza. 254 pp.
- Campo MM, Sañudo C, Panea B, Albertí P, Santolaria P 1999. Breed type and ageing time effects on sensory characteristics of beef strip loin steaks. Meat Science 51: 383-390.
- Carlucci A, Girolami A, Napolitano F, Monteleone E, 1998. Sensory evaluation of young goat meat. Meat Science, 50(1): 131-136.
- Crouse JD, Cross HR, Seideman SC, 1985. Effects of sex condition, genotype, diet and carcass electrical stimulation on the collagen content and palatability of two bovine muscles. Journal of Animal Science 60: 1228-1234
- Crouse JD, Cundiff LV, Koch RM, Koohmaraie M, Seideman SC, 1989. Comparison of Bos indicus and Bos Taurus inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability. Journal of Animal Science 67: 2661-2668.
- Destefanis G, Barge MT, Brugiaplagia A, 1996. Meat quality in four muscles of hypertrophied Piemontese and Belgian Blue and White young bulls. Proceedings of 42nd International Congress of Meat Science and Technology, 298-299.
- ISO 8586-1, 1993. Sensory analysis -General guidance for the selection, training and monitoring of assessors.
- Gower J C, 1975. Generalized procrustes analysis. Psychometrika, 40(1): 33-51.
- Griep MI, Mets TF, Massart DL, 1997. Different effects of flavour amplification of nutrient dense foods on preference and consumption in young and elderly subjects. Food Qual Prefer 8: 151-156
- Kozłowska K, Jeruszka M, Matuszewska I, Roszkowski W, Barylko-Pikielna N, Brzozowska A,

2003. Hedonic tests in different locations as predictors of apple juice consumption at home in elderly and young subjects. *Food Qual Prefer* 14: 653-661.
- Lazzaroni C, Semprini D, Abrate M, Pagano M, Toscano-Pagano G 1994. Morphological characteristics of muscle fibres in double muscles and normal cattle. Proceedings of 40th International Congress of Meat Science and Technology, La Haya, SIII.25.
- Macíe ES, 2002. Influencia de la raza y del peso vivo al sacrificio sobre la evolución de la calidad de la carne bovina a lo largo de la maduración. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza. 289 pp.
- Mandell IB, Gullett EA, Wilton JW, Kemp RA, Allen OB, 1997. Effects of gender and breed on carcass traits, chemical composition, and palatability attributes in Hereford and Simmental bulls and steers. *Livestock Production Science* 49: 235-248.
- Monsón F, Sañudo C, Sierra I, 2005. Influence of breed and ageing time on the sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef. *Meat Science* 71: 471-479.
- Palacio J, Santolaria P, García-Belenguer S, Rodes D, Aceña C, Gascón M, Ángel JA, Iles JC, Lobera B, Martín-Maestro I, Bayo F, Til L, 1999. Factores de estrés previos al sacrificio y su repercusión sobre el pH final de las canales en ganado vacuno. *ITEA vol. Extra 20 (I)*: 14-16
- Panea B, 2002. Influencia de la raza-sistema productivos sobre el tejido conjuntivo y la textura de la carne bovina. Tesis doctoral. Facultad de Veterinaria de Zaragoza. 226 pp.
- Ruiz de Huidobro FR, Miguel E, Onega E, Blázquez B, 2003. Changes in meat quality characteristics of bovine meat during the first 6 days post mortem. *Meat Science* 65: 1439-1446.
- Sañudo C, Macíe ES, Olleta JL, Villarroel M, Panea B, Albertí P, 2004. The effect of slaughter weight, breed type and ageing time on beef meat quality using two different texture devices. *Meat Science* 51: 383-390.
- Spanier AM., St Angeio AJ., Shaffer GP. 1992. Response of beef flavor to oxygen depletion and an antioxidant/ chelator mixture. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 40: 1656-1662.
- Valin C, 1988. Differentiation du tissu musculaire. Conséquences technologiques pour la filière. *Reprod. Nutr. Development* 28: 845-856.
- Vieira C, García-Cachán M D, Recio MD, Domínguez M, Sañudo C, 2006. Effect of ageing time on beef quality of rustic type and rustic x Charolais crossbreed cattle slaughtered at the same finishing grade. *Spanish Journal of Agricultural Research* 4 (3): 225-234.
- West RL 1974. Red to white fibre ratios as an index of double muscling in beef cattle. *Journal of Animal Science* 38: 1165-1175.
- Wulf DM, Tatum JD, Green RD, Morgan JB, Golden BL, Smith GC, 1996. Genetic influences on beef longissimus palatability in Charolais- and Limousin-sired steers and heifers. *Journal of Animal Science* 74: 2394-2405.
- www.carnedeavila.org. Datos estadísticos de IGP Carne de Ávila. 2010.

(Aceptado para publicación el 31 de junio de 2011)

**PREMIOS DE PRENSA AGRARIA 2011
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 2011. 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 (Diputación General 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.



CENTRO INTERNACIONAL DE ALTOS ESTUDIOS AGRONÓMICOS MEDITERRÁNEOS
INSTITUTO AGRONÓMICO MEDITERRÁNEO DE ZARAGOZA

CIHEAM/IAMZ - Cursos 2010-11-12

CIHEAM

	CURSOS	FECHAS	LUGAR	ORGANIZACIÓN
PRODUCCIÓN VEGETAL	* MEJORA GENÉTICA VEGETAL	4 Oct. 10/10 Jun. 11	Zaragoza	IAMZ/UdL
	* 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	16-20 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	16-20 Abr. 12	Zaragoza	IAMZ/EWRS/SEMh/ IWSS
PRODUCCIÓN ANIMAL	PRODUCCIÓN CAPRINA	15-26 Nov. 10	Murcia	IAMZ/CAA-CARM
	CONSERVACIÓN Y GESTIÓN DE RECURSOS GENÉTICOS ANIMALES	17-21 Ene. 11	Zaragoza	IAMZ/FAO
	APLICACIONES DE LA GENÓMICA EN MEJORA ANIMAL	21-25 Mar. 11	León	IAMZ/Univ. León
	PRODUCCIÓN AVÍCOLA EN CLIMAS CÁLIDOS	9-14 Mayo 11	Zaragoza	IAMZ
	* 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 Barcelona	Valencia/ IVIA/INIA/IRTA/	UPV/UAB/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: 10-11; 12-13; 14-15
- OLIVICULTURA Y ELAIOTECNIA: 11-12; 13-14; 15-16
- NUTRICIÓN ANIMAL: 11-12; 13-14; 15-16
- MEJORA GENÉTICA ANIMAL Y BIOTECNOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN: 11-12; 13-14; 15-16
- PLANIFICACIÓN INTEGRADA PARA EL DESARROLLO RURAL Y LA GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE: 10-11; 12-13; 14-15
- MARKETING AGROALIMENTARIO: 11-12; 13-14; 15-16
- ACUICULTURA: 10-11; 12-13; 14-15
- GESTIÓN PESQUERA SOSTENIBLE: 11-12; 13-14; 15-16

Se destinan primordialmente a titulados superiores 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 el curso de Olivicultura y elaiotecnia finaliza el 15 de Abril 2011. 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 4 de Mayo 2011. 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 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.

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.

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.

	CURSOS	FECHAS	LUGAR	ORGANIZACIÓN
MEDIO AMBIENTE	* PLANIFICACIÓN INTEGRADA PARA EL DESARROLLO RURAL Y LA GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	4 Oct. 10/10 Jun. 11	Zaragoza	IAMZ/UdL
	ECONOMÍA AMBIENTAL Y DE LOS RECURSOS NATURALES	7-18 Feb. 11	Zaragoza	IAMZ
	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
COMERCIALIZACIÓN	MARKETING DE PRODUCTOS ECOLÓGICOS	18-22 Oct. 10	Zaragoza	IAMZ
	INCORPORACIÓN DE LA CALIDAD Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA EN LOS PLANES DE MARKETING	4-8 Abr. 11	Zaragoza	IAMZ
	ESTRATEGIAS DE MARKETING PARA LOS PRODUCTORES AGRARIOS LOCALES	13-17 Jun. 11	Zaragoza	IAMZ
	* MARKETING AGROALIMENTARIO	3 Oct. 11/8 Jun. 12	Zaragoza	IAMZ
PESCA Y ACUICULTURA	* ACUICULTURA	18 Oct. 10/31 Mayo 11	Las Palmas de Gran Canaria	ULPGC/ICCM/IAMZ
	GESTIÓN DE LA SEGURIDAD EN MOLUSCOS BIVALVOS	27 Sep./1 Oct. 10	Santiago de Compostela	IAMZ/Univ. Santiago de Compostela/FAO
	CULTIVO DE ALGAS MARINAS: TÉCNICAS, USOS Y PERSPECTIVAS DE DESARROLLO	22-26 Nov. 10	Zaragoza	IAMZ
	HERRAMIENTAS PARA EL SEGUIMIENTO Y VIGILANCIA EN LOS SISTEMAS DE CONTROL DE LA PESCA	14-18 Mar. 11	Zaragoza	IAMZ/FAO
	MONITORIZACIÓN DE LOS EFECTOS AMBIENTALES DE LA ACUICULTURA	23-27 Mayo 11	Murcia	IAMZ/CAA-CARM
	* GESTIÓN PESQUERA SOSTENIBLE	17 Oct. 11/15 Jun. 12	Alicante	UA/MARM/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	23-27 Ene. 12	Castellón	IAMZ/CSIC-IATS
SISTEMAS DE RECIRCULACIÓN Y SU APLICACIÓN EN ACUICULTURA	14-18 Mayo 12	Zaragoza	IAMZ	

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



ASOCIACION INTERPROFESIONAL
PARA EL DESARROLLO AGRARIO

itea

Información Técnica Económica Agraria

CONCESIÓN DEL PREMIO PRENSA AGRARIA 2010 DE AIDA

Presidente

Ricardo Revilla Delgado

Vocales

Jesús Val Falcón

Dunixi Gaviña Iturriaga

José González Bonillo

Blas Valero Garcés

Secretario

Juan A. Marín Velázquez

Reunido el Jurado del Premio 2010 de Prensa Agraria de AIDA formado por D. Ricardo Revilla Delgado, Presidente de AIDA, D. Dunixi Gaviña Iturriaga, en representación del Director del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza (IAMZ), D. Jesús Val Falcón, Director de la Estación Experimental de Aula Dei (CSIC), y D. Blas Valero Garcés, Director del Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC) y D. José González Bonillo, Director Gerente del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (CITA) que disculpan su asistencia, y actuando como secretario D. Juan A. Marín Velázquez, Director de ITEA, tal como establecen las bases de la convocatoria aprobadas en la Asamblea General de la Asociación celebrada en mayo de 1983, acordó premiar entre los artículos publicados en ITEA durante el año 2010 al siguiente:

Premio "Prensa Agraria": "Respuesta de la canola (*Brassica napus*) a diferentes sistemas de labranza de conservación en secano en la Meseta Purhépera, Michoacán, México" siendo sus autores M.A. Cepeda y B.L. Gómez.

Zaragoza 19 de Abril de 2011

EL PRESIDENTE DE AIDA
Ricardo Revilla Delgado

