

itea

información técnica económica agraria

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO

Volumen 110

Número 4

Diciembre 2014



www.aida-itea.org

2014 - AÑO XLIX Vol. 110 N.º 4 http://dx.doi.org/10.12706/itea	DIRECCIÓN Y REDACCIÓN Avda. Montañana, 930 50059 ZARAGOZA (ESPAÑA) Tel.: 34-976 716305 Fax.: 34-976 716335 E-mail: cmmarin@aragon.es	Depósito legal: Z-577-82 ISSN: 2386-3765 INO Reproducciones, S.A. Pol. Malpica, calle E, 32-39 (INBISA II, nave 35) 50016 Zaragoza
--	---	---

DIRECTOR:	Clara Mª Marín, CITA de Aragón. España
SUBDIRECTOR:	Pilar Andreu, EEAD Zaragoza. España
EDITORES CIENTÍFICOS:	Alicia Cirujeda, CITA de Aragón (Unidad de Sanidad Vegetal). España Azucena Gracia, CITA de Aragón. España Ramón Isla, CITA de Aragón. España Albina Sanz, CITA de Aragón. España
EDITOR TÉCNICO:	Mireia Blanco, CITA de Aragón. España
COMITÉ DE REDACCIÓN:	Alfonso Abecia, Universidad de Zaragoza. España Pere Albertí, CITA de Aragón. España Javier Álvarez, Universitat de Lleida. España Jorge Álvaro, EEAD Zaragoza. España Carlos Calvete, CITA de Aragón. España Fernando Escriu, CITA de Aragón. España Cristina Mallor, CITA de Aragón. España Juan A. Marín, EEAD Zaragoza. España Javier Rodrigo, CITA de Aragón. España
COMITÉ ASESOR:	Ricardo Aké, Universidad Autónoma de Yucatán, México • Joaquim Balcells, Universidad de Lleida, España • Carlos Cantero, Universidad de Lleida, España Mª Elena Daorden, INTA, Argentina • Mª José Díez, Universidad Politécnica de Valencia, España • Miguel Gómez, Cornell University EEUU • Margarita López, Centro de Investigación Agraria "Finca La Orden-Valdesequera", España • Ana Meikle, Universidad de la República, Uruguay • Mª Teresa Muiño, Universidad de Zaragoza, España • Julio Olivera, Universidad de la República, Uruguay • César Revoredó-Giha, SAC, Reino Unido • Ricardo Revilla, DGA, España • José Antonio Rubio, ITACYL, España Pierre Sans, École Nationale Vétérinaire de Toulouse, Francia • Guillermo Studdert, Universidad del Mar del Plata, Argentina • Alfredo Teixeira, Escola Superior Agrária de Bragança, Portugal • Luis Varona, Universidad de Zaragoza, España

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

Suscripciones y Distribución: ITEA publica anualmente cuatro volúmenes. El precio de la suscripción para 2014 es de 42 €. Se acepta el intercambio con otras revistas. E-mail: jmoreno@aragon.es



Foto y texto de portada: Ramón Isla

La imagen muestra un antiguo colmenar localizado en los Montes de Zuera (Zaragoza), llamado en la zona "El colmenar del Boticario", en el que todavía se observan algunas de las colmenas selladas en la parte superior. Dichos colmenares se ubicaban frecuentemente en zonas de monte, donde las abejas podían recolectar néctar de una amplia variedad de plantas silvestres tales como pino carrasco, coscoja, lentisco, enebros, romero, tomillo, aliaga, retama, ontina y otras especies. Asimismo, en algunas zonas del monte existían cultivos de almendros donde también podían las abejas recolectar su néctar y facilitar la polinización de este cultivo. Este sistema de explotación más tradicional fue sustituido hace ya más de 30 años por modernos sistemas de colmenas de madera donde se dispone de cuadros móviles que permiten una explotación mucho más racional. Sin embargo, el sector apícola se enfrenta a serios problemas debido tanto a la disminución del número de abejas de los colmenares, diversas enfermedades que disminuyen su vigor, efectos nocivos de los pesticidas, así como la competencia con mieles de otros países.

Sumario

Producción Vegetal

- Efecto de aguas salinas sobre el crecimiento, concentración y relaciones de iones en *Zinnia elegans* y *Tagetes erecta* para su uso en jardinería urbana.
The effect of water salinity on growth and ionic concentration and relation in plant tissues in Zinnia elegans and Tagetes erecta for use in urban landscaping.
A. Escalona, M.C. Salas-Sanjuán, C. Dos Santos y M. Guzmán 325
- Producción orgánica y capacidad antioxidante de frutos de pepino.
Organic production and antioxidant capacity of cucumber fruit.
H.A. Díaz-Méndez, P. Preciado-Rangel, V.P. Álvarez-Reyna, M. Fortis-Hernández, J.L. García-Hernández y E. Sánchez-Chávez 335

Producción Animal

- Evaluación de la sostenibilidad de explotaciones de vacuno de carne ecológicas y convencionales en sistemas agroforestales: estudio del caso de las dehesas.
A sustainability assessment of organic and conventional beef cattle farms in agroforestry systems: the case of the "dehesa" rangelands.
A.J. Escribano, P. Gaspar, F.J. Mesías, A.F. Pulido y M. Escribano 343
- Nota técnica
- Carne de vacuno normal vs. DFD: valoración por un panel de consumidores y comparación mediante pH y color.
Normal vs. DFD beef: evaluation by a consumer panel and comparison by pH and color.
R. Álvarez, M. Valera y M.J. Alcalde 368

Economía Agraria

- La creación de un centro de intercambio de derechos de agua en la Cuenca del Segre y la contribución de los flujos de retorno.
The introduction of a water rights trading scheme in the Segre Basin and the contribution of reused irrigation water.
M. Blanco y M. Viladrich-Grau 374
- Análisis técnico-económico de diferentes sistemas de plantación de olivo en zonas semiáridas del Valle del Ebro.
Technical and economic analysis of different olive production systems in semiarid regions of the Ebro Valley (Spain).
A. Arbonés, M. Pascual y J. Rufat 400

Efecto de aguas salinas sobre el crecimiento, concentración y relaciones de iones en *Zinnia elegans* y *Tagetes erecta* para su uso en jardinería urbana

A. Escalona¹, M.C. Salas-Sanjuán^{2,*}, C. Dos Santos³ y M. Guzmán²

¹ Departamento de Fitotecnia, Universidad Centro Occidental "Lisandro Alvarado", Venezuela, 3001

² Departamento de Agronomía, Universidad de Almería, Ctra. Sacramento s/n, La Cañada de San Urbano 04120 Almería España, 04120

³ Ministerio de Medio Ambiente, Agricultura, Desarrollo Rural y Pesca, Cabo Verde

Resumen

Zinnia y tagete presentan flores de colores vivos y uniformes, características ideales para su uso en paisajismo urbano, incluidas las aplicaciones de cobertura en jardines verticales y techos verdes. En estos sistemas, es necesario optimizar el uso de agua y la gestión del riego con el fin de asegurar la supervivencia de la cubierta vegetal. Con el objetivo de seleccionar plantas adecuadas para su uso en jardines verticales y cubierta ajardinadas, se evaluaron los efectos de la salinidad del agua de riego utilizando un sistema hidropónico con recirculación de la solución nutritiva. Para ello se caracterizó el contenido de iones en los tejidos de las plantas y su efecto en las características ornamentales. A las soluciones nutritivas empleadas le fueron agregadas 6, 30 y 50 mM de NaCl, para obtener conductividades eléctricas finales de 2,0, 4,5 y 6,5 dS m⁻¹, respectivamente. El aumento de la salinidad afectó el crecimiento de la planta, causando una reducción en la biomasa, altura y diámetros mayor y menor. Sin embargo, la salinidad no afectó la producción de flores en zinnia y no produjo síntomas de toxicidad en las hojas de tagete a pesar de la acumulación significativa de Na⁺ y Cl⁻ en estos tejidos. Estos resultados resaltan la tolerancia a la salinidad de tagete y zinnia, y su posible utilización en paisajes urbanos regados con aguas de mala calidad.

Palabras clave: Agua salina, paisaje, análisis de tejidos, características ornamentales, cultivo sin suelo.

Abstract

The effect of water salinity on growth and ionic concentration and relation in plant tissues in *Zinnia elegans* and *Tagetes erecta* for use in urban landscaping

Zinnia and tagete flowers present vivid and uniform colors, ideal characteristics for its use in urban landscapes, including applications in vertical gardens coverage and green roofs. In these systems, it is necessary to optimize the use of water and irrigation management in order to ensure the survival of vegetation cover. With the aim of selecting plants suitable for use in vertical gardens and green roofs, we evaluated the effects of irrigation water salinity using a recirculating hydroponic nutrient solution. The ion content in the tissues of plants and their effects on the ornamental characteristics were characterized. 6, 30 and 50 mM NaCl was added to nutrient solutions to obtain final electrical conductivities of 2.0, 4.5 and 6.5 dS m⁻¹, respectively. The increases in salinity affected plant growth, causing a decrease

* Autor para correspondencia: csalas@ual.es

<http://dx.doi.org/10.12706/itea.2014.020>

in biomass, height and major and minor diameters. However, salinity did not affect zinnia flower production and did not produce toxicity symptoms in tagete leaves despite the significant accumulation of Na^+ and Cl^- in these tissues. These results highlight the salinity tolerance of tagete and zinnia, and their possible use in urban landscape irrigated with poor quality water.

Key words: Salt water, landscape, tissue analysis, ornamental characteristics, soilless culture.

Introducción

Zinnia (*Zinnia elegans*) y tagete (*Tagetes erecta*) son plantas pertenecientes a la familia *Asteraceae*. Las flores de zinnia presentan colores vivos y uniformes, tallos robustos y larga vida (Dole y Wilkins, 1999), y al igual que las plantas de tagete se cultivan en todo el mundo con fines ornamentales (Barash, 1998), siendo ambas adecuadas para el uso en paisaje urbano que incluye la cobertura de la jardinería vertical y cubiertas ajardinadas.

Concretamente en los sistemas de jardinería vertical y cubiertas ajardinadas es fundamental la optimización del uso del agua y la gestión del riego para la instalación y poder garantizar la supervivencia de los mismos. La incorporación de mecanismos que permitan la recirculación de las aguas de drenaje y/o el uso de recursos hídricos alternativos para el riego favorecerían el uso eficiente del agua y la instalación de estos sistemas en las zonas áridas y semiáridas del Mediterráneo (Montero et al., 2010; Salas et al., 2010). Sin embargo, las aguas residuales (aguas grises, principalmente) y de recirculación contienen concentraciones apreciables de sales (Niu et al., 2007). En este caso, la selección apropiada de plantas tolerantes a la salinidad es crucial. La tolerancia a la salinidad es la capacidad de una planta para adaptarse a concentraciones elevadas de sales disueltas en la zona de la raíces sin efectos adversos significativos. Esta tolerancia es diferente entre las especies, siendo las halófitas capaces de completar su ciclo de vida en concentraciones 200 mM NaCl o mayores (Flowers y Colmer,

2008), mientras que las glicófitas son sensibles a una décima parte de estas concentraciones salinas. La influencia del estrés salino sobre el crecimiento de las plantas no es suficiente en el caso de las plantas ornamentales donde también debe ser considerado el efecto en el aspecto externo debido a su influencia en el valor estético (Francois, 1982). Desde el punto de vista ornamental, las plantas en condiciones salinas suelen tener menos hojas y son más pequeñas, menos altura, y en general, experimentan una reducción de la longitud de la raíz (Shannon y Grieve, 1999). Dependiendo de la composición de la solución salina, la toxicidad de determinados iones o deficiencias nutricionales pueden surgir debido a la competencia entre los cationes o aniones (Shannon y Grieve, 1999; Hu y Schmidhalter, 2005). En muchas glicófitas la tolerancia está relacionada con la capacidad de limitar la absorción y/o el transporte de Na^+ y Cl^- a las partes aéreas, así como a la retención de estos iones en la raíz y tallo (Picchioni y Graham, 2001). Investigaciones recientes indican que muchas especies cultivadas para flor cortada entre las que destacan variedades de *Mathiola incana*, *Anthirrhinum majus*, *Celosia argentea*, *Limonium perreii* y *Limonium sinuatum* y dos cultivares de *Zinnia elegans* presentan niveles elevados de tolerancia a la salinidad (Carter et al., 2005; Grieve et al., 2005, 2006; Carter y Grieve, 2008; Carter y Grieve, 2010). Sin embargo, la influencia del estrés salino sobre el valor estético de las plantas y su apariencia general debe ser el criterio último para su selección.

Los objetivos de este trabajo son evaluar los efectos de la salinidad sobre el crecimiento,

la calidad ornamental y la acumulación de iones en plantas de zinnia y tagete, para determinar su posible uso en la jardinería urbana y sus aplicaciones en fachadas y cubiertas ajardinadas.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el año 2010 en el Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA) en Almería (España). Zinnia y tagete fueron elegidas por su tolerancia a condiciones de estrés hídrico, su valor estético para el uso en paisajismo urbano y su pequeño porte que las hace idóneas para su uso en cubiertas vegetales en los edificios. Las plantas se transfirieron a un sistema hidropónico denominado NGS (NGS, 1991) que trabaja como NFT (Técnica de capa de nutrientes), donde se recircula una corriente muy superficial de la solución nutritiva en un canal estanco donde crecen las raíces de las plantas. Entre cuatro y cinco plantas se plantaron en cada canal con una densidad de 18,3 plantas m⁻². Los tratamientos salinos comenzaron dos semanas después de la siembra inicial. Las plantas se sometieron durante 60 días a una solución nutritiva (54, 165, 67, 476, 63 y 325 ppm de K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, NO₃⁻, PO₄³⁻ y SO₄²⁻, respectivamente) complementada con tres niveles de NaCl: 6 mM (138 mg L⁻¹) (T1), 30 mM (690 mg L⁻¹) (T2) y 50 mM (1150 mg L⁻¹) (T3), con cuatro repeticiones y un diseño al azar. La conductividad eléctrica (CE) de estas soluciones nutritivas fue de 2,0, 4,5 y 6,5 dS m⁻¹ para las tres concentraciones de NaCl, respectivamente. El pH de la solución se comprobaba y ajustaba diariamente en un rango de 5,5- 6,5. La solución nutritiva se añadía en función del consumo hasta completar el volumen del depósito, cambiándose completamente cuando la CE aumentaba más de 1 dS m⁻¹ sobre el valor de partida. Con el fin de conocer el efecto sobre las caracte-

rísticas ornamentales, se midieron la altura y diámetro de las plantas, el número de flores y la materia seca (MS) de los diferentes órganos. Las plantas se dividieron en parte aérea (hojas+tallo), flor y raíces y se secaron en estufa a 70 °C hasta que alcanzaron un peso constante (Cassaniti, et al., 2009). Las muestras de raíz, flor y hoja se analizaron para medir la concentración (mmol Kg⁻¹ MS) de Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻ y SO₄²⁻. Las muestras de tejidos se trituraron en un molino, y tres sub-muestras de 15 mg se analizaron después de su extracción en 7,5 mL de agua destilada a 80 °C durante 2 h según lo propuesto por Cassaniti et al., (2009). Las concentraciones de los iones fueron determinadas por cromatografía iónica. Los datos se sometieron a análisis de varianza (ANOVA) utilizando el software Statgraphics Centurion (vXV), y las diferencias de medias de cada tratamiento se compararon por LSD (diferencia mínima significativa) a $P \leq 0,05$. Las pendientes de las regresiones lineales entre la concentración de Na⁺ y Cl⁻ en el agua de riego y sus cantidades relativas en los tejidos de la planta se calcularon para verificar si las pendientes de las rectas de regresión eran estadísticamente diferentes a $P \leq 0,05$.

Resultados y discusión

Los niveles crecientes de NaCl tuvieron efectos significativos (LSD 95%) sobre algunos parámetros morfológicos en las plantas de zinnia y tagete. En estas plantas se midieron los diámetros mayor y menor ocupados para cuantificar el efecto de la salinidad sobre el tamaño de la planta, y de esta manera conocer el espacio potencial ocupado en la superficie ajardinada. Según los resultados, solo en tagete se observa una reducción significativa de los diámetros cuando la concentración de NaCl en la solución de riego es mayor (50 mM). Una reducción en el diámetro

indica que las plantas ocupan menos espacio, lo que significa que deben ser plantadas a mayores densidades. Las flores de ambas especies no mostraron ningún signo de toxicidad iónica específica (necrosis). El aumento de la salinidad de la solución nutritiva redujo el número de flores, pero no de forma significativa dentro del intervalo de salinidad evaluado en el caso de zinnia. Sin embargo, en tagete se presentaron diferencias significativas en el número de flores entre el tratamiento 6 mM y el resto de tratamientos (Tabla 1). En consecuencia, la concentración de NaCl de hasta 50 mM en la solución de nutrientes no tuvo efectos graves sobre la floración de zinnia, pero las puntas de las hojas a esta concentración presentaron indicio de toxicidad (necrosis). Como se mencionó anteriormente, no hay distorsiones en la punta o síntomas de quemaduras en el borde de las hojas en plantas de tagete en el tratamiento de mayor sa-

linidad. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que las soluciones salinas utilizadas en este estudio contenían concentraciones de calcio considerables, que según los resultados de Shillo et al. (2002) protege contra la toxicidad de sodio en la membranas de la planta.

La materia seca (MS) de hojas, flores y raíces se vio afectada por las concentraciones más elevadas de NaCl, excepto en flores y raíz de zinnia en la cual no se observaron diferencias significativas (Tabla 1). Resultados que coinciden con los de Rodríguez et al. (2005) en *Asteriscus maritimus* sujeto a 0, 70 y 140 mM NaCl, Casaniti et al. (2009) en arbustos ornamentales sujetos a 10, 40, y 70 mM NaCl, y Valdez-Aguilar et al. (2011) en especies leñosas crecidas en dos estaciones consecutivas primavera-verano y otoño-invierno. Esta reducción del crecimiento está descrita como el efecto principal de la salinidad sobre glicófitas (Munns y Tester, 2008), y coincide con los resultados de Valdez-

Tabla 1. Efecto de la concentración de NaCl (mM) de la solución nutritiva en la altura (cm), diámetro mayor y menor (cm), número de flores (pl.⁻¹), y materia seca (g pl.⁻¹) de hojas, flores y raíz de zinnia y tagete
Table 1. Effect of NaCl concentration (mM) of the nutrient solution in height (cm), major and minor diameter (cm), number of flowers pl.⁻¹ dry matter (pl. g⁻¹) leaves, flowers and roots of zinnia and tagete

Especie		Altura (cm)	Diámetro (cm)		Nº de flores (pl. ⁻¹)	Materia seca (g pl. ⁻¹)			
			Mayor	Menor		Hojas	Flores	Raíz	Relación Raíz/PA *100
Zinnia	T1	85,13a	37,25a	25,20a	10,87a	53,10a	13,52a	4,82a	9,02b
	T2	79,00ab	32,00a	21,75a	8,50a	40,37b	10,62a	4,64a	11,76b
	T3	76,75b	30,50a	21,37a	7,75a	28,50c	8,32a	4,69a	15,53a
Tagete	T1	16,37a	17,25a	14,43a	4,37a	5,76a	2,78a	1,64a	37,94b
	T2	13,15b	18,50a	12,21a	2,83b	3,91b	1,75b	1,30b	44,08a
	T3	10,65b	12,68b	9,44b	2,45b	2,41c	0,73c	0,99c	45,34a

T1 = 6 mM NaCl, T2 = 30 mM NaCl, T3 = 50 mM NaCl.

Para una especie, en de cada columna letras distintas indican diferencias significativas a $P \leq 0,05$.

Aguilar et al. (2009) en los que tagete mostró una disminución lineal en altura de la planta y materia seca de hoja y raíz cuando las plantas se regaron con aguas de salinidad creciente. En nuestro estudio el crecimiento se redujo con el incremento de CE, produciéndose en la parte aérea más que en las raíces (Tabla 1 R/PA) probablemente en respuesta a la expansión celular limitada resultante del stress osmótico (Munns y Tester, 2008).

El aumento del estrés salino causó en general aumentos significativos ($P \leq 0,05$) de las concentraciones de Na^+ y Cl^- en la parte aérea, flores y raíces de ambas especies (Figura 1), siendo máximas a 50 mM ($6,5 \text{ dS m}^{-1}$). Estos resultados coinciden con los de Carter y Grieve (2010) en dos cultivares de zinnia. En ambas especies las concentraciones de Cl^- fueron considerablemente mayores en las partes aéreas que en las flores y raíces, mientras que las concentraciones de Na^+ fueron mayores en la raíz que en la parte aérea y flor (Figura 1 y 2). Una respuesta similar se registró para Phlomis (Álvarez et al., 2012) y Bougainvillea (Cassaniti et al., 2009).

Según los resultados, en zinnia y tagete, el Cl^- se transloca al follaje, pero no produce necrosis de las hojas, lo que podría estar relacionado con una compartimentación eficiente de los mismos en estas especies (Sánchez-Blanco et al., 2004). El Na^+ se acumula principalmente en la parte radical aunque en tagete los valores son diez veces superiores que en zinnia. La tendencia de las plantas estudiadas fue acumular Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- y PO_4^{3-} en la parte aérea, mientras Na^+ y SO_4^{2-} se acumularon en las raíces (Figura 1 y 2).

La tendencia de zinnia y tagete a acumular algunos aniones y cationes preferentemente en las raíces u hojas se estudió mediante el cálculo de la pendiente de la regresión lineal entre el aumento de la concentración de Na^+ y Cl^- en el agua de riego y su concentración relativa en los tejidos de las plantas (Ta-

bla 2). En tagete, el incremento de la concentración de Na^+ en la solución nutritiva disminuyó significativamente la concentración de K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} en la raíz, y el incremento de Cl^- en la solución disminuyó significativamente la concentración de NO_3^- en la parte aérea. La acumulación de Na^+ en el sistema de raíces en tagete ($97,9 \text{ } P \leq 0,05$) demostró ser casi dos veces mayor que el observado en *Escallonia rubra* (5,9) sometidas a estrés similar con NaCl (Cassaniti et al., 2009). Pendientes estadísticamente significativas para la acumulación de Cl^- y Na^+ se encontraron en la parte aérea y radical, con un aumento de NaCl en solución nutritiva. La acumulación de Cl^- y Na^+ en los tejidos de las plantas, sin que muestren síntomas visuales, las hace aptas para el riego con agua con alta concentración salina de hasta 50 mM NaCl, o/y su posible recirculación, permitiendo la eliminación de parte del Cl^- y Na^+ de la solución por absorción reduciendo la salinidad total.

El equilibrio entre la acumulación de aniones y cationes se expresa mediante las relaciones $\text{NO}_3^-:\text{Cl}^-$, $\text{K}^+:\text{Na}^+$ y $\text{Ca}^{2+}:\text{Na}^+$ en diferentes tejidos (Tablas 3 y 4). Las reducciones significativas de estas relaciones con los aumentos en la concentración de NaCl en la solución nutritiva se observaron en la parte aérea de las dos especies. Sodio y cloruro pueden interferir la absorción de otros nutrientes tales como K^+ y NO_3^- , respectivamente. Las plantas estudiadas tienen tendencia a acumular Cl^- en la parte aérea, lo que disminuye significativamente la relación de los contenidos $\text{NO}_3^-:\text{Cl}^-$ tanto en la parte aérea como radical (Tablas 3 y 4), que en tagete se suma a una disminución significativa de la concentración en la parte aérea de NO_3^- (Figura 2) porque afecta a su absorción.

El Na^+ en las plantas ensayadas tiende a acumularse principalmente en la raíz disminuyendo significativamente a la relación de los contenidos $\text{K}^+:\text{Na}^+$ y $\text{Ca}^{2+}:\text{Na}^+$ en los tejidos de la parte aérea en las dos especies, sin em-

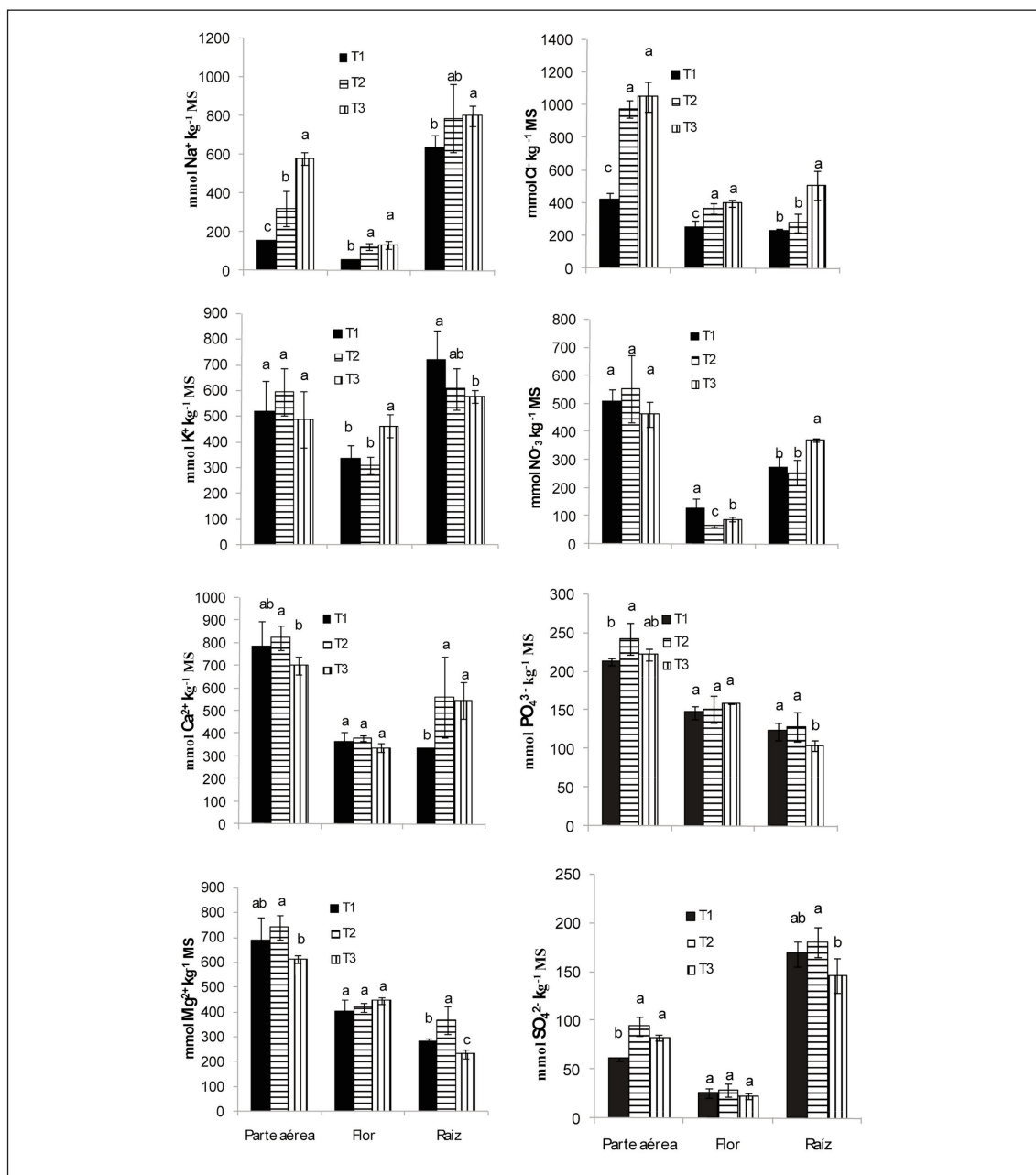


Figura 1. Concentración de iones (mmol kg⁻¹ MS) en parte aérea, flores y raíces de zinnia en relación a la concentración de NaCl en la solución nutritiva. T1 = 6 mM NaCl, T2 = 30 mM NaCl, T3 = 50 mM NaCl. Dentro de cada parte de la planta e ión, letras diferentes indican diferencias a $P \leq 0,05$.

La barra vertical dentro de las columnas indica la desviación estándar.

Figure 1. Ion concentration (mmol kg⁻¹ DM) in aerial parts, flowers and roots of zinnia in relation to the concentration of NaCl in the nutrient solution.

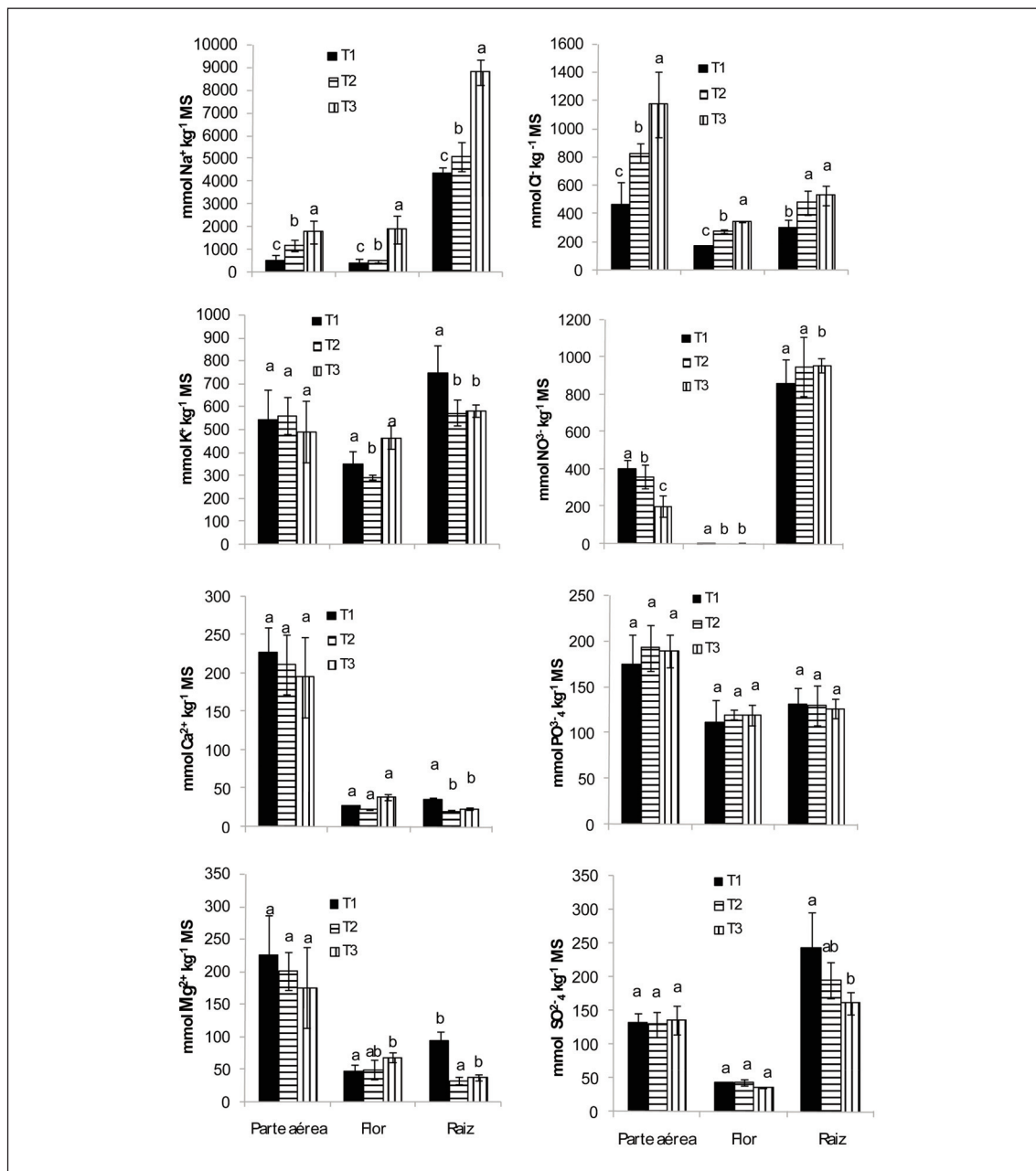


Figura 2. Concentración de iones (mmol kg⁻¹ MS) en parte aérea, flores y raíces de tagete en relación a la concentración de NaCl en la solución nutritiva. T1 = 6 mM NaCl, T2 = 30 mM NaCl, T3 = 50 mM NaCl. Dentro de cada parte de la planta e ión, letras diferentes indican diferencias a $P \leq 0,05$.

La barra vertical dentro de las columnas indica la desviación estándar.

Figure 2. Ion concentration (mmol kg⁻¹ DM) in aerial parts, flowers and roots of tagete in relation to the concentration of NaCl in the nutrient solution.

Tabla 2. Pendientes de la regresión lineal entre la concentración de NaCl en el agua de riego y la concentración de iones en los tejidos ($\text{mmol kg}^{-1}\text{MS}$) de zinnia y tagete

Table 2. Slopes of the linear regression of the concentration of NaCl in the irrigation water and the ion concentration in tissues ($\text{mmol kg}^{-1}\text{MS}$) of tagete and zinnia

		Cl^-	NO_3^-	PO_4^{3-}	SO_4^{2-}	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
Zinnia	Parte aérea	14,6*	-0,9 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,5*	9,6*	7,2*	-1,7 ^{ns}	-1,6 ^{ns}
	Flores	3,5*	-0,8 ^{ns}	0,2 ^{ns}	-0,1 ^{ns}	1,8*	1,4 ^{ns}	-0,5 ^{ns}	0,9*
	Raíz	6,3*	0,2*	-0,4 ^{ns}	-0,4 ^{ns}	3,8*	5,1 ^{ns}	5,0*	-0,9 ^{ns}
Tagete	Parte aérea	16,0*	-4,4*	0,1 ^{ns}	0,1 ^{ns}	28,4*	-0,99 ^{ns}	-0,7 ^{ns}	-1,1 ^{ns}
	Flores	3,9*	-0,1 ^{ns}	0,3 ^{ns}	-0,1 ^{ns}	32,4*	2,46 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,4 ^{ns}
	Raíz	5,1*	2,2 ^{ns}	-0,1 ^{ns}	-1,8*	97,9*	-3,81*	-0,2*	-1,3*

T1 = 6 mM NaCl, T2 = 30 mM NaCl, T3 = 50 mM NaCl.

Dentro de cada especie y parte de la planta, el asterisco (*) indica diferencias significativas entre las pendientes para $P \leq 0,05$, ns indica que las pendientes no son estadísticamente diferentes.

Tabla 3. Relaciones de los contenidos de iones en brotes, flores y raíz de zinnia, dependiendo del incremento de la solución nutritiva por adición de NaCl

Table 3. Relations ion content in buds, flowers and roots of zinnia, depending on the increase in the nutritive solution by adding NaCl

	Parte aérea			Flores			Raíz		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
$\text{NO}_3^-:\text{Cl}^-$	2,11a	0,99b	0,76c	0,89a	0,31b	0,39b	2,10a	1,60b	1,27c
$\text{K}^+:\text{Na}^+$	20,39a	10,41b	6,29c	26,96a	14,59b	11,51b	1,57a	2,07a	1,69a
$\text{Ca}^{2+}:\text{Na}^+$	8,97a	4,45b	2,11c	11,84a	5,38b	4,42c	0,90b	1,24a	1,18a
$\text{Mg}^{2+}:\text{Na}^+$	4,73a	2,39b	1,10c	7,86a	3,55b	3,49b	0,46a	0,48 ^{ab}	0,30b

T1 = 6 mM NaCl, T2 = 30 mM NaCl, T3 = 50 mM NaCl.

Para cada parámetro y parte de la planta estudiada, letras diferentes indican diferencias a $P \leq 0,05$.

bargo en la raíz disminuyen significativamente solo en tagete. La absorción de K^+ se vio afectada para los niveles más altos de Na^+ en la solución, afectando al contenido en la parte radical de ambas especies (Figura 1 y 2). Diferencias en las relaciones de iones en la parte aérea están relacionadas con la to-

lerancia a la salinidad, según Grieve et al., (2005) en dos especies de *Limonium* disminuyeron las relaciones $\text{Ca}:\text{Na}$ y $\text{K}:\text{Na}$ con la salinidad, sin embargo, *L. sinuatum* presentó una mejor selectividad $\text{K}:\text{Na}$ la cual pudo estar relacionada con su mayor tolerancia. Además, la disminución de K^+ y la baja rela-

Tabla 4. Relaciones de los contenidos de iones en la parte aérea, flores y raíz de tagete, dependiendo del incremento de la solución nutritiva por adición de NaCl
 Table 4. Relations between ion content in the aerial part and root tagete flowers depending on the increase in the nutritive solution by adding NaCl

	Parte aérea			Flores			Raíz		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
$\text{NO}_3^-:\text{Cl}^-$	1,53a	0,77b	0,31b	0,01a	0,00a	0,00a	5,04a	3,54b	3,22b
$\text{K}^+:\text{Na}^+$	1,87a	0,82b	0,48b	1,51a	1,03ab	0,42b	0,28a	0,19b	0,11c
$\text{Ca}^{2+}:\text{Na}^+$	0,81a	0,31b	0,19b	0,12a	0,08ab	0,03b	0,01a	0,00b	0,00c
$\text{Mg}^{2+}:\text{Na}^+$	0,50a	0,18b	0,10b	0,12a	0,10ab	0,03b	0,02a	0,00b	0,00b

T1 = 6 mM NaCl, T2 = 30 mM NaCl, T3 = 50 mM NaCl.

Para cada parámetro y parte de la planta estudiada, letras diferentes indican diferencias a $P \leq 0,05$.

ción $\text{K}^+:\text{Na}^+$ puede proporcionar un mecanismo por el que la planta logra el equilibrio iónico después de altas absorciones de Na^+ (Chartzoulakis et al., 2002).

Conclusiones

En general, el aumento de concentraciones de NaCl en la solución nutritiva afectó al crecimiento de las plantas evaluadas, pero no a su valor estético y rasgos ornamentales en tagete hasta 50mM y en zinnia hasta 30 mM. Las plantas acumularon Cl^- y Na^+ en sus tejidos, pero sin síntomas foliares de toxicidad en tagete ni reducciones significativas en la producción de flores en zinnia. La acumulación de Cl^- y Na^+ en los tejidos de las plantas, sin que muestren síntomas visuales, las hace aptas para el riego con agua con alta concentración salina de hasta 50 mM NaCl, o/y su posible recirculación, permitiendo la eliminación de parte del Cl^- y Na^+ de la solución por absorción en los tejidos reduciendo la salinidad total en la solución de riego.

Agradecimientos

A la Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" (UCLA)-Venezuela y a la Consejería de Economía, Innovación, Ciencia y Empleo de la Junta de Andalucía en la convocatoria 2010 mediante el Proyecto de Excelencia denominado "Monitorización y evaluación de sistemas hídricamente sostenibles en instalaciones de cubiertas ecológicas en arquitectura bioclimática en zonas áridas". Referencia RNM-6536. 2011-2014.

Bibliografía

- Álvarez S, Gomez-Bellot J, Castillo M, Bañón S, Sanchez-Blanco M (2012). Osmotic and saline effects on growth, water relations and ion uptake and translocation in *Phlomis purpurea* plants. Environmental and Experimental Botany 78: 138-145.
- Barash CW (1998). The flavors of flowers. Herb Companion 10: 32-37.

- Carter C, Grieve CM (2008). Mineral nutrition, growth, and germination of *Antirrhinum majus* (Snapdragon) when produced under increasingly saline conditions. *HortScience* 43: 710-718.
- Carter C, Grieve CM (2010). Growth *Zinnia elegans* under saline conditions. *HortScience* 45 (7): 1058-1063.
- Carter C, Grieve CM, Poss J, Suarez D (2005). Production and ion uptake of *Celosia argentea* irrigated with saline wastewaters. *Scientia Horticulturae* 106: 381-394.
- Cassaniti C, Leonardi C, Flowers T (2009). The effects of sodium chloride on ornamental shrubs. *Scientia Horticulturae* 122: 586- 593.
- Chartzoulakis K, Loupassaki M, Bertaki M, Androulakis I (2002). Effects of NaCl salinity on growth, ion content and CO₂ assimilation rate of six olive cultivars. *Scientia Horticulturae* 96: 235-247.
- Dole J, Wilkins, H (1999). Floriculture. Principles and species. 2nd Edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, N. J. 1040 pp.
- Flowers T, Colmer T (2008). Salinity tolerance in halophytes. *New Phytology* 179: 945-963.
- Francois L (1982). Salt tolerance of eight ornamental tree species. *Journal of the American Society for Horticulture Science* 107: 66-68.
- Grieve C, Poss J, Armrhein C (2006). Response of *Matthiola incana* to irrigation with saline wastewaters. *HortScience* 41: 119-123.
- Grieve C, Poss J, Draper J, Grattan S, Shouse P, Lieth J, Zeng L (2005). Productivity and mineral nutrition of *Limonium* species irrigated with saline wastewaters. *HortScience* 40: 654-658.
- Hu Y, Schmidhalter U (2005). Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 168: 541-549.
- Montero JL, Salas MC, Mellado P (2010). Hydroponic pergola as an example of living furniture in urban landscape. *Acta Horticulturae* 881(1): 355-358.
- Munns R, Tester M (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Physiology* 59: 651-681.
- NGS. 1991. New growing system S.L. España. Patente 2221636/7.
- Niu G, Rodríguez D, Aguiniga L, Mackay W (2007). Salinity tolerance of *Lupinus havardii* and *Lupinus texensis*. *HortScience* 42: 526-528.
- Picchioni G, Graham C (2001). Salinity, growth, and ion uptake selectivity of container-grown *Craetagus opaca*. *Scientia Horticulturae* 90: 151-166.
- Rodríguez P, Torrecillas A, Morales M, Ortuño M, Sánchez-Blanco M (2005). Effects of NaCl salinity and water stress on growth and leaf water relations of *Asteriscus maritimus* plants. *Environmental and Experimental Botany* 53: 113-123.
- Salas MC, Montero JL, Moral JA (2010). Hydroponic system for growing ground cover plants on vertical surface. *Acta Horticulturae* 881 (1): 421-424.
- Sánchez-Blanco M, Fernández T, Navarro A, Bañón S, Alarcón J (2004). Effects of irrigation and air humidity preconditioning on water relations, growth and survival of *Rosmarinus officinalis* plants during and after transplanting. *Journal of Plant Physiology* 161: 1133-1142.
- Shannon M, Grieve C (1999). Tolerance of vegetable crops to salinity. *Scientia Horticulturae* 78: 5-38.
- Shillo R, Ding M, Pasternak D, Zaccari M (2002). Cultivation of cut flowers bulb species with saline water. *Scientia Horticulturae* 92: 41-54.
- Valdez-Aguilar L, Grieve C, Poss J (2009). Salinity and alkaline pH in irrigation water affect marigold plants: I. Growth and shoot dry weight partitioning. *HortScience* 44 (6): 1719-1725.
- Valdez-Aguilar L, Grieve C, Razak-Mahar A, McGiffen M, Merhaut J (2011). Growth and ion distribution is affected by irrigation with saline water in selected landscape species grown in two consecutive growing seasons: spring-summer and fall-winter. *HortScience* 46 (4): 632-642.

(Aceptado para publicación el 21 de mayo de 2014)

Producción orgánica y capacidad antioxidante de frutos de pepino

H.A. Díaz-Méndez¹, P. Preciado-Rangel^{2,*}, V.P. Álvarez-Reyna¹,
M. Fortis-Hernández², J.L. García-Hernández³ y E. Sánchez-Chávez⁴

¹ Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna. Periférico y Carretera a Santa Fe S/N, Torreón, México

² División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Torreón. Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, Torreón, México

³ Universidad Juárez del Estado de Durango-Facultad de Agricultura y Zootecnia. Gómez Palacio, México

⁴ Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Unidad Delicias. Ave. 4ª Sur, 3820. Vencedores del Desierto Delicias, México

Resumen

Existe una creciente inquietud de la opinión pública sobre los efectos negativos de las actividades agrícolas en el medio ambiente. Esto, ha provocado que se busque gestionar la producción de cultivos de una manera más sustentable, especialmente en el manejo de la fertilización. El vermicompost es un abono orgánico que ha adquirido gran importancia como fuente de nutrimentos y como componente del medio de desarrollo de los cultivos hortícolas. El objetivo del presente estudio fue encontrar la proporción de una mezcla de vermicompost:arena (VC:A) que pueda incrementar el rendimiento y la capacidad antioxidante de frutos de pepino (*Cucumis sativus* L.) producidos en invernadero. Para ello se evaluaron las siguientes relaciones VC:A (v:v): 25:75, 30:70, 35:65, 40:60 y 45:55. En promedio, menores proporciones de vermicompost (25 y 30%) presentaron un rendimiento mayor (1883 g pl⁻¹) que con el uso de mayores relaciones (738 g pl⁻¹), obteniéndose además frutos con mayor capacidad antioxidante (aumento del 43%). El uso del vermicompost demostró su potencial como alternativa en la producción orgánica de pepino en invernadero. Obtener pepinos orgánicos libres de agroquímicos y de alta capacidad antioxidante proporciona una mayor capacidad de comercialización competitiva para el productor, al tiempo que se disminuye el uso de insumos inorgánicos con lo que se contribuye a la preservación del medio ambiente.

Palabras clave: Sustratos, rendimiento, actividad antioxidante, *Cucumis sativus* L.

Abstract

Organic production and antioxidant capacity of cucumber fruit

There is an increasing public interest about the harmful effects of agricultural practices on the environment. This fact has promoted the sustainable crop production, especially regarding fertilization. Vermicompost is an organic fertilizer that has gained importance as a nutritional source as well as a component of horticultural crop substrate. The aim of the current study was to establish a rate for a Vermicompost: Sand (VC:S) mixture that increases yield and antioxidant capacity in cucumber fruits (*Cucumis sativus* L.)

* Autor para correspondencia: ppreciador@yahoo.com.mx

<http://dx.doi.org/10.12706/itea.2014.021>

produced under greenhouse conditions. These VC:S rate treatments were evaluated: 25:75, 30:70, 35:65, 40:60 and 45:55. On average, lower vermicompost percentage (25-30%) showed higher yield (1883 g pl^{-1}) than using higher ratios (738 g pl^{-1}), with the additional advantage of presenting fruits with higher antioxidant capacity (increases of 43%). The use of vermicompost has proven its potential as an alternative nutritional source for organic production of cucumber under greenhouse conditions. Besides, there are benefits of producing organic cucumbers with high antioxidant capacity, since that provides a higher competitive marketing advantage for producers, while the application of chemical compounds is reduced, contributing to protect the environment.

Key words: Substrates, yield, antioxidant activity, *Cucumis sativus* L.

Introducción

La producción de cultivos hortícolas en condiciones protegidas utilizando como medio de crecimiento y desarrollo suelos mejorados o sustratos hidropónicos ha permitido incrementos en rendimientos y calidad de frutos (Ortiz et al., 2009). En México, la producción de hortalizas bajo invernadero se ha incrementado significativamente durante los últimos años. El pepino (*Cucumis sativus* L.) es una de las hortalizas con gran potencial económico, ocupando el 10% de la superficie total de los invernaderos (González, 2009). Sin embargo, este sistema de producción implica el uso de altas dosis de fertilizantes químicos para la elaboración de soluciones nutritivas. Con ello se incrementan los costos de producción y se impacta negativamente el medio ambiente y la salud humana (Gallardo et al., 2009).

Por otro lado, los consumidores de alimentos hortícolas ya no solo se interesan en la apariencia de estos. Ahora se interesan en su origen, cómo fueron cultivados, si son seguros para comerse, si están libres de agroquímicos y de su contenido nutricional (Wang, 2006; Márquez et al., 2006). También si tienen efectos positivos para promover y/o restaurar las funciones fisiológicas del organismo humano y/o reducir el riesgo de contraer enfermedades crónicas y/o degenerativas (Llacuna y Mach, 2012). Por lo tanto, ponen una mayor aten-

ción a las prácticas agrícolas utilizadas en su producción. En este sentido la producción orgánica es una alternativa sustentable para la creciente demanda de productos de alta calidad por estar libres del uso de agroquímicos.

La normatividad orgánica no permite el uso de fertilizantes químicos (FAO, 2001). Por ello cada vez es más importante encontrar formulaciones de abonos orgánicos que suplan a los fertilizantes sintéticos. Entre los abonos de tipo orgánico, el vermicompost ha adquirido cada vez mayor importancia como mejorador de suelos, fuente de nutrimentos para el suelo y las plantas en los sistemas de agricultura orgánica (González et al., 2010). Así como en aquellos sistemas agrícolas que pretenden ser más sustentables, ya que ha demostrado mejorar la fertilidad del suelo, estimular crecimiento en la planta, incrementar el rendimiento, la calidad de frutos y disminuye los costos de la fertilización (Mahmoud et al., 2009). Además, el vermicompost se utiliza como sustrato o componente de los mismos en cultivos hortícolas en invernadero (Tringovska y Dintcheva, 2012), debido a su bajo costo y a que puede suprimir algunas enfermedades presentes en el suelo (Domínguez et al., 2010). Bajo esta perspectiva, el objetivo del presente trabajo fue evaluar diferentes relaciones de vermicompost y arena sobre el rendimiento y capacidad antioxidante del fruto de pepino producido en invernadero.

Materiales y métodos

Manejo del cultivo y diseño experimental

El experimento se llevó a cabo en ciclo primavera/verano 2012 en invernadero del Instituto Tecnológico de Torreón. Este instituto se localiza entre las coordenadas 25° 36'36.54" LN y 103° 22' 32.28" LW y 1123 msnm. Los sustratos evaluados consistieron en mezclas de vermicompost (VC) con arena (A) a diferentes porcentajes: 25:75, 30:70, 35:65, 40:60 y 45:55 (VC:A % en volumen). Los riegos fueron proporcionados de manera diferencial debido a que a mayor cantidad de VC se tiene mayor capacidad de retención de hume-

dad. Las características químicas del vermicompost se presentan en la Tabla 1. Las mezclas de VC:A fueron colocadas en bolsas negras de polietileno de 20 kg de capacidad. Posteriormente, plántulas de pepino con dos hojas verdaderas y una altura promedio de 10 cm fueron trasplantadas en cada maceta y colocadas en hilera sencilla a una distancia de 40 cm entre plantas y 1.4 m entre hileras. La planta de pepino se condujo a un tallo, el cual fue sostenido con hilo rafia de polipropileno sujeto a un alambre transversal. Los brotes laterales se eliminaron conforme aparecían. Los requerimientos de agua fueron cubiertos por medio del riego, el cual fue realizado de manera manual con tres riegos por día.

Tabla 1. Características químicas del vermicompost[†] (peso seco), evaluados como medio de crecimiento en el cultivo de pepino
Table 1. Chemical characteristics of vermicompost[†] (dry weight), evaluated as a growth medium in the cultivation of cucumber

	pH ^{††}	C.E	M.O	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
		dS m-1	%	mg kg ⁻¹								
VC	8.20	6.18	8.5	32.1	54.67	461.0	39.85	1.60	1.28	4.36	0.92	1.37

[†] Estos valores están sujetos a variación en función del tipo de residuo orgánico.
^{††} Método de análisis de acuerdo a NOM-021-RECNAT-2000.

Muestreo y análisis vegetal

Los frutos de diez plantas de cada tratamiento fueron cosechados, contabilizándose el peso, longitud y diámetro de los frutos. Posteriormente, de cada tratamiento se seleccionaron al azar cuatro frutos para el análisis de la capacidad antioxidante mediante el método estándar Trolox en forma *in vitro* (Esparza et al., 2006). Se preparó una solución de DPPH⁺ (Aldrich, St. Louis, Missouri, EU) en metanol, ajustando la absorbancia de la solución a 1,100 ± 0,010 a una longitud de onda de 515 nm. Para la determinación de ca-

pacidad antioxidante se mezclaron 50 µl de muestra y 950 µl de solución DPPH⁺, y después de 3 min de reacción se leyó la absorbancia de la mezcla a 515 nm. Se preparó una curva estándar con Trolox (Aldrich, St. Louis, Missouri, EU), y los resultados se reportaron como capacidad antioxidante equivalente en µM equivalente en Trolox por g base fresca (µM equiv Trolox·gm⁻¹ BF). Durante la floración, en seis hojas sanas y completamente desarrolladas de cinco unidades experimentales se cuantificó el contenido de clorofila; tanto tipo a como tipo b (Wellburn, 1994); así como la

concentración de N-NO_3^- en el extracto celular de pecíolos, tomando los pecíolos de cinco plantas por repetición de cada tratamiento. Este análisis se efectuó *in situ* mediante ionómetros específicos portátiles Cardy-Horiba®.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos fueron analizados mediante el programa estadístico SAS (1999) y comparación de medias (Tukey $P \leq 0.05$).

Resultados y discusión

Efecto sobre crecimiento y rendimiento de la planta

Los resultados indican que las diferentes relaciones de VC:A utilizadas en el experimento provocaron que las plantas de pepino mostraran diferencias significativas en el crecimiento ($P \leq 0.05$). El mayor vigor de las plantas: representado por la altura de la planta, área foliar, materia seca, el rendimiento y sus componentes, fue logrado en la relación de 25:75, seguido por 30:70 de VC:A (Tabla 2).

Las plantas desarrolladas con mayor proporción de vermicompost produjeron la menor cantidad de biomasa, peso de frutos y rendimientos de frutos por planta. Estos resultados son similares a los obtenidos por Moreno et al. (2005) y Márquez et al. (2008), quienes señalan que la adición de proporciones pequeñas de vermicompost en el medio de crecimiento estimula el desarrollo de las plantas. Los autores atribuyen dicho efecto al mejoramiento de las condiciones de crecimiento ya que las mezclas de materiales orgánicos e inorgánicos usados como medios de cultivo sin suelo para hortalizas superan en rendimiento a las plantas cultivadas en material solo o puro (Márquez et al., 2008). Lo anterior es explicado por el mejoramiento de las propiedades físico-químicas del suelo o sustrato (Hernández et al., 2008), la liberación gradual de nutrientes (Atiyeh et al., 2002), así como a la presencia de hormonas naturales como bioestimuladores y reguladores de crecimiento y ácidos húmicos, generados por microorganismos capaces de producir auxinas, citoquininas y giberelinas (Azarmi et al., 2008; Mahmoud et al., 2009). En cambio proporciones mayores de vermicompost, incrementan la salinidad del medio radical, con lo que se dis-

Tabla 2. Valores medios de la altura de planta (ALT), área foliar (AF), materia seca (MS) y el rendimiento (REND) del cultivo de pepino en diferentes mezclas de VC:A, en invernadero
Table 2. Mean values of plant height (ALT), leaf area (AF), dry matter (DM) and yield (REN) of cucumber cultivation in different mixtures of VC:S, in the greenhouse

Condición	ALT	AF	MS	REND
VC:A	cm	cm ²	g planta ⁻¹	
25:75	2.37 a [†]	251.00 a	725.2 a	2655.6 a
30:70	1.99 b	195.33 ab	529.2 ab	1109.8 b
35:65	2.01 b	149.67 bc	301.3 bc	910.0 bc
40:60	1.78 c	136.67 c	233.7 c	883.3 bc
45:55	1.84 bc	125.67 c	171.7 c	421.4 c

[†] Valores con letras iguales en cada columna, son iguales de acuerdo con la prueba Tukey ($P \leq 0.05$).

minuye la absorción de agua, nutrimentos y se afecta el metabolismo de la planta (Maathuis, 2009; Antal et al., 2010). Debido a esta razón se debe tener cuidado con la proporción de vermicompost utilizado, ya que la salinidad es un parámetro limitante para su utilización (Chong, 2005).

Los frutos de pepino fueron cosechados antes de alcanzar su madurez fisiológica (Staub et al., 2009). En total se realizaron seis cortes y se evaluaron algunos parámetros de la calidad como son la longitud, diámetro y peso de fruto y el contenido de antioxidantes. Estos parámetros de evaluación presentaron diferencia significativa ($P \leq 0,05$) entre los distintos niveles de vermicompost utilizados (Tabla 3). El número de frutos por planta es el más importante componente del rendimiento en el cultivo de pepino y es influenciado por la dosis de fertilización (Prabhu et al., 2006). En el presente estudio, el número de frutos obtenidos por el tratamiento VC:A de 25:75 superaron a los obtenidos por Ortiz et al. (2009), quienes obtuvieron una producción promedio de 7.4 frutos de pepino

por planta en invernadero con soluciones nutritivas convencionales. Ello demuestra las bondades de la utilización del vermicompost como componente del sustrato, ya que además de lograr altos rendimientos y disminuir los costos de fertilización, se contribuye a la preservación del medio ambiente.

Los frutos obtenidos con el 25 y 30% de vermicompost como componente del sustrato estuvieron dentro de los estándares de calidad y fueron catalogados como Fancy para pepino tipo americano, mayores niveles de vermicompost produjeron frutos fuera de esta norma.

Efecto sobre la capacidad antioxidante en frutos de pepino

La mejor calidad del fruto puede atribuirse a un mejor crecimiento de la planta (Tabla 2). Estos mismos tratamientos de 25 y 30% de vermicompost obtuvieron la mayor capacidad antioxidante en extracto de pulpa vegetal (Tabla 3). Los altos rendimientos en los sistemas tradicionales de producción son debidos a la

Tabla 3. Valores medios de longitud de fruto (LF), diámetro de fruto (DF), número de frutos (NF), peso de fruto (PF) y capacidad antioxidante de frutos de pepino en diferentes mezclas VC:A, en invernadero

Table 3. Means values of fruit length (LF), fruit diameter (DF), number of fruits (NF), fruit weight (PF) and antioxidant capacity of cucumber fruit in different mixtures of VC:S in the greenhouse

Condición	LF	DF	NF	PF	Capacidad antioxidante
VC:A	cm			gr	μM equiv Trolox / 100 g BF ¹
25:75	20.79 a [†]	4.56 ab	8.50 a	295.07 a	1015.2 b
30:70	20.77 a	4.71 a	3.70 b	299.94 a	1440.3 a
35:65	19.97 a	4.39 abc	3.39 b	267.55 a	943.6 b
40:60	19.48 ab	4.25 bc	3.40 b	260.61 ab	885.5 b
45:55	18.19 b	4.01 c	3.01 b	209.47 b	749.9 b

¹ Datos expresados como μM equivalente en Trolox por 100 g base fresco.

[†] Valores con letras iguales en cada columna, son iguales de acuerdo con la prueba Tukey ($P \leq 0.05$).

alta disponibilidad nitrógeno, así como a la ausencia de factores estresantes. Sin embargo, dicho rendimiento va acompañado generalmente de una baja producción de compuestos bioactivos (Hallman y Rembalkowska, 2012), mientras que con la fertilización orgánica (vermicompost) se incrementan (Faezah et al., 2013). La diferencia encontrada en la capacidad antioxidante pudiera ser atribuida a la baja concentración de nitrógeno presente en los sustratos utilizados. Lorio (1986) y Herms y Mattson (1992) mencionan que las plantas producen mayores cantidades de azúcares (simples y complejos) y metabolitos secundarios (terpenoides, compuestos fenólicos, pigmentos, vitaminas y ácidos orgánicos) cuando son sometidas a un déficit de nitrógeno fácil-

mente disponible. Por otro lado, otros investigadores han reportado que en sistemas suficientes en nitrógeno, la producción de compuestos nitrogenados como aminoácidos, proteínas y alcaloides se incrementa (Winter y Davis, 2006; Hallman y Rembalkowska, 2012).

Concentración de nitratos en peciolo

El análisis estadístico mostró diferencias significativas ($P \leq 0,05$) en la concentración de nitratos en el extracto celular de peciolo al inicio de fructificación (Tabla 4). La mayor concentración de $N-NO_3^-$ correspondió a los tratamientos con la relación de 25:75 y 30:70 de VC:A. Estos valores se encuentran dentro del rango indicado como adecuado para el

Tabla 4. Efectos de tratamientos sobre la concentración de clorofila (Chl) y nitratos (NO_3^-), a partir de peciolo (ECP) en plantas de pepino
Table 4. Effects of treatments on the chlorophyll (Chl) and nitrate (NO_3^-), from petiole (ECP) on cucumber plants

Condición	Chl		ECP
	a	b	NO_3^-
VC:S	g/cm ²		mg L ⁻¹
25:75	16.09 a†	14.85 a	947 a
30:70	11.56 b	10.21 b	818 ab
35:65	10.26 b	9.48 b	674 bc
40:60	11.04 b	11.34 b	439 c
45:55	10.82 b	10.06 b	606 bc

† Valores con letras iguales en cada columna, son iguales de acuerdo con la prueba Tukey ($P \leq 0.05$).

cultivo de pepino en invernadero (Sánchez, 2009). Mientras el resto de los tratamientos estuvieron en niveles deficientes. La concentración de $N-NO_3^-$ en el extracto celular de peciolo es un indicador que refleja el estado nutrimental de la planta como respuesta

a diferentes condiciones del medio de crecimiento (Taber, 2001; Villarreal et al., 2009). En este caso en particular es un reflejo de la concentración de nitratos en la vermicompost. Con relación a la clorofila a y b, con la menor relación de VC:A también se tuvieron

los mayores valores, lo que indica una buena nutrición nitrogenada en el cultivo ya que la concentración de clorofilas están correlacionado con la concentración de nitrógeno foliar (Fenech et al., 2009) y la dosis de fertilización con nitrógeno aplicado al cultivo (Güler et al., 2006).

Conclusiones

La incorporación de vermicompost en el sustrato produjo diferencias significativas en el crecimiento, rendimiento y calidad de los frutos. La mezcla de vermicompost y arena 25/75 presentó las mejores condiciones para lograr la mayor altura de planta, en área foliar, biomasa, rendimiento y calidad del fruto al obtener mayor capacidad de antioxidante, en cambio dosis mayores al 30% de vermicompost presentan efectos negativos en cultivo.

Agradecimientos

Al cuerpo Académico "Manejo Sustentable de los Recursos Agronómicos" (ITTOR-CA-1), por las facilidades y apoyos otorgados para la realización del presente trabajo.

Bibliografía

- Antal TH, Mattila M, Hakala-Yatkin T, Tyystjarvi E (2010). Acclimation of photosynthesis to nitrogen deficiency in *Phaseolus vulgaris*. *Planta*: 232: 887-898.
- Atiyeh RM, Lee S, Edwards CA, Arancon NQ, Metzger JD (2002). The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology*: 84: 7-14.
- Azarmi R, Sharifi-Ziveh P, Satari MR (2008). Effect of vermicompost on growth, yield and nutrient status of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Pakistan Journal of Biological Science* 1: 1797-1802.
- Domínguez J, Lazcano C, Gómez BM (2010). Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. Aportes para la elaboración de un concepto objetivo. *Acta Zoológica Mexicana*: 26: 359-371.
- Esparza RJR, Stone MB, Stushnoff C, Pilon-Smiths E, Kendall PA (2006). Effects of Ascorbic acid applied by two hydrocooling methods on physical and chemical properties of green leaf lettuce stored at 5 °C. *Journal of Food Science* 71: 270-276.
- Faezah NO, Siti AH, Kalsom UY (2013). Comparative evaluation of organic and inorganic fertilizers on total phenolic, total flavonoid, antioxidant activity and cyanogenic glycosides in cassava (*Manihot esculenta*). *African Journal of Biotechnology* 12: 2414-2421.
- Fenech L, Troyo DE, Trasviña MC, Ruiz EF, Beltrán MA, Murillo AB, García HJ, Zamora SS (2009). Relación entre un método no destructivo y uno de extracción destructivo, para medir el contenido de clorofila en hojas de plántula de albahaca (*ocimum basilicum* L). *Universidad y Ciencia* 25: 99-102.
- FAO (Food Agriculture Organization) (2001). Los mercados mundiales de frutas y verduras orgánicas. Roma, Italia. 230 p.
- Chong C (2005). Experiences with wastes and composts in nursery substrates. *HortTechnology* 15:739-747.
- Gallardo M, Thompson RB, Rodríguez JS, Rodríguez F, Fernández FMD, Sánchez JA, Magán JJ (2009). Simulation of transpiration, drainage, N uptake, nitrate leaching, and N uptake concentration in tomato grown in open substrate. *Agricultural Water Management* 96:1773-1784.
- González NJF (2009). La agricultura protegida. Horticultivos. Editorial Agro Síntesis S.A. de C.V. México, D.F. pp. 6.
- González M, Gomez E, Comese R, Quesada M, Conti M (2010). Influence of organic amendments on soil quality potential indicators in an urban horticultural system. *Bioresource Technology* 101: 8897-8901.

- Güler S, Ibrikci H, Büyük G (2006). Effects of different nitrogen Rates on Yield and leaf nutrient contents of drip fertigated and greenhouse grown cucumber. *Asian Journal of plant Sciences* 5: 657-662.
- Hallmann E, Rembiałkowska E (2012). Characterisation of antioxidant compounds in sweet bell pepper (*Capsicum annuum* L.) under organic and conventional growing systems. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 92: 2409-2415.
- Hernández MGI, Salgado GS, Palma LDJ, Lagunez ELC, Castelán EM, Ruiz RO (2008). Vinaza y composta de cachaza como fuente de nutrientes en caña de azúcar en un gleysol mólico de Chiapas, México. *Interciencia* 33: 855-860.
- Hermes DA, Mattson WJ (1992). The dilemma of plants: to grow or to defend. *Quarterly Review of Biology* 67: 283-335.
- Lorio PL Jr (1986). Growth-differentiation balance a basis for understanding southern pine beetle-tree interactions. *Forest Ecology and Management* 14: 259-273.
- Llacuna L, Mach N (2012). Papel de los antioxidantes en la prevención del cáncer. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética* 16: 16-24.
- Maathuis FJ (2009). Physiological functions of mineral macronutrients. *Current Opinion in Plant Biology* 12: 250-258.
- Mahmoud EN, Kader EA, Robin, NP, Akkal C, El-Rahman LA (2009). Effects of Different Organic and Inorganic Fertilizers on Cucumber Yield and Some Soil Properties. *Word Journal of Agricultural Sciences* 5: 408-414.
- Márquez HC, Cano RP, Chew MYI, Moreno RA, Rodríguez DN (2006). Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12: 183-189.
- Márquez HC, Cano RP y Rodríguez DN (2008). Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate de invernadero. *Agricultura Técnica en México* 34: 69-74.
- Moreno RA, Valdés PMT, Zarate LT (2005). Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero. *Agricultura Técnica* 65: 26-34.
- Ortiz CJ, Castillo SF, y García AT (2009). Características deseables de planta de pepino crecida en invernadero e hidroponía en altas densidades de población. *Revista Fitotecnia Mexicana* 32:289-294.
- Prabhu M, Natarajan S, Srinivasan K, Pugalandhi L (2006). Integrated nutrient management in cucumber. *Indian Journal of Agricultural Research* 40: 123- 126
- Sánchez GP, 2009. Manejo integral de la nutrición en el cultivo de cucurbitáceas. <http://www.itson.mx/micrositios/nch/Documents/cucurbitaceas.pdf>. (20 enero de 2013).
- Staub J, Robbins MED, Wehner TC (2009). Cucumber. *Cucurbit Breeding*. Horticultural Science. North Carolina State University. p.43. Disponible en <http://cuke.hort.ncsu.edu/cucurbit/wehner/articles/book15.pdf>. (2 enero de 2013).
- Tringovska I, Dintcheva T (2012). Vermicompost as Substrate Amendment for Tomato Transplant Production. *Sustainable Agriculture Research* 1: 115-122.
- Taber HG (2001). Petioles SAP nitrate sufficiency values for fresh market tomato production. *Journal of Plant Nutrition* 24: 945-959.
- Villarreal RM, Parra TS, Sánchez PP, Hernández VS, Osuna ET, Corrales M JL, Armenta BAD (2009). Fertirrigación con diferentes formas de nitrógeno en el cultivo. *Interciencia* 34: 135-139.
- Wang SY (2006). Effect of Pre-harvest Conditions on Antioxidant Capacity in Fruits. *Acta Horticulturae* 712: 299-306.
- Wellburn AR (1994). The spectral determination of chlorophylls *a* and *b*, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *Journal of Plant Physiology* 144: 307-313.
- Winter CK, Davis SF (2006). Organic foods. *Journal of Food Science* 71: 117-124.

(Aceptado para publicación el 30 de mayo de 2014)

Evaluación de la sostenibilidad de explotaciones de vacuno de carne ecológicas y convencionales en sistemas agroforestales: estudio del caso de las dehesas

A.J. Escribano^{1,*}, P. Gaspar², F.J. Mesías³, A.F. Pulido³ y M. Escribano¹

¹ Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, Facultad de Veterinaria, Universidad de Extremadura, Avda. Universidad s/n, Cáceres, Spain

² Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, Escuela de Ingenierías Agrarias, Universidad de Extremadura, Ctra. Cáceres s/n, Badajoz, Spain

³ Departamento de Economía, Escuela de Ingenierías Agrarias, Universidad de Extremadura, Ctra. Cáceres s/n, Badajoz, Spain

Resumen

Los sistemas ganaderos basados en pastoreo son clave para la conservación del ecosistema dehesa. Sin embargo, diversos cambios (principalmente intensificación) están reduciendo su sostenibilidad. Como consecuencia, es necesario identificar e implementar sistemas sostenibles en el contexto de las dehesas. Este trabajo evalúa la sostenibilidad de 63 explotaciones de ganado vacuno de carne de las dehesas extremeñas (incluyéndose en la muestra tanto ecológicas como convencionales) con un doble objetivo: (i) identificar los sistemas más sostenibles y; (ii) establecer medidas de actuación encaminadas a incrementar la sostenibilidad de las explotaciones. Para tales fines, se llevó a cabo una adaptación metodológica del Marco MESMIS basada en bloques de actuación. Un análisis clúster permitió agrupar las explotaciones en tres tipologías según su sostenibilidad. La tipología 1 (explotaciones ecológicas) resultó ser el sistema más sostenible (66,75%), presentando puntuaciones elevadas para la mayoría de bloques de actuación. Sin embargo, esta tipología debe llevar a cabo medidas que aumenten su autogestión. La tipología 2 (explotaciones mayoritariamente convencionales) presentó una sostenibilidad reducida (52,44%), especialmente en relación con el manejo del agro-ecosistema y del rebaño, pero un nivel de productividad y competitividad aceptable. La tipología 3 (mixta) obtuvo puntuaciones de sostenibilidad similares a las de la tipología 2 (53,41%), y un nivel de autogestión elevado. Sin embargo, su reducida productividad y competitividad dificulta su sostenibilidad. En conjunto, todas las tipologías deben mejorar su manejo del agro-ecosistema, incrementar su competitividad y agilidad empresarial, y reducir su riesgo económico. Estos aspectos pueden mejorarse aumentando el cebo de terneros, la diversificación empresarial y la participación del productor en la elaboración y venta de sus productos.

Palabras clave: Sistemas de producción animal, grupos de discusión, indicadores, MESMIS, clúster, Mediterráneo.

* Autor para correspondencia: ajescc@gmail.com

<http://dx.doi.org/10.12706/itea.2014.022>

Abstract

A sustainability assessment of organic and conventional beef cattle farms in agroforestry systems: the case of the "dehesa" rangelands

Pasture-based livestock systems are a key element for the maintenance of the dehesa ecosystem. However, adaptative changes (mainly intensification) are reducing their sustainability. As consequence, sustainable livestock systems must be found and implemented. Due to this, this work assesses the sustainability of 63 beef cattle farms (including organic and conventional ones) with two aims: (i) to identify the most sustainable systems and; (ii) to establish management measures in order to increase farms' sustainability. For this purpose, a methodological adaptation of the MESMIS Framework was applied. A cluster analysis allowed us to identify three farms typologies. Typology 1 (organic farms) had the highest scores for the sustainability index (66.75%) and for the majority of blocks of action. However, changes aimed at improving their self-reliance must be introduced. Typology 2 (mainly conventional) showed the lowest sustainability scores (52.44%), especially with regard to the agro-ecosystem and herd management. Due to this, this typology should implement agricultural practices more environmentally friendly, as well as a herd management based on preventive medicine. However, they showed adequate levels of productivity and competitiveness. Typology 3 (mixed) also showed low sustainability scores (53.41%). Its level of self-reliance is high. However, its low productivity and competitiveness must be encouraged. In general terms, all typologies are required to improve their agro-ecosystem management, to increase their competitiveness and business agility, as well as to reduce their economic risk. These aims can be achieved by means of fattening their calves, increasing the business diversification, elaborating products by the producer, and direct sales.

Key words: Livestock production systems, focus group, indicators, MESMIS, cluster, Mediterranean.

Introducción

La dehesa es un sistema agroforestal resultante del aclaramiento del bosque Mediterráneo con el objetivo de llevar a cabo actividades agrícolas. Los sistemas productivos tradicionales se caracterizan por su grado de diversificación, extensificación y dependencia de los recursos pastables. Diversas especies ganaderas (vacuno, ovino y porcino) son explotadas en régimen extensivo, junto con cultivos de cereal, producción de bellotas para el engorde del porcino, leña, corcho y otros usos como apicultura o caza (Gómez-Gutiérrez y Pérez-Fernández, 1996; Nair et al., 2008).

En este sistema existe una gran interdependencia entre las sociedades rurales, el sector agrario y la conservación del medio. De hecho, se trata de un ecosistema complejo y frágil, en el que pequeñas modificaciones en su manejo conllevan una disminución importante de su sostenibilidad. De modo que, el

uso de las prácticas apropiadas es necesario para el mantenimiento de este ecosistema. Según diversos autores, los sistemas agrosilvopastorales permiten la conciliación entre producción y conservación. La integración de arbolado, pastos y diferentes especies ganaderas crea sistemas biodiversos y funcionales que permiten la conciliación entre productividad y protección medioambiental (Smith et al., 2013). Estos sistemas, como consecuencia, producen servicios ecosistémicos y beneficios medioambientales, como la conservación de la biodiversidad, la regulación de la calidad del suelo, aire y agua, así como potencian el secuestro de carbono (Jose, 2009). Desde el punto de vista socioeconómico, esto se traduce en una menor dependencia externa, diversificando la fuente de ingresos, aumentando la estabilidad económica y estimulando la economía local (Garritty, 2004).

Sin embargo, diversos cambios han ocurrido en las explotaciones agroganaderas de de-

hesa, como consecuencia de transformaciones sociales, políticas y económicas. La intensificación productiva y el abandono de las explotaciones han sido los principales cambios. Éstos, han tenido efectos medioambientales negativos que han desembocado en el deterioro de las dehesas y en la reducción de la sostenibilidad de sus explotaciones ganaderas (Gaspar *et al.*, 2007 y 2009a; Cabrera *et al.*, 2013). Sin embargo, a pesar de estos cambios, las explotaciones ganaderas no han mejorado su rentabilidad.

Estas respuestas adaptativas deberían reconducirse, de modo que el ganado sea integrado en el ecosistema de tal manera que se aumente la sostenibilidad de las explotaciones, ya que según Dumont *et al.* (2013), el problema no radica en la ganadería en sí misma, sino en cómo ésta es incorporada en los agroecosistemas.

Por ello, en este trabajo se analiza la sostenibilidad de explotaciones de vacuno de carne en la región española de Extremadura, debido a la importancia de este sector en la región, ya que engloba el 13,3% del censo español, ocupando el tercer puesto (MAGRAMA, 2011), y a que la mayoría de este ganado está en sistemas agroforestales de dehesa.

Este trabajo tiene un doble objetivo: (i) detectar qué sistema es más sostenible en el contexto específico de las dehesas de Extremadura (suroeste de España) y (ii) establecer medidas de actuación específicas que permitan incrementar la sostenibilidad de las explotaciones analizadas.

Materiales y métodos

Descripción del área de estudio

El área de estudio fue la Comunidad Autónoma de Extremadura, situada en el cuadrante suroeste de España. Esta región pre-

senta una densidad de población reducida y es el centro principal del ecosistema dehesa, y agrupa la mayor superficie de dehesa, siendo el 50% de su superficie agraria útil considerada 'dehesa', con un total de 2.2 millones de hectáreas (CAYMA, 2003).

Selección de la muestra

Las explotaciones encuestadas fueron seleccionadas en el marco del proyecto de investigación "Estudio de la viabilidad de distintos modelos de producción de carne bovina ecológica: influencia en la calidad de la carne y análisis económico" (código INIA-RTA2009-00122-C03-03). El objetivo de este proyecto era evaluar de forma comparada diferentes sistemas de producción ecológico y convencional, por lo que se seleccionaron muestras similares en número de explotaciones pertenecientes al sistema ecológico y al convencional. Las explotaciones ecológicas se escogieron en base al registro de explotaciones del comité certificador de Extremadura. Las explotaciones convencionales fueron seleccionadas a través de los datos suministrados por una de las principales asociaciones agrarias de la región. Se establecieron una serie de requisitos para que las explotaciones fueran elegibles:

- Que el ganado vacuno de aptitud cárnica fuera predominante;
- Que las explotaciones contasen con más de 25 vacas madres, para evitar las explotaciones no profesionales;
- Que su base territorial cubriera todas los subsistemas de dehesa, para estudiar explotaciones en dehesas de distinta densidad de arbolado y con diferentes características edafoclimáticas y orográficas. Este requisito ha sido utilizado en diversos estudios preliminares sobre sistemas ganaderos (Milán *et al.*, 2006; Gaspar *et al.*, 2007, 2009a, 2009b);

- En el caso de las explotaciones ecológicas, éstas debían haber superado el periodo de conversión. Se consideran explotaciones en conversión las que cumplen más del 80% de los requerimientos necesarios para acceder a la categoría “ecológica” según la legislación europea (Reglamento CE No 834/2007).

Una vez aplicados estos criterios, se llevó a cabo el análisis de 63 explotaciones. De éstas, 33 fueron explotaciones ecológicas y 30 convencionales, consiguiendo así equidad en el número de explotaciones de los dos sistemas. El número final de explotaciones incluidas en el estudio se considera acorde con el utilizado en otros trabajos similares en investigación de sistemas de producción animal (Nahed et al., 2006, Gaspar et al., 2007, 2009a, 2009b).

Selección de los indicadores de sostenibilidad, bloques de actuación, y atribución de pesos relativos

Debido a la complejidad del ecosistema dehesa y de los factores que influyen en la sostenibilidad de éste, el estudio de la sostenibilidad debe abordarse desde un prisma integrador y multidisciplinar, tomando en consideración la configuración y manejos de la finca, así como sus contextos socioeconómico y medioambiental. En este sentido, la investigación participativa y la evaluación de la sostenibilidad en base a indicadores y bloques de actuación relativos a los tres pilares de sostenibilidad (social, medioambiental y económico) parece ser un enfoque adecuado para ecosistemas complejos, frágiles, y tan estrechamente ligados a los intereses socioeconómicos, como los de dehesa.

Por ello, la evaluación de la sostenibilidad de las explotaciones se ha llevado a cabo mediante una adaptación metodológica del marco MESMIS (Marco de Evaluación de Sistemas de Manejo, incorporando Indicadores

de Sostenibilidad) propuesto por Masera et al. (1999). Según Binder et al. (2010), este método satisface mejor que otros las necesidades existentes en la evaluación de la sostenibilidad agrícola, como la multifuncionalidad, la multidimensionalidad e identificar objetivos e interacciones. La adaptación llevada a cabo ha permitido integrar aspectos clave de las explotaciones de ‘dehesa’, del modelo de producción ecológico (Reglamento CE No 834/2007), y del sector ganadero de vacuno de carne.

A diferencia de estudios anteriores, en los que los indicadores se agruparon en base a “atributos” (Nahed et al., 2006; Gaspar et al., 2009a, 2009b; Ripoll-Bosch et al., 2012), en este trabajo la sostenibilidad se estudia en base a “bloques de actuación”. Esta ordenación ha pretendido facilitar la comprensión y utilidad del presente trabajo para los usuarios finales (los productores). Estos aspectos (comprensibilidad y valor para el usuario final) son de gran interés en la evaluación de la sostenibilidad de los sistemas de producción animal (Lebacqz et al., 2013). El proceso de selección de indicadores se dividió en las dos etapas que se describen a continuación.

Revisión bibliográfica

Inicialmente, se llevó a cabo una fase de revisión de la literatura existente en relación con la sostenibilidad de sistemas ganaderos, metodologías económicas, sistemas de producción animal y legislación en materia de producción ecológica. Esta revisión permitió elaborar un listado preliminar con los indicadores de sostenibilidad que los autores consideraron más adecuados para el presente trabajo, teniendo en cuenta el contexto de las explotaciones seleccionadas y de la dehesa. Dichos indicadores atendieron a los pilares medioambiental, económico y social.

Selección de indicadores mediante investigación participativa (grupos de discusión)

Posteriormente, se llevó a cabo la celebración de grupos de discusión en el que los participantes pudieron comentar la adecuación de los indicadores previamente seleccionados por los autores y proponer nuevos indicadores. Debido a que la sostenibilidad es un concepto que abarca gran cantidad de aspectos, la celebración de los grupos de discusión se dividió en 3 reuniones: (i) grupo de discusión sobre gestión técnico-económica; (ii) grupo de discusión sobre gestión medioambiental; (iii) grupo de discusión sobre desarrollo rural. Para la celebración de estas reuniones se ha contado con la ayuda de 4 gestores de ganaderías, 3 profesionales técnicos (veterinarios e ingenieros agrónomos) y 5 expertos investigadores (en producción animal, sostenibilidad de sistemas, economía agraria y en desarrollo rural de la región).

La celebración de los grupos de discusión permitió obtener un listado de indicadores por cada participante que, una vez integrados en un listado común, permitió seleccionar los indicadores que finalmente se utilizarían. Posteriormente, se procedió a ordenar los indicadores dentro de distintos bloques de actuación. Se obtuvo un total de 41 indicadores, agrupados en 5 bloques de actuación (Tabla 1). Finalmente, se procedió a la atribución de pesos relativos a cada indicador, con el objetivo de reflejar la importancia relativa de cada indicador dentro de cada bloque de actuación. El peso relativo de cada indicador fue calculado como la media de los pesos relativos aportados por todos los participantes para cada uno de ellos. Todos los bloques tienen un peso relativo idéntico en la contribución de la sostenibilidad global. A continuación, se describen los bloques de actuación utilizados:

Productividad y Competitividad: Este bloque resulta de gran interés debido a la necesidad

de mejorar estos aspectos en los sistemas productivos bajo estudio, ya que la escasa capacidad financiera y la dificultad para mejorar la eficiencia productiva, reducen la productividad y competitividad de estos sistemas en un mercado global altamente competitivo.

Bienestar humano y Desarrollo rural sostenible: Debido a que la agricultura sigue siendo un hilo conductor esencial en la economía, desarrollo y mantenimiento de las zonas rurales de la Unión Europea (Manos et al., 2013), es necesario estudiar la relación entre los sistemas productivos y el desarrollo rural sostenible.

Manejo del agro-ecosistema y del rebaño: Debido a la delicada situación de las dehesas, es necesario implantar prácticas agrarias respetuosas con este ecosistema. Del mismo modo, el aumento de las resistencias a antibióticos por el ganado y las repercusiones de ciertas prácticas agrarias en la salud pública (por la presencia de residuos de productos farmacológicos y fitosanitarios), hacen necesaria la implantación de sistemas de salud animal basados (cuando sea posible) en la prevención.

Autogestión: Este punto ha sido identificado como clave en los sistemas de producción extensivos de producción animal del área Mediterránea (Ripoll-Bosch et al., 2013), como los de dehesa. En este bloque se analiza el grado de autogestión con respecto a los principales costes y a la superficie destinada al autoconsumo.

Agilidad empresarial y Riesgo económico: En este último bloque se estudian la capacidad de los sistemas de responder y soportar cambios en las políticas agrarias y en el mercado. En un mercado global competitivo y que evoluciona rápidamente, es necesario que las explotaciones soporten tales cambios y se adapten a ellos con la mayor brevedad posible y con el menor coste económico, medioambiental y social.

Tabla 1. Indicadores de sostenibilidad seleccionados y bloques de actuación a los que pertenecen
Table 1. Sustainability indicators selected for each block of action

Indicadores de sostenibilidad y Bloques de actuación	Definiciones y unidades de los indicadores	Criterio ¹	Valor Óptimo	Peso
Productividad del ganado	Margen Neto / UGMs ² totales (€ / UGM)	C3	926,18	15,24
Productividad de la mano de obra	Margen Neto / UTAs ³ totales (€ /UTA)	C3	65.301,11	15,07
Tasa de rentabilidad	(Producción bruta – consumos intermedios – consumo de capital fijo) - (remuneración de los asalariados + otras subvenciones a la producción) (%)	C3	5,98	2,90
Productividad de la tierra	Margen Neto / SAU ⁴ (€ / ha)	C3	382,01	12,89
Productividad por vaca	Terneros vendidos por vaca y año (Número de ellos: vendidos al destete + vendidos cebados)	Rec.	1,00	12,30
Valor añadido neto	Valor creado por todos los productos agrícolas tras el consumo del capital fijo. Calculado a precios básicos mediante la siguiente fórmula: (Producción bruta – consumos intermedios – amortización) + (subvenciones no relativas al ganado) (€ / ha)	C3	415,47	11,20
Ventas de ganado	Ventas de ganado / SAU (€ / ha)	C3	480,74	9,00
Otras ventas	Venta de aceitunas, corcho, leña y lana (€ / ha)	C3	55,39	6,90
Cebo de terneros	Añojos vendidos por vaca y año (Número de ellos)	Max.	0,95	4,50
PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD				
Continuidad / planes de futuro	Categoría (1-4). 1: Abandono; 2: Reducción del rebaño o cambios de especie; 3: Mantener el tamaño y especie; 4: Incrementar el tamaño del rebaño	Max.	3	18,30
Estabilidad de la mano de obra	UTAs fijas / UTAs asalariadas (%)	C3	0,19	17,10
Contribución al empleo rural	UTAs totales /100 SAU (UTAs)	C3	1,05	14,90
Creación de puestos de trabajo externos	UTAs externas al núcleo familiar (asalariadas) /100 ha (UTAs)	C3	0,95	12,70

Indicadores de sostenibilidad y Bloques de actuación	Definiciones y unidades de los indicadores	Criterio ¹	Valor Óptimo	Peso
Nivel de satisfacción laboral	Escala (1-3). Nivel creciente de satisfacción laboral	Max.	3	11,40
Distancia a los servicios públicos	Km al municipio de más de 10.000 habitantes más cercano	C1	13,60	9,20
Interacción social e intercambio de conocimientos	Número de asociaciones ganaderas a las que pertenece	Max.	2	8,20
Equidad de género	Participación equitativa del hombre y la mujer en la gestión de la explotación. Calculado como (UTAs femeninos / UTAs masculinos)*100. (%)	Rec. ⁵	50,00	4,30
Distancia al matadero	Km al matadero más cercano (en el caso de las explotaciones ecológicas: distancia al matadero ecológico más cercano)	C1	35,40	3,90
BIENESTAR HUMANO Y DESARROLLO RURAL SOSTENIBLE				
Carga ganadera	UGMs totales / SAU (UGMs / ha)	Rec. ⁶	0,33	21,50
Manejo del suelo y de los cultivos ⁷	Nº de prácticas agrarias de mejora utilizadas (indicadas en el pie de tabla). Categórica (0-5). La categoría 0 se corresponde con los casos en los que el productor no aplica ninguna de las prácticas agrarias encaminadas a mejorar la calidad del suelo y a reducir la erosión. La categoría 5 se corresponde con los casos en los que el productor aplicó de las 5 prácticas agrarias que se evaluaron	Max.	5	15,70
Uso de pesticidas y/o fertilizantes minerales	Categórica (0-2). 0: No usa ninguno de ellos; 1: Usa uno de los dos; 2: Usa ambos	Min.	0	14,20
Aptitud mixta y grado de integración	Dicotómica. 0: No hay integración de diferentes especies ganaderas, cultivo y arbolado; 1: Hay tal integración	Max.	1	13,40
Uso de antiparasitarios y/o antibióticos preventivos	Dicotómica. 0: No usa antiparasitarios y/o antibióticos de forma preventiva y sistemática; 1: Los usa	Min.	0	12,30

Indicadores de sostenibilidad y Bloques de actuación	Definiciones y unidades de los indicadores	Criterio ¹	Valor Óptimo	Peso
Manejo del estiércol	Categoría (0-3). 0: No hay acumulación de estiércoles; 1: Reparto de estiércol inmaduro; 2: Amontonamiento temporal del estiércol y reparto de estiércol con un grado de maduración medio; 3: Elaboración de compost y reparto	Min. y Max.	0 y 3	8,90
Secuestro de carbono ⁸	Toneladas de carbono / SAU (toneladas / ha).	C3	0,075	7,90
Presencia de razas autóctonas	Porcentaje de vacas autóctonas (%)	C3	0,86	6,10
MANEJO DEL AGRO-ECOSISTEMA Y DEL REBAÑO				
Superficie en propiedad	SAU en propiedad / SAU (%)	Max.	1,00	19,70
Dependencia de subvenciones	Subvenciones / ingresos totales (%)	Min.	0,00	19,10
Dependencia externa de alimentación	Gastos de alimentación / total de UGMs (€ / UGM)	C1	18,33	18,30
Autogestión de la mano de obra	UTAs familiares / UTAs totales (%)	C3	1,00	15,70
Proporción de área cultivada	Área cultivada / SAU (%)	C3	0,13	11,90
Dependencia de los servicios y medicamentos veterinarios	Gastos en medicamentos y servicios veterinarios / UGMs totales (€ / UGM)	C1	3,89	8,20
Otros consumos intermedios	Costes de arrendamiento y de amortización del capital / SAU (€ / ha)	C1	61,13	7,10
AUTOGESTIÓN				
Diversificación empresarial	Número de actividades y de productos agrícolas.	Escala	Max.	3 ó más
Superficie arbolada / SAU	Superficie arbolada / SAU (%)	C3	0,98	19,60
Dependencia de los ingresos relativos al ganado	Ingresos provenientes de las ventas de ganado / ingresos totales (%)	C1	0,38	19,10
Edad del productor	Años	Rec.	30,00	14,90
Nivel de estudios	Categoría (1-3). 1: Sin estudios o educación básica; 2: Educación Secundaria o Formación Profesional; 3: Estudios universitarios y posteriores	Max.	3	12,80

Indicadores de sostenibilidad y Bloques de actuación	Definiciones y unidades de los indicadores	Criterio ¹	Valor Óptimo	Peso
Dependencia de los ingresos de la explotación	Ingresos provenientes de la explotación / ingresos totales del productor (%)	Max.	1,00	7,60
Facilidad para rediseñar la base racial	Número de vacas por toro	C1	20,88	3,20
Accesibilidad	Nivel decreciente de calidad de los accesos / caminos. Escala (1-3)	Min.	1	2,70

AGILIDAD EMPRESARIAL Y RIESGO ECONÓMICO

SOSTENIBILIDAD

ES.: Error estándar. ¹ Max.: valor máximo; min.: valor mínimo; C3: tercer cuartil; C2: Segundo cuartil; C1: primer cuartil; Rec.: valor recomendado. ²Unidades de Ganado Mayor. 1 vaca adulta= 1 UGM; 1 oveja adulta = 0,12 UGM; 1 cerda adulta = 0,37 UGM. ³Unidades de Trabajo Anual. ⁴ SAU: Superficie Agraria Útil. ⁵ Valor recomendado por Astier et al. (2011) y Merlín-Urbe et al. (2013). ⁶ Valor recomendado por Nahed et al. (2006). ⁷Número de medidas empleadas para mejorar la calidad del suelo y evitar la erosión. Incluye: cubiertas vegetales, acolchado, asociación de cultivos, rotación de parcelas, barbecho y otros. ⁸Se ha seguido la metodología aplicada por Murillo et al. (2009). Toneladas de carbono almacenadas = biomasa forestal final por ha estimada x carbón almacenado mediante fotosíntesis. Carbon almacenado mediante fotosíntesis = 0,5. Biomasa forestal final / ha estimada = (biomasa forestal total / ha estimada) x factor de expansión de la biomasa forestal x densidad maderera de las especies arbóreas. Biomasa forestal total / ha estimada = estimación en base a los datos de biomasa aportados por el PNF junto con datos de campo de los autores. Factor de expansión de la biomasa forestal = 1,69. Densidad maderera de las especies arbóreas *Olm* oak y *Quercus* sp. = 0,5. Éste es un factor de conversión a materia seca. Para la estimación de la biomasa forestal total se han tenido en cuenta las características del área arbolada de la explotación (sus especies, tamaño y densidad) y los datos aportados por el Tercer Plan Forestal Nacional (MAGRAMA, 2007).

ES.: Standard Error. ¹Max.: maximum value; min.: minimum value; C3: third quartile; C2: second quartile; C1: first quartile; Rec.: Recommended value. ²Livestock Units. 1 cow = 1 LU; 1 sheep = 0.12 LU; 1 sow= 0.37 LU. ³Annual Work Units. ⁴ UAA: Utilized Agricultural Area. ⁵ Recommended value by Astier et al. (2011) and Merlín-Urbe et al. (2013). ⁶ Recommended value by Nahed et al. (2006). ⁷ Number of management practices in order to improve soil quality and reduce erosion. It includes: cover crops, mulching, intercropping, crop rotation, plot rotation, fallow, among others. ⁸The methodology followed by Murillo et al. (2009) was used. Tons of carbon stored = estimated farm's final forest biomass per ha x carbon stored by photosynthesis. Carbon stored by photosynthesis = 0.5. Estimated farm's final forest biomass per ha = (estimated farm's total forest biomass per ha) x biomass expansion factor x wood density of *Olm* oaks and *Quercus* sp. For the estimated farm's total forest biomass per ha, both the data provided by the 3rd National Forest Inventory (MAGRAMA, 2007) and the data recovered by means visit to the farms were used. The woody species, their size and the density of the woody area were taken into account. Biomass expansion factor = 1.69. Wood density of *Olm* oaks and *Quercus* sp.= 0.5. This last is the coefficient used to convert the biomass to dry matter.

Diseño del cuestionario y recogida de datos

De acuerdo con los indicadores seleccionados, se procedió a la elaboración de los cuestionarios. Se recogió la información necesaria para calcular los indicadores sugeridos. Esta información incluyó datos acerca del manejo del ganado, composición del rebaño, instalaciones, flujos económicos, manejo del agroecosistema y preguntas de tipo sociológico. La información fue obtenida por medio de encuestas y observación directa en las explotaciones durante el año 2011; siendo los datos recogidos relativos a los años 2009 y 2010.

Evaluación de la sostenibilidad

Establecimiento de los valores óptimos

Una vez seleccionados los indicadores que van a medir la sostenibilidad, deben establecerse sus valores óptimos. Los valores óptimos son valores deseables para un indicador y características específicas de un sistema (Nahed et al., 2006). De este modo, cuanto más se aproximen los valores de los indicadores de una explotación al valor óptimo de éstos, mayor puntuación tendrá su índice de sostenibilidad. Dichos valores óptimos se establecen en base a una serie de criterios (valores máximos o mínimos de la muestra, cuartiles, percentiles, valores recomendados por expertos o valores presentes en la literatura científica). En la mayoría de los casos, los valores óptimos suelen ser valores máximos o mínimos de la muestra de explotaciones objeto de la investigación. A modo de ejemplo, para el indicador "dependencia de subvenciones", el valor mínimo (0,00%) fue establecido como óptimo, ya que se encontraron diversas explotaciones que presentaron este valor.

En otras ocasiones, el valor mínimo o máximo no es indicativo de la situación real de las explotaciones analizadas (Nahed et al., 2006). En tales casos, es necesario utilizar otros criterios

(como cuartiles, percentiles o valores recomendados). En las dehesas, en multitud de ocasiones, es necesaria la aplicación de criterios diferentes al uso de valores máximos y mínimos para el establecimiento de óptimos. En este sentido, cabe señalar que en ciertos indicadores, los valores máximos no son alcanzables ni durables en el tiempo por el conjunto de las explotaciones, por lo que el uso de los cuartiles es más adecuado. La utilización de cuartiles para el establecimiento del óptimo en sistemas agroforestales puede encontrarse en trabajos como el de Franco et al. (2012).

En este sentido, es necesario aclarar que el empleo de criterios como los cuartiles, no implica que las explotaciones que presenten valores superiores (en el caso del tercer cuartil) o inferiores (en el caso del primer cuartil) al valor óptimo, sean penalizadas. Por ejemplo, en el indicador "productividad del ganado", las explotaciones que presentaron valores superiores al valor óptimo (tercer cuartil), obtuvieron puntuaciones del 100%. En el caso de los valores recomendados, las explotaciones que no presentaron dicho valor sí fueron penalizadas.

En el presente trabajo, los valores óptimos fueron establecidos conjuntamente por los autores y por los expertos de los grupos de discusión, en base a su conocimiento, a su experiencia y a la bibliografía científica.

Cálculo de los índices de sostenibilidad

La transformación de los valores originales de los indicadores en índices de sostenibilidad se llevó a cabo a través de una adaptación metodológica del Método AMOEBA (Ten Brink et al., 1991), utilizado recientemente para evaluar la sostenibilidad de sistemas de producción (Gaspar et al., 2009a, 2009b; Ripoll-Bosch et al., 2012). Este método permite transformar los valores de los indicadores iniciales en índices de sostenibilidad expresados como porcentajes. Para ello, cuando los

indicadores tienen un valor óptimo que se corresponde con el valor máximo de la muestra (como la superficie arbolada), el índice se calculó mediante las siguientes fórmulas:

$$(1) \text{ Índice de sostenibilidad} = (\text{valor del indicador} / \text{valor óptimo}) \times 100.$$

Sin embargo, para los indicadores cuyo valor óptimo fue el mínimo, el índice se calculó como sigue:

$$(2) \text{ Índice de sostenibilidad} = (\text{valor óptimo} / \text{valor del indicador}) \times 100.$$

Para los indicadores cuyo valor óptimo se calculó a partir de cuartiles o valores recomendados, se aplicó una u otra fórmula, dependiendo de la magnitud de los valores del indicador y su valor óptimo. Si el valor del indicador fue menor que el valor óptimo, se utilizó la fórmula 1. Cuando el valor del indicador fue mayor que el valor óptimo se aplicó la fórmula 2. Cuando el valor óptimo de los indicadores cuantitativos es 0,00 (caso del indicador "dependencia de subvenciones"), se aplicó la fórmula 3:

$$(3) \text{ Índice de sostenibilidad} = (100 - \text{valor del indicador}).$$

Finalmente, los valores obtenidos son multiplicados por la importancia relativa o peso de cada indicador dentro de cada bloque de actuación, para obtener el índice global de sostenibilidad.

Análisis y tratamiento de la información

En base a las puntuaciones de las explotaciones respecto a los bloques de actuación, se llevó a cabo una tipificación de las mismas. Es decir, los bloques de actuación se emplearon como variables inputs del análisis clúster. Para ello, se ha aplicado un clúster k-medias. De este modo, las explotaciones fueron agrupadas en conglomerados o tipologías de acuerdo con tales puntuaciones, y no en función de su condición de ecológico o convencional. A continuación, se aplicó un análisis

de la varianza de una vía (ANOVA) para detectar diferencias significativas entre las tipologías de explotación en relación con los indicadores cuantitativos, con los bloques de actuación y con los índices de sostenibilidad. Asimismo, las tablas de contingencia y los test Chi-cuadrado han permitido detectar las diferencias entre tipologías en relación con los indicadores cualitativos. Todos los análisis estadísticos fueron realizados con el paquete estadístico SPSS versión 21.0.

Análisis D.A.F.O.

Un análisis D.A.F.O. (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) permitió detectar aspectos clave para establecer estrategias de actuación para cada tipología. Este análisis fue realizado por los autores del trabajo, teniendo en cuenta su experiencia, conocimiento previo y los comentarios extraídos de los grupos de discusión.

Resultados

Los análisis anteriormente comentados permitieron obtener, en primer lugar, los resultados de los valores iniciales de los indicadores de sostenibilidad cuantitativos (Tabla 2) y cualitativos (Tabla 3). Posteriormente, se convirtieron los valores de los indicadores a índices de sostenibilidad, obteniéndose así las puntuaciones (valores porcentuales) que pueden observarse en la tabla 4. A continuación, se describen las diferentes tipologías resultantes del análisis clúster.

Tipología 1. Explotaciones ecológicas. Está formada por el 20,60% de las explotaciones (13 explotaciones). Esta tipología agrupa las explotaciones más productivas y competitivas. Asimismo, sus explotaciones son las que presentan mayor potencial para contribuir a la calidad de vida, oportunidades laborales y desarrollo rural. Desde el punto de vista de la

Tabla 2. Indicadores de sostenibilidad (cuantitativos). Valores medios de las tipologías de explotación. Valores medios y error estándar de la muestra
Table 2. Sustainability indicators (quantitative). Mean values according to farm typology. Mean values and standard error of the sample

Indicadores de sostenibilidad y Bloques de actuación	T1 (n = 13)	T2 (n = 24)	T3 (n = 26)	Total ($\pm$ ESM) (n = 63)	Sig.
Productividad del ganado	955,88a	778,07a	439,84b	675,17 ($\pm$ 48,81)	0,000
Productividad de la mano de obra	63.992,67a	69.268,02a	29.233,35b	51.657,21 ($\pm$ 4.888,29)	0,000
Tasa de rentabilidad	5,30a	5,96a	2,35b	4,34 ($\pm$ 0,34)	0,000
Productividad de la tierra	356,27a	452,61a	152,31b	308,80 ($\pm$ 28,19)	0,000
Productividad por vaca	0,76	0,76	0,73	0,75 ($\pm$ 0,03)	NS
Valor añadido neto	396,65a	505,45a	217,89b	364,32 ($\pm$ 30,88)	0,000
Ventas de ganado	519,13a	454,04a	307,13b	406,84 ($\pm$ 26,68)	0,004
Otras ventas	22,00a	1,86b	2,71b	6,37 ($\pm$ 2,90)	0,020
Cebo de terneros	0,28a	0,10ab	0,04b	0,11 ($\pm$ 0,03)	0,007
PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD					
Estabilidad de la mano de obra	0,36	0,15	0,18	0,20 ($\pm$ 0,05)	NS
Contribución al empleo rural	0,64	1,12	0,95	0,95 ($\pm$ 0,13)	NS
Creación de puestos de trabajo externos	0,92a	0,28b	0,47ab	0,49 ($\pm$ 0,09)	0,039
Nivel de satisfacción laboral	1,62	1,42	1,81	1,62 ($\pm$ 0,08)	NS
Distancia a los servicios públicos	31,01	25,84	31,97	29,44 ($\pm$ 3,00)	NS
Interacción social e intercambio de conocimientos	2,00a	1,83a	1,46b	1,71 ($\pm$ 0,07)	0,005
Equidad de género	5,69	0,00	2,65	2,27 ($\pm$ 1,39)	NS
Distancia al matadero	73,05	39,19	47,60	49,65 ($\pm$ 5,58)	NS
BIENESTAR HUMANO Y DESARROLLO RURAL SOSTENIBLE					
Carga ganadera	0,41	0,82	0,49	0,60 ($\pm$ 0,08)	NS
Secuestro de carbono	0,07a	0,03b	0,06a	0,05 ($\pm$ 0,00)	0,000
Presencia de razas autóctonas	61,89a	35,00ab	21,323b	34,90 ($\pm$ 0,05)	0,017

Tabla 2. Indicadores de sostenibilidad (cuantitativos). Valores medios de las tipologías de explotación. Valores medios y error estándar de la muestra (continuación)
 Table 2. Sustainability indicators (quantitative). Mean values according to farm typology. Mean values and standard error of the sample (continuation)

Indicadores de sostenibilidad y Bloques de actuación	T1 (n = 13)	T2 (n = 24)	T3 (n = 26)	Total ($\pm$ ESM) (n = 63)	Sig.
MANEJO DEL AGRO-ECOSISTEMA Y DEL REBAÑO					
Superficie en propiedad	53,92ab	44,38a	75,88b	59,35 ($\pm$ 6,00)	0,035
Dependencia de subvenciones	47,69	43,25	38,92	42,38 ($\pm$ 2,24)	NS
Dependencia externa de alimentación	97,47	157,03	118,46	128,82 ($\pm$ 20,88)	NS
Autogestión de la mano de obra	62,04	84,83	75,75	76,38 ($\pm$ 3,99)	NS
Proporción de área cultivada	15,62	11,54	10,35	11,89 ($\pm$ 2,74)	NS
Dependencia de los servicios y medicamentos veterinarios	12,92	17,92	11,67	14,31 ($\pm$ 1,91)	NS
Otros consumos intermedios	112,33	144,26	129,87	131,73 ($\pm$ 20,44)	NS
AUTOGESTIÓN					
Diversificación empresarial	2,31a	1,17b	1,23b	1,43 ($\pm$ 0,11)	0,000
Superficie arbolada / SAU	58,62ab	32,00b	64,62a	50,95 ($\pm$ 5,45)	0,017
Dependencia de los ingresos relativos al ganado	48,15	56,29	60,42	56,32 ($\pm$ 2,27)	NS
Edad del productor	46,92	47,46	46,62	47,00 ($\pm$ 1,26)	NS
Dependencia de los ingresos de la explotación	75,38	88,33	79,13	81,87 ($\pm$ 3,78)	NS
Facilidad para rediseñar la base racial	25,62	32,22	30,66	30,22 ($\pm$ 1,69)	NS
Accesibilidad	1,31	1,54	1,23	1,37 ($\pm$ 0,07)	NS
AGILIDAD EMPRESARIAL Y RIESGO ECONÓMICO					

a, b, c Valores medios con diferentes letras en la misma fila indican diferencias significativas entre grupos. NS = no significativo.

a, b, c Mean values with different letters in the same row are significantly different. NS: non-significant differences.

Tabla 4. Índices de sostenibilidad (%). Valores medios de las tipologías de explotación.

Valores medios y error estándar de la muestra

Table 4. Sustainability indices (%). Mean values according to farm typology.

Mean values and standard error of the sample

Indicadores de sostenibilidad y Bloques de actuación	T1 (n = 13)	T2 (n = 24)	T3 (n = 26)	Total ($\pm$ ESM) (n = 63)
Productividad del ganado	89,60	76,88	50,45	68,60 ($\pm$ 3,86)
Productividad de la mano de obra	78,97	81,33	42,07	64,64 ($\pm$ 4,13)
Tasa de rentabilidad	84,04	82,74	39,93	65,34 ($\pm$ 3,92)
Productividad de la tierra	93,69	85,57	51,83	73,32 ($\pm$ 3,67)
Productividad por vaca	76,22	75,62	72,61	74,50 ($\pm$ 2,65)
Valor añadido neto	90,30	85,59	49,46	71,65 ($\pm$ 3,27)
Ventas de ganado	83,07	86,87	65,31	77,19 ($\pm$ 2,91)
Otras ventas	38,46	4,17	7,69	12,70 ($\pm$ 4,23)
Cebo de terneros	29,23	10,66	3,85	11,68 ($\pm$ 3,06)
PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD	79,41	73,15	46,91	63,61 ($\pm$ 2,36)
Continuidad / planes de futuro	92,31	82,08	88,08	86,67 ($\pm$ 2,69)
Estabilidad de la mano de obra	30,77	12,50	7,69	14,29 ($\pm$ 4,44)
Contribución al empleo rural	61,27	63,42	62,13	62,44 ($\pm$ 3,71)
Creación de puestos de trabajo externos	41,16	22,77	26,04	27,91 ($\pm$ 4,58)
Nivel de satisfacción laboral	53,38	46,83	59,69	53,49 ($\pm$ 2,54)
Distancia a los servicios públicos	68,99	74,16	68,03	70,56 ($\pm$ 3,00)
Interacción social e intercambio de conocimientos	100,00	91,67	73,08	85,71 ($\pm$ 3,47)
Equidad de género	11,42	0,00	2,78	3,50 ($\pm$ 2,07)
Distancia al matadero	57,19	83,82	76,57	75,33 ($\pm$ 3,67)
PBIENESTAR HUMANO Y DESARROLLO RURAL SOSTENIBLE	59,86	52,45	52,16	53,86 ($\pm$ 1,68)
Carga ganadera	78,08	58,55	66,21	65,74 ($\pm$ 2,86)
Manejo del suelo y de los cultivos	49,23	25,00	40,77	36,51 ($\pm$ 2,95)
Uso de pesticidas y fertilizantes minerales	100,00	56,25	88,46	78,57 ($\pm$ 5,02)
Aptitud mixta y grado de integración	53,85	4,17	3,85	14,29 ($\pm$ 4,44)
Uso de antiparasitarios y/o antibióticos preventivos	100,00	33,33	50,00	53,97 ($\pm$ 6,33)
Manejo del estiércol	57,69	18,75	40,38	35,71 ($\pm$ 5,11)

Tabla 4. Índices de sostenibilidad (%). Valores medios de las tipologías de explotación.
 Valores medios y error estándar de la muestra (continuación)
 Table 4. Sustainability indices (%). Mean values according to farm typology.
 Mean values and standard error of the sample (continuation)

Indicadores de sostenibilidad y Bloques de actuación	T1 (n = 13)	T2 (n = 24)	T3 (n = 26)	Total ($\pm$ ESM) (n = 63)
Secuestro de carbono	96,12	45,11	80,27	70,15 ($\pm$ 5,25)
Presencia de razas autóctonas	66,06	36,63	22,99	37,07 ($\pm$ 5,59)
MANEJO DEL AGRO-ECOSISTEMA Y DEL REBAÑO	74,99	36,63	51,20	50,56 ($\pm$ 2,38)
Superficie en propiedad	53,92	44,36	75,92	59,36 ($\pm$ 5,60)
Dependencia de subvenciones	52,27	56,77	61,13	57,64 ($\pm$ 2,23)
Dependencia externa de alimentación	50,79	45,25	41,13	44,69 ($\pm$ 5,06)
Autogestión de la mano de obra	62,04	84,83	75,75	76,38 ($\pm$ 3,99)
Proporción de área cultivada	65,24	25,82	39,10	39,43 ($\pm$ 5,52)
Dependencia de los servicios y medicamentos veterinarios	57,69	46,00	54,13	51,77 ($\pm$ 4,61)
Otros consumos intermedios	59,88	61,99	72,06	65,71 ($\pm$ 3,56)
AUTOGESTIÓN	56,39	52,43	60,26	56,48 ($\pm$ 1,72)
Diversificación empresarial	69,23	37,50	41,02	45,50 ($\pm$ 2,65)
Superficie arbolada / SAU	59,90	32,69	65,92	52,02 ($\pm$ 5,45)
Dependencia de los ingresos relativos al ganado	80,32	72,84	67,81	72,31 ($\pm$ 2,38)
Edad del productor	66,01	66,04	66,81	66,35 ($\pm$ 1,76)
Nivel de estudios	71,80	61,11	69,23	66,67 ($\pm$ 3,46)
Dependencia de los ingresos de la explotación	17,31	11,67	20,87	16,63 ($\pm$ 3,58)
Facilidad para rediseñar la base racial	78,96	69,46	70,78	71,97 ($\pm$ 2,44)
Accesibilidad	84,62	72,92	88,46	81,75 ($\pm$ 3,63)
AGILIDAD EMPRESARIAL Y RIESGO ECONÓMICO	63,09	47,56	56,53	54,47 ($\pm$ 1,55)
SOSTENIBILIDAD	66,75	52,44	53,41	55,79 ($\pm$ 0,95)

sostenibilidad de sus manejos (bloque manejo del agro-ecosistema y del rebaño), estas explotaciones obtuvieron las mejores puntuaciones para todos los indicadores. Finalmente, este grupo de explotaciones se presenta como el más ágil y el que menor riesgo económico presentaría ante cambios legislativos (políticas agrarias) y tendencias de mercado. Sin embargo, sus puntuaciones respecto a la autogestión son intermedias. A nivel global, este grupo se ha posicionado como el más sostenible. Todas las explotaciones pertenecientes a esta tipología son ecológicas.

Tipología 2. Explotaciones mayoritariamente convencionales. Está formada por el 38,10% de las explotaciones (24 explotaciones). Estas explotaciones presentaron elevadas puntuaciones en relación con la productividad y competitividad. En relación con el bloque de actuación Bienestar humano y Desarrollo rural sostenible, estas explotaciones presentaron puntuaciones intermedias. Sin embargo, obtuvieron las peores puntuaciones para el resto de bloques de actuación. Como consecuencia, ésta es la tipología de explotaciones menos sostenible en base a los bloques de actuación e indicadores estudiados. 17 de sus explotaciones son convencionales.

Tipología 3. Explotaciones mixtas. Esta tipología está formada por el 41,30% de las explotaciones (26 explotaciones). Estas explotaciones obtuvieron las peores puntuaciones para los bloques de actuación relacionados con la competitividad y creación de oportunidades laborales y desarrollo rural, ya que, a pesar de presentar menores costes de producción y mayor porcentaje de obra familiar, su rentabilidad es más reducida que la de las explotaciones pertenecientes a la tipología 1. Por el contrario, estas explotaciones son las más autogestionables. A nivel global, su sostenibilidad es intermedia respecto al resto de tipologías, aunque muy similar a la de la tipología 2. Esta tipología está formada 13 explotaciones ecológicas y 13 convencionales.

Discusión

En primer lugar se lleva a cabo la discusión de los resultados y las medidas de actuación según los bloques de actuación y las tipologías de explotación. Finalmente, a modo de resumen, se aporta un análisis D.A.F.O. complementado con el diseño de medidas de actuación específicas para cada tipología (Tabla 5).

Productividad y Competitividad

Tradicionalmente, las explotaciones de dehesa han obtenido escasas rentabilidades en ausencia de subvenciones (Gaspar *et al.*, 2007; Franco *et al.*, 2012), lo que reduce su sostenibilidad en un contexto de gran competitividad y de incertidumbre en cuanto a la percepción de tales ayudas.

Se ha observado que respecto al bloque de actuación Competitividad, la tipología 1 obtuvo las mejores puntuaciones. Esto es debido a las elevadas puntuaciones que presentaron para la mayoría de índices. Así lo reflejan las diferencias encontradas, especialmente respecto a la tipología 3. Las explotaciones de la tipología 2 obtuvieron puntuaciones intermedias. Aunque en el presente trabajo no se comparan estrictamente los sistemas ecológico y convencional, ni existe un sistema ecológico intensivo (como sucede en otros trabajos), cabe destacar que diversos autores han encontrado que las explotaciones de ganado vacuno ecológico de carne son menos productivas y/o rentables que los sistemas convencionales (Veyssset *et al.*, 2009; Blanco-Penedo *et al.*, 2012).

Bienestar humano y Desarrollo rural sostenible

El estudio de este bloque resulta de gran interés en Extremadura, debido a la dependencia de su población en el sector agrícola. El análisis de aspectos estudiados por diver-

Tabla 5. Análisis D.A.F.O.
Table 5. S.W.O.T Analysis

Sistema de producción	Fortalezas y Oportunidades	Debilidades y Amenazas	Medidas de actuación
PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD	T1 Elevada productividad y competitividad. Producción de carnes cuya demanda está en alza. Percepción de subvenciones agroambientales.	Estancamiento/retroceso de la demanda de productos de calidad diferenciada.	Fomentar demanda de ternera ecológica.
	T2 Productividad y rentabilidad elevadas.	Escasa rentabilidad y escasas ventas de ganado. Competitividad del mercado creciente.	Deben cebarse los terneros. Deben cebarse los terneros.
	T3		
BIENESTAR HUMANO Y DESARROLLO RURAL SOSTENIBLE	T1 Grado de interacción social elevado. Intención de continuar elevada: fijación de población rural.	Escasa oferta de mataderos ecológicos.	Potenciar el desarrollo del sector industrial ecológico.
	T2 Grado de interacción social elevado.		
	T3	Muy escasa estabilidad de la mano de obra. Interacción social menor.	Aumentar el número de actividades económicamente rentables (como el cebo), y contratar personal. Aumentar el grado de asociacionismo.
MANEJO DEL AGRO-ECOSISTEMA Y DEL REBAÑO	T1 Ausencia de uso de pesticidas y/o herbicidas, no hay utilización preventiva y sistemática de antiparasitarios ni de antibióticos: calidad medioambiental, seguridad alimentaria, demandas del mercado. Elevado grado de integración.	Empleo medio-bajo de técnicas de manejo del suelo y cultivos medioambientalmente sostenibles.	Formación de los productores e implementación de las técnicas.
	El porcentaje de vacas autóctonas es adecuado (percepción de ayudas por conservación de razas autóctonas, conservación del patrimonio paisajístico-cultural, turismo).	Grado de integración muy bajo.	Aumentar el grado de integración según la estructura de cada explotación.

Sistema de producción	Fortalezas y Oportunidades	Debilidades y Amenazas	Medidas de actuación
T2		Empleo medio-bajo de técnicas de manejo del suelo y cultivos medioambientalmente sostenibles.	Formación de gestores y puesta en práctica de dichas prácticas.
		Carga ganadera ligeramente elevada.	Reducir el número de animales.
		Utilización media de pesticidas y/o herbicidas.	Asociación de cultivos y compostaje.
		Uso elevado de antiparasitarios y/o antibióticos de forma preventiva.	Planes de pastoreo, rotación de cultivos, vacío sanitario de parcelas y compostaje.
		Secuestro de carbono medio-bajo.	Aumentar la superficie arbolada.
T3		Porcentaje vacas de razas autóctonas ligeramente bajo.	Aumentar el ratio.
		Manejo del estiércol deficiente.	Aumentar el compostaje cuando hay acumulación de estiércoles.
		Empleo medio-bajo de técnicas de manejo del suelo y cultivos medioambientalmente sostenibles.	Formación de los productores e implementación de las técnicas.
		Uso medio-reducido de pesticidas y/o herbicidas, no hay utilización preventiva y sistemática de antiparasitarios ni de antibióticos: calidad medioambiental, seguridad alimentaria, demandas del mercado.	
		Muy baja integración de especies ganaderas, arbolado y cultivos. Menor presencia de razas autóctonas.	Aumentar el grado de integración según la estructura de cada explotación.
T1			Aumentar su presencia.
		Elevada dependencia de subvenciones.	Reducir costes y aumentar la competitividad, por medio del cebo de terneros basado en los recursos de la finca (en la medida de lo posible).
	Dependencia de veterinarios y medicamentos reducida. Reducción de costes ante escenario de costes al alza y seguridad alimentaria (competitividad por demanda creciente).		
MANEJO DEL AGRO-ECOSISTEMA Y DEL REBAÑO			
AUTOGESTIÓN			

Sistema de producción		Fortalezas y Oportunidades	Debilidades y Amenazas	Medidas de actuación
T2	AUTOGESTIÓN	Proporción de superficie cultivada adecuada.	La autogestión de la mano de obra es reducida.	Puede mejorarse reduciendo el número de actividades económicas que el gestor desarrolla fuera de la explotación estudiada, viviendo más cerca del la explotación, o aumentando la participación de los familiares en la gestión.
			Elevado precio de los insumos ecológicos.	Aumentar la autosuficiencia en cuanto a la alimentación.
		Buena autogestión de la mano de obra.	Escasa proporción de superficie en propiedad (dependencia del arrendatario).	Adquisición de tierras (costoso)
			Proporción de superficie cultivada escasa.	Aumentar la superficie cultivada.
			Dependencia elevada de veterinarios y medicamentos veterinarios.	Establecer planes de salud basados en la prevención, rotación del ganado, reducción de cargas ganaderas, reserva de parcelas, planes de pastoreo.
T3		Propiedad de la tierra.	Elevada dependencia externa de la alimentación y de otros bienes y servicios, a pesar de su baja productividad.	Ajustar el racionamiento y la organización de la reproducción en base a los recursos alimenticios.
T1	AGILIDAD EMPRESARIAL Y RIESGO ECONÓMICO	Adecuado grado de diversificación y de superficie arbolada, lo que permite aumentar las fuentes de ingresos.	Escasa diversificación.	Debe aumentarse el número de actividades y productos.
T2			Escasa diversificación empresarial. El área arbolada es escasa. Escasa agilidad y elevado riesgo.	Debe aumentarse el área arbolada ya que permite aumentar las fuentes de ingresos (inclusión de cerdo ibérico, leña, corcho, caza, agro-turismo, turismo ornitológico, etc.; subvenciones relativas a reforestación, etc.).
T3		Superficie arbolada.	Grado de diversificación empresarial insuficiente.	Debe aumentarse el número de actividades y productos.

Los autores (Lobley et al., 2013; Gasparatos et al., 2008; Cabrera et al., 2013; Lebacqz et al., 2013), como la satisfacción laboral¹, las oportunidades laborales (cantidad y tipo de mano de obra), el grado de interacción social, el género, la edad del gestor y su intención de continuar, así como la distancia a servicios y centros de transformación, influyen sobre la calidad de vida y la fijación de población en el territorio.

En este sentido, se ha observado que las explotaciones pertenecientes a la tipología 1 obtuvieron las puntuaciones más elevadas. Estas diferencias se debieron a la mayor estabilidad laboral de la que gozan sus trabajadores, así como al atractivo que presenta a nivel laboral debido a su mayor creación de puestos de trabajo externos (fuera del núcleo familiar), y a la mayor interacción social entre los gestores de estas explotaciones. Respecto a la distancia a los mataderos, las explotaciones de la tipología 2 se encuentran más cerca de los mataderos. Esto es debido a que esta tipología está principalmente formada por explotaciones convencionales (a diferencia de la tipología 1) y, por ello, la oferta de mataderos en los que pueden sacrificar el ganado es mayor (el número de mataderos certificados como ecológico es escaso en la región).

Manejo del agro-ecosistema y del rebaño

En relación con la sostenibilidad de las prácticas del agro-ecosistema y del rebaño, las explotaciones pertenecientes a la tipología 1 destacaron respecto al resto de tipologías, especialmente sobre las de la tipología 2. Esto es debido, entre otras causas, a que presentaron menores cargas ganaderas que la tipología 2. Asimismo, la tipología 1 empleaba

mayor número de prácticas agrarias recomendables en cuanto al manejo del suelo y de los cultivos, así como un manejo del estiércol más adecuado.

Además, esta tipología presentó un mayor porcentaje de explotaciones mixtas y con mayor grado de integración de especies ganaderas, cultivos y arbolado. En este sentido la implantación de sistemas mixtos en ecosistemas agroforestales son muy interesantes, ya que según Dumont et al. (2013), la desvinculación entre ganado y tierra es probablemente el principal problema que amenaza la sostenibilidad de los sistemas de producción animal. Esta integración reduce el uso de inputs y enriquece el suelo con nutrientes y microorganismos. Asimismo, el aporte de nutrientes por los estiércoles, mejora la fertilidad del suelo, su capacidad de retención de agua, y su integridad funcional (Bernués et al., 2011). Por otro lado, la integración de diversas especies ganaderas permite un mejor aprovechamiento de los recursos, aumentando los servicios ecosistémicos, el valor paisajístico y la fijación de carbono (Sanderson et al., 2013). Estas ventajas, junto con la presencia de arbolado, juega un papel muy importante a nivel medioambiental, ya que mejora la producción de pastos (al facilitar la accesibilidad de los recursos para éstos), mejora la biodiversidad, y reduce la lixiviación de nutrientes y agroquímicos (Nerlich et al., 2013).

Respecto al uso de pesticidas, herbicidas, fertilizantes minerales y medicamentos veterinarios de forma preventiva, las tipologías 1 y 3 obtuvieron las mejores puntuaciones. Estos es debido a que estas tipologías estaban integradas por gran cantidad de explotaciones ecológicas, las cuales, de acuerdo con el Reglamento CE No 834/2007 y sus modificacio-

1. En este trabajo, este indicador integra varios aspectos: (i) la dureza del trabajo; (ii) la vocación y satisfacción personal aportada por la actividad ganadera; (iii) la satisfacción con la situación del sector ganadero: su poder de negociación y sus relaciones con las Instituciones públicas.

nes posteriores, no pueden hacer uso de las sustancias anteriormente mencionadas.

Asimismo, las explotaciones de la tipología 1 contribuyeron más al secuestro de carbono y presentaron un mayor porcentaje de razas autóctonas, lo cual, aumenta la estabilidad del sistema (Nahed *et al.*, 2006).

Autogestión

En relación con la autogestión, la tipología 3 obtuvo la mejor puntuación, observándose diferencias con la tipología 2, principalmente. Esto se debió a que presentaron un mayor porcentaje de mano de obra familiar y menores consumos intermedios que el resto de tipologías.

Los sistemas de producción de rumiantes deben mejorar su autogestión debido a su escaso poder financiero para adquirir insumos (agudizado por la tendencia alcista de precios). Adicionalmente, la escasa rentabilidad y la dependencia de las subvenciones de las explotaciones ganaderas de dehesa (Gaspar *et al.*, 2007; Franco *et al.*, 2012) incrementa la necesidad de aumentar la autogestión. Asimismo, dado que el coste derivado de la mano de obra constituye una parte importante de los costes totales de las explotaciones basadas en el pastoreo del Mediterráneo (Gaspar *et al.*, 2007; Ripoll-Bosch *et al.*, 2013), también es necesario reducir la necesidad de mano de obra.

Agilidad empresarial y Riesgo económico

La agilidad de explotaciones de ciclo productivo largo y con elevado capital fijo ganado (como las explotaciones de ganado vacuno de carne de dehesa) es reducida. Por ello, aspectos como la facilidad para rediseñar el sistema, la diversificación empresarial, la facilidad de acceso a las explotaciones, y el perfil del gestor (edad y nivel de estudios) son de gran relevancia.

Globalmente, las tipologías 1 y 3 se presentaron como las más ventajosas. En la tipología 1 esto es debido al mayor grado de diversificación, lo cual, conlleva beneficios económicos ya que reduce el riesgo y aumenta las economías de alcance (Sanderson *et al.*, 2013). Además, debido a la relación entre producción ecológica y agro-ecoturismo (Kuo *et al.*, 2006), facilita aún más la diversificación de las tipologías 1 y 3, ya que cuentan con la mayor parte de las explotaciones ecológicas. Asimismo, la mayor conservación del medio promovida por los sistemas ecológicos, debido a la limitación en el uso de agroquímicos, permitiría diversificar aún más la fuente de ingresos derivada de actividades como el turismo ornitológico y de la percepción de ayudas agroambientales por prestación de servicios ecosistémicos (Tacconi, 2012).

En relación al aspecto social, la edad de los ganaderos y su nivel de estudios condicionan de manera importante la agilidad de la explotación y su predisposición a implementar nuevas técnicas y sistemas, así como a llevar a cabo inversiones para adaptarse ante cambios externos. Sin embargo, no se han observado diferencias en el perfil de los productores. Esto puede deberse a que las similitudes en el manejo de los sistemas estudiados no hace necesario que los productores tengan un perfil diferente en base a los parámetros estudiados.

Conclusiones

El trabajo aborda un nuevo enfoque para la evaluación de la sostenibilidad de los sistemas de producción animal en base a bloques de actuación. Éstos facilitan el entendimiento de conceptos por parte de los productores y permite la puesta en práctica de estrategias de mejora según las tipologías de explotación.

Se observaron tres tipologías de explotaciones en relación a las puntuaciones alcanzadas

en los bloques de actuación. La primera tipología (explotaciones ecológicas) estaba formada por explotaciones con elevada sostenibilidad y con las mayores puntuaciones para todos los bloques de actuación, excepto para la autogestión. La segunda tipología (mayoritariamente convencionales) estaba compuesta por explotaciones de sostenibilidad reducida, bajas puntuaciones para todos los bloques de actuación, excepto para el bloque productividad y competitividad (puntuaciones intermedias). La tercera tipología (mixta), constituida por explotaciones convencionales y ecológicas en una proporción 1:1, presentó un elevado grado de autogestión, pero su sostenibilidad también fue reducida (muy similar a la de la tipología 2). También se caracterizó por su escasa Competitividad y Productividad.

De estos resultados se deduce que la tipología 1 (ecológica) es el sistema de producción más sostenible a nivel global, seguida de las tipologías 3 (mixta) y 2 (mayoritariamente convencionales). Sin embargo, existen aspectos en los que la tipología 1 (explotaciones ecológicas) debe mejorar: aspectos laborales, solventar la escasa dotación de mataderos ecológicos existentes, y limitaciones en su autogestión derivadas del alto precio de los alimentos ecológicos y de su escasa oferta. La mejora de estos aspectos contribuiría a un aumento de la calidad de vida y de la dinamización de las zonas rurales. La tipología 2 (mayoritariamente convencionales) debería mejorar en el manejo del agroecosistema y del rebaño, es decir, la incorporación a su modelo productivo de prácticas agrarias medioambientalmente sostenibles y un control de la sanidad animal basado en la prevención. La tipología 3 debe mejorar, principalmente, su productividad y competitividad.

En términos generales, todas las explotaciones deben llevar a cabo medidas de actuación en relación al manejo del agro-ecosistema, la competitividad, la agilidad empresarial, y el

riesgo económico. Estos aspectos pueden mejorarse mediante el uso de la agricultura de conservación, la finalización de los animales mediante el cebo y la participación activa de los productores en la cadena alimentaria; tanto en la producción de los alimentos para la ganadería, como en la elaboración y comercialización de sus propios productos.

Agradecimientos

Investigación financiada por el proyecto INIA-RTA2009-00122-C03-03.

Bibliografía

- Astier M, Speelman EN, López-Ridaura S, Masera OR, González-Esquivel, CE (2011). Sustainability indicators, alternative strategies and trade-offs in peasant agroecosystems: analysing 15 case studies from Latin America. *International Journal of Agricultural Sustainability* 9: 409-422.
- Blanco-Penedo I, López-Alonso M, Shore RF, Miranda M, Castillo C, Hernández J, Benedito JL (2012). Evaluation of organic, conventional and intensive beef farm systems: health, management and animal production. *Animal* 6: 1503-1511.
- Bernués A, Ruiz R, Olaizola A, Villalba D, Casasús I (2011). Sustainability of pasture-based livestock farming systems in the European Mediterranean context: Synergies and trade-offs. *Livestock Science* 139: 44-57.
- Binder CR, Feola G, Steinberger JK (2010). Considering the normative, systemic and procedural dimensions in indicator-based sustainability assessments in agriculture. *Environmental Impact Assessment Review* 30: 71-81.
- Cabrera E, Gallardo R, Gómez-Limón JA (2013). La sostenibilidad del olivar: producción convencional vs. ecológica en Los Pedroches. *Información Técnica Económica Agraria* 109: 345-369.

- CAYMA. 2003. Plan Forestal de Extremadura. Dirección General de Medio Ambiente. Consejería de Agricultura y Medio Ambiente de la Junta de Extremadura.
- Dumont B, Fortun-Lamothe L, Jouven M, Thomas M, Tichit M (2013). Prospects from agroecology and industrial ecology for animal production in the 21st century. *Animal* 7: 1028-1043.
- Franco JA, Gaspar P, Mesías FJ (2012). Economic analysis of scenarios for the sustainability of extensive livestock farming in Spain under the CAP. *Ecological Economics* 74: 120-129.
- Garrity DP (2004). Agroforestry and the achievement of the Millennium Development Goals. *Agroforestry Systems* 61: 5-17.
- Gaspar P, Mesías FJ, Escribano M, Rodríguez de Ledesma A, Pulido F (2007). Economic and management characterization of dehesa farms: implications for their sustainability. *Agroforestry Systems* 71: 151-162.
- Gaspar P, Mesías FJ, Escribano M, Pulido F (2009a). Sustainability in Spanish extensive farms (Dehesas): an economic and management indicator-based evaluation. *Rangeland Ecology and Management* 62: 153-162.
- Gaspar P, Mesías FJ, Escribano M, Pulido F (2009b). Evaluación de la sostenibilidad en explotaciones de dehesa en función de su tamaño productivo y orientación ganadera. *Información Técnica Económica Agraria* 2: 117-141.
- Gasparatos A, El-Haram M, Horner M (2008). A critical review of reductionist approaches for assessing the progress towards sustainability. *Environmental Impact Assessment Review* 28: 286-311.
- Gómez-Gutiérrez JM, Pérez-Fernández M (1996). The "dehesas": silvopastoral system in semiarid Mediterranean regions with poor soils, seasonal climate and extensive utilization. En: *Western European Silvopastoral Systems* (Ed. Etienne M), INRA, Paris, pp. 55-70.
- Jose S (2009). Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforestry Systems* 34: 27-31.
- Kuo NW, Chen YJ, Huang C-L (2006). Linkages between organic agriculture and agro-ecotourism. *Renewable Agriculture and Food Systems* 21: 238-244.
- Lebacqz T, Baret PV, Stilmant D (2013). Sustainability indicators for livestock farming. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 33: 311-327.
- Lobley M, Butler A, Winter M (2013). Local Organic Food for Local People? Organic Marketing Strategies in England and Wales. *Regional Studies* 47: 216-228.
- MAGRAMA (2007). Tercer Inventario Nacional Forestal. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/inventario-forestal-nacional/default.aspx>. Último acceso: 26/11/2013.
- MAGRAMA (2011). Resultados de las encuestas de ganado bovino. Noviembre de 2011. Secretaría General Técnica, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 10 pp.
- Manos B, Bournaris T, Chatzinikolaou P, Berbel J, Nikolov D (2013). Effects of CAP policy on farm household behaviour and social sustainability. *Land Use Policy* 31: 166-181.
- Masera O, Astier S, López-Ridaura S (1999). Sostenibilidad y manejo de los recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS. Ed. Mundi-Prensa, S.S.; Gira, IE-UNAM, México, México, 109 pp.
- Merlín-Urbe Y, González-Esquivel CE, Contreras-Hernández A, Zambrano L, Moreno-Casasola P, Astier M (2013). Environmental and socio-economic sustainability of chinampas (raised beds) in Xochimilco, Mexico City. *International Journal of Agricultural Sustainability* 11: 216-233.
- Milán MJ, Bartolomé J, Quintanilla R, García-Cachán MD, Espejo M, Herraiz PL, Sánchez-Recio JM, Piedrafita J (2006). Structural characterisation and typology of beef cattle farms of Spanish wooded rangelands (dehesas). *Livestock Science* 99: 197-209.
- Murillo LR, Corrales N, Escribano M, Sánchez M (2009). Masas arboladas y fijación de emisiones. En: *Balanzas ambientales de España*. Ed. Servicio de publicaciones de la Universidad de Extremadura, Cáceres, Spain, pp. 79-110.

- Nahed J, Castel JM, Mena Y, Caravaca F (2006). Appraisal of the sustainability of dairy goat systems in Southern Spain according to their degree of intensification. *Livestock Science* 101: 10-23.
- Nair PKR, Gordon AM, Mosquera-Losada MR (2008). Agroforestry. En: *Ecological engineering: encyclopedia of ecology* (Eds, Jorgenson SE, Fath BS), vol 1. Ed. Elsevier, Oxford, pp. 101-110.
- Nerlich K, Graeff-Hönniger S, Claupein W (2013). Agroforestry in Europe: a review of the disappearance of traditional systems and development of modern agroforestry practices, with emphasis on experiences in Germany. *Agroforestry Systems* 87:475-492.
- Reglamento CE No 834/2007 del Consejo de 28 de junio de 2007 sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos y por el que se deroga el Reglamento (CEE) no 2092/91.
- Ripoll-Bosch R, Díez-Unquera B, Ruiz R, Villalba D, Molina E, Joy M, Olaizola A, Bernués A (2012). An integrated sustainability assessment of Mediterranean sheep farms with different degrees of intensification. *Agricultural Systems* 105: 46-56.
- Ripoll-Bosch R, Joy M, Bernués A (2013). Role of self-sufficiency, productivity and diversification on the economic sustainability of farming systems with autochthonous sheep breeds in less favoured areas. *Animal* 4: 1-9.
- Sanderson MA, Archer D, Hendrickson J, Kronberg S, Liebig M, Nichols K, Schmer M, Tanaka D, Aguilar J (2013). Diversification and ecosystem services for conservation agriculture: outcomes from pastures and integrated crop-livestock systems. *Renewable Agriculture and Food Systems* 28: 129-144.
- Smith J, Pearce BD, Wolfe MS (2013). Reconciling productivity with protection of the environment: Is temperate agroforestry the answer? *Renewable Agriculture and Food Systems* 28: 80-92.
- Tacconi L (2012). Redefining payments for environmental services. *Ecological Economics* 73: 29-36.
- Ten Brink BJE, Hosper SH, Colin F (1991). A quantitative method for description and assessment of ecosystems: the AMOEBA approach. *Marine Pollution Bulletin* 23: 265-270.
- Veyssset P, Bécherel F, Bébin D (2009). Organic suckling cattle farming system in the Massif Central: Technical and economic results. *INRA Productions Animales* 22: 189-196.

(Aceptado para publicación el 15 de mayo de 2014)

Nota técnica

Carne de vacuno normal vs. DFD: valoración por un panel de consumidores y comparación mediante pH y color

R. Álvarez*, M. Valera y M.J. Alcalde

Departamento de Ciencias Agroforestales, Universidad de Sevilla, Ctra. Utrera km 1, 41013 Sevilla, España

Resumen

El objetivo de este estudio fue la valoración de dos tipos de carne de vacuno (normal y DFD) por parte de un panel de consumidores no entrenados, así como su comparación mediante pH, parámetros de color (L^* , a^* , b^* , C^* y h°) y espectros de reflectancia (400-700 nm). Todos los parámetros se midieron tras 8 días de maduración. Además, 64 consumidores valoraron, la aceptabilidad de la ternera, de la jugosidad y del sabor y la aceptabilidad global de los dos tipos de carne. Las variables de color confirmaron que la carne DFD presenta un color más oscuro, más marrón y más saturado ($P < 0,001$) que la carne normal. En los espectros de reflectancia las diferencias más significativas ($P < 0,001$) entre ambos tipos de carne aparecieron a partir de 500 nm. Se encontraron diferencias significativas para la aceptabilidad de la ternera ($P < 0,001$), de la jugosidad y la global ($P < 0,01$). Pudiéndose confirmar que los consumidores prefirieron la carne DFD frente a la de pH normal.

Palabras clave: Análisis sensorial, ternera, jugosidad, aceptabilidad global.

Abstract

Normal vs. DFD beef: evaluation by a consumer panel and comparison by pH and color

The aim of this report was to evaluate normal and DFD beef by a consumer panel, as well as to compare both types of meat through their pH, colour parameters (L^* , a^* , b^* , C^* y h°) and reflectance spectra (400-700 nm). All parameters were measured at 8 days of ageing. Besides, 64 consumers evaluated acceptability of tenderness, juiciness, flavor and overall acceptability for the two types of meat. Colour variables supported that DFD meat colour is darker, browner and more saturated ($P < 0,001$) than normal meat. In the reflectance spectra the more significant differences ($P < 0,001$) between the two types of meat appeared from 500 nm. Significant differences between both types of meat were observed for acceptability of tenderness ($P < 0,001$), juiciness and overall acceptability ($P < 0,01$). Therefore, it could be said that consumers preferred the DFD meat than the normal one.

Key words: Sensory analysis, tenderness, juiciness, overall acceptability.

* Autor para correspondencia: ralvarez1@us.es

<http://dx.doi.org/10.12706/itea.2014.023>

Introducción

Las carnes DFD (Dark, Firm and Dry) se caracterizan por un pH alto ($\text{pH} > 6,0$ 24 horas después del sacrificio) y un color rojo oscuro poco deseado que puede favorecer el rechazo de este tipo de carne respecto a la carne de pH normal por parte del consumidor ya que el color es uno de los principales factores considerado a la hora de tomar una decisión de compra de carne de vacuno (Carpenter et al., 2001; Viljoen et al., 2002). Sin embargo, Viljoen et al. (2002) establecieron que no existen pruebas claras de que las características de palatabilidad de la carne DFD difieran de la de pH normal. Además, Albertí et al. (2005) señalaron que los distintos estados químicos de la mioglobina, principales responsables del color de la carne, se pueden ver reflejados en el espectro de reflectancia de la carne. Así, estudios previos (Mancini et al., 2005) demostraron que los espectros de reflectancia son útiles para evaluar el estado de dicho pigmento en la carne de vacuno y diferenciar las carnes según su pH. Sin embargo, no hay mucha información respecto al uso de los espectros de reflectancia con este fin.

Por ello, el objetivo de este estudio fue la evaluación de dos tipos de carne de vacuno cocinada (normal y DFD) por parte de un panel de consumidores no entrenados así como su comparación mediante su pH, sus parámetros de color y sus espectros de reflectancia.

Material y métodos

Muestras de carne

Se utilizaron las canales de catorce machos de 13 meses de edad procedentes de un cruce de las razas Charolesa y Pirenaica. Los terneros fueron destetados a los seis meses de edad y fueron trasladados para su engorde en régimen intensivo a un cebadero de Castellón

dónde fueron sacrificados según la normativa Europea (Reglamento (CE) del Consejo No 1099/2009, de 24 septiembre de 2009) y con un peso vivo medio de $578 \pm 2,52$ kg. Los sacrificios se llevaron a cabo en cuatro tandas de forma que se eligieron los animales con pesos similares con el fin de evitar que el peso fuera un factor de variación importante (grupos homogéneos). En todos los casos, los animales tuvieron una espera de una noche en el matadero antes del sacrificio. Inmediatamente después del sacrificio las canales fueron llevadas a una cámara frigorífica a 4°C y tras 24 horas se les midió el pH (pH_{24}) para clasificarlas como normales o DFD. Se utilizó un pHmetro CRISON pH25 provisto de un electrodo de penetración que fue insertado en el músculo *Longissimus dorsi* (LD) a la altura del espacio intercostal correspondiente a las costillas 12ª y 13ª de cada media canal derecha. Estudios previos (Corstiaensen et al., 1981; Viljoen et al., 2002) establecen que la carne de vacuno DFD presenta valores de pH_{24} superiores a 6,0, por lo que en este estudio las canales se clasificaron en dos grupos, como normal ($\text{pH} = 5,52 \pm 0,03$) o DFD ($\text{pH} = 6,25 \pm 0,09$) ($P < 0,01$). Así, de las canales medidas, ocho pertenecían al grupo de pH normal ($575 \pm 3,07$ kg) y seis al de canales DFD ($583 \pm 3,01$ kg). Una vez las canales fueron clasificadas, se extrajo de la media canal derecha, la porción de lomo correspondiente a la 6ª vértebra torácica, se dividió en dos piezas, se envasaron al vacío, y fueron transportados, a 4°C mediante transporte isoterma, al laboratorio de análisis sensorial del Área de Producción Animal de la Universidad de Sevilla. Las muestras se mantuvieron envasadas a vacío y a 4°C durante 8 días, momento en el cuál se congelaron a -20°C . La carne fue descongelada antes de los análisis, manteniéndola durante 24 horas a 4°C .

Previo al análisis sensorial, y con el fin de caracterizar los dos tipos de carne de acuerdo a sus parámetros de color, se utilizó un espectrocolorímetro CM-700d (Konica Minolta Holdings, Inc, Osaka, Japón) de acuerdo con

la normativa CIE (1986). Se empleó un iluminante D_{65} y un observador con un ángulo de 10° . Se realizó un corte en la carne para permitir que las muestras se oxigenasen durante una hora antes de las medidas. Se registraron los valores de claridad (L^*), índice de rojo (a^*) e índice de amarillo (b^*). También, se calculó el tono, $h^\circ = \arctan(b^*/a^*) * 57.29$, y el croma, $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{0.5}$. Además, se obtuvieron los espectros de reflectancia en la región visible (entre 400 nm y 700 nm cada 10 nm) medidos como porcentaje de reflectancia.

Análisis sensorial

En el análisis sensorial se utilizó un panel de 64 consumidores, de los cuales el 53% eran hombres y el 47% mujeres. El 59% de dichos consumidores tenían una edad comprendida entre 18 y 25 años y el 41% entre 25 y 60 años. El análisis sensorial se realizó en ocho sesiones de ocho consumidores cada una, todo el mismo día, es decir, tras 8 días de maduración de la carne. Se valoraron las muestras correspondientes a los ocho lomos de carne de vacuno normal y a los seis lomos de carne DFD. La cata fue realizada en el laboratorio de análisis sensorial de la Universidad de Sevilla, el cual cumple con la norma internacional ISO 8589 (1988). Las muestras de carne se cocinaron en una parrilla, sin añadir ningún condimento, hasta que la carne alcanzó una temperatura interna de 70°C , momento en que las muestras fueron entregadas a los consumidores. La grasa externa fue eliminada. A cada consumidor se le presentó un plato con una muestra de carne normal y otra de carne DFD. Tanto el orden de presentación (es decir, a la derecha o a la izquierda en el plato) como el código de numeración de la muestra fue aleatorizado para cada consumidor, presentando cada muestra un código de presentación diferente. Se pidió a los consumidores que evaluaran cuatro atributos de la carne: aceptabilidad de la ternura, de la ju-

gosity, del sabor y global, siguiendo una escala de puntuación estructurada de 1 ("no me gusta nada") a 10 ("me gusta mucho").

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos, se utilizó el paquete estadístico 15.0 SPSS para Windows (SPSS Inc., 2006). Mediante un análisis de la varianza (Modelo Lineal Generalizado o MLG) se determinó el efecto de los dos tipos de carne (normal y DFD) en los parámetros de color y para cada longitud de onda medida en los espectros de reflectancia (cada 10 nm). También mediante un MLG se estudió el efecto del tipo de carne sobre los parámetros sensoriales: la aceptabilidad de la ternura, la jugosidad, el sabor y la aceptabilidad global.

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se pueden observar los valores de los parámetros de color para los dos tipos de carne estudiados. Así, todos los parámetros mostraron diferencias significativas entre los dos tipos de carne (Tabla 1). De acuerdo con estudios previos (Abril et al., 2001; Zhang et al., 2005; Adzitey y Nurul, 2011), los valores de L^* , a^* , b^* y C^* fueron más altos para la carne normal que para la DFD ($P < 0,001$), lo cual indica que la carne DFD es más oscura, y que tiene un color más marrón y más saturado. Además, en la Figura 1 se muestran los espectros de reflectancia, medidos en %, de los dos tipos de carne, los cuales mostraron diferencias significativas ($P < 0,01$) a lo largo de todo el espectro encontrándose las diferencias más significativas ($P < 0,001$) a partir de 500 nm. El espectro de la carne DFD mostró, a todas las longitudes de onda medidas, menor % de reflectancia que el de la carne de pH normal, lo cual está en consonancia con los estudios de Abril et al. (2001). Estos au-

Tabla 1. Efecto del tipo de carne (DFD vs Normal) sobre los parámetros de color (L*, a*, b*, C* y h°) a 8 días de maduración

Table 1. Effect of the type of meat (DFD vs Normal) on the colour parameters (L*, a*, b*, C* and h°) at 8 days of ageing

Variables	Carne normal	Carne DFD	Significación
L*	43,21 ± 0,11	35,43 ± 0,16	***
a*	14,30 ± 0,14	8,84 ± 0,13	***
b*	14,03 ± 0,13	8,85 ± 0,12	***
C*	20,04 ± 0,19	12,51 ± 0,18	***
h°	44,45 ± 0,02	45,03 ± 0,05	**

Niveles de significación: ***P* < 0.01, ****P* < 0,001, n.s.: no significativo.

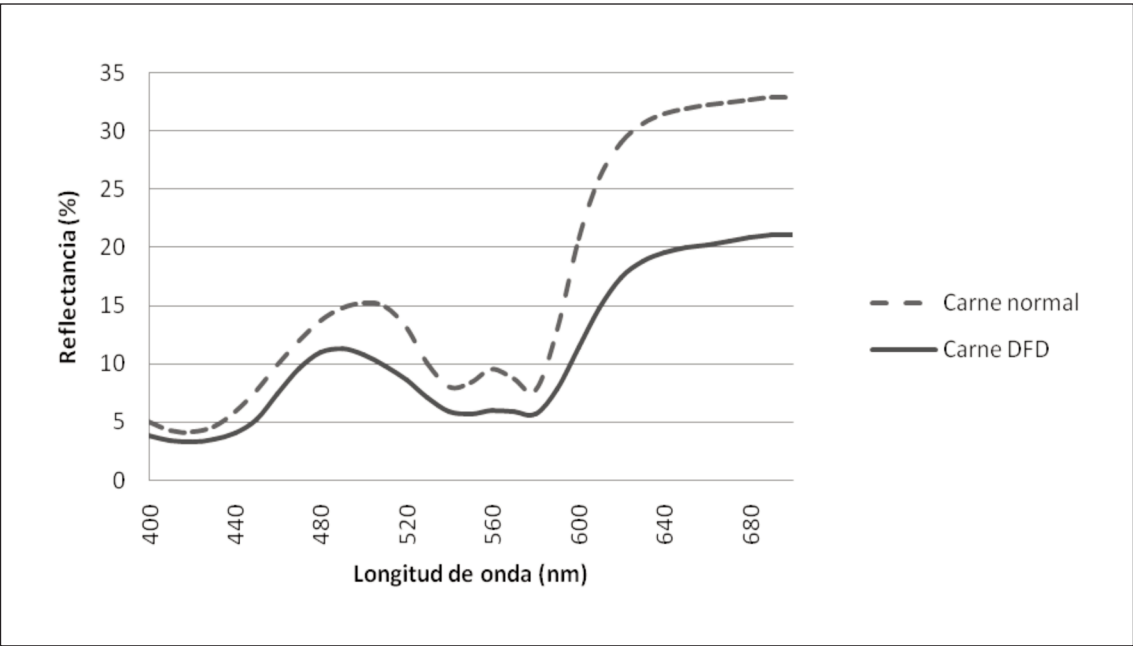


Figura 1. Espectros de reflectancia (%), de 400 a 700 nm, de la carne normal y DFD a 8 días de maduración.

Figure 1. Reflectance (%) spectra, between 400 and 700 nm, of normal and DFD meat at 8 days of ageing.

tores también demostraron que los valores inferiores de L^* en la carne DFD son debidos a la menor cantidad de luz reflejada lo que confiere a las carnes DFD un aspecto menos brillante. Además, el pico que aparece a 560 nm ha sido atribuido (Abril et al., 2001; Ripoll et al., 2011) a la forma oxigenada de la mioglobina (MbO_2), caracterizada por un color rojo brillante; por lo que se podría decir, según estos autores, que la carne normal contiene más cantidad de MbO_2 que la carne DFD. Estas afirmaciones podrían explicar por qué la carne DFD mostró un color más oscuro y marrón, lo que podría suponer el rechazo por parte de los consumidores a la hora de la compra.

La Figura 2 muestra las medias, el error estándar y el análisis de la varianza de la aceptabilidad de la terneseza, de la jugosidad, del

sabor y la aceptabilidad global para ambos tipos de carne. Viljoen et al. (2002) no encontraron diferencias en las opiniones generales de los consumidores acerca del olor, la apariencia, el sabor, la textura, la jugosidad y la aceptabilidad global para carne de pH normal y carne DFD (ambas cocinadas). Esta afirmación contrasta con nuestros resultados (Figura 2) ya que el único atributo que no mostró diferencias significativas ($P > 0,05$) con respecto al tipo de carne fue la aceptabilidad del sabor. La aceptabilidad de la terneseza fue el atributo que mostró (Figura 2) las diferencias más significativas ($P < 0,001$) entre la carne normal y la DFD. Estos resultados difieren de los publicados por Wulf et al. (2002), ya que en su trabajo las valoraciones de la terneseza no mostraron diferencias ($P = 0,15$) entre la carne de pH normal y la DFD.

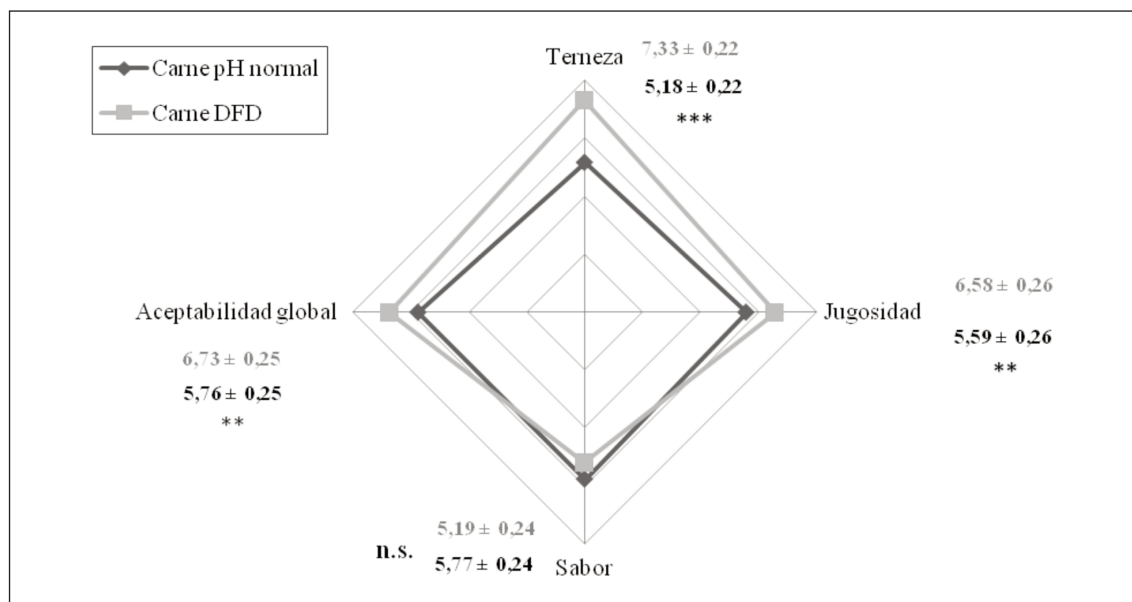


Figura 2. Medias, error estándar y Modelo Lineal Generalizado (MLG) de las valoraciones sobre la aceptabilidad de la terneseza, de la jugosidad, del sabor y de la aceptabilidad global de un panel de consumidores para las carnes normal y DFD a 8 días de maduración.

Figure 2. Means, standard error and GLM of acceptability of tenderness, juiciness, flavor and overall acceptability evaluated for a consumers' panel for normal and DFD beef at 8 days of ageing.

Niveles de significación: ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$, n.s.: no significativo.

La aceptabilidad de la jugosidad, también, presentó diferencias significativas ($P < 0,01$) entre los dos tipos de carne, obteniendo, una vez más, la carne DFD mejores valoraciones. Sin embargo, Wulf et al. (2002) no encontraron diferencias significativas para este atributo. Finalmente, también la aceptabilidad global mostró (Figura 2) diferencias significativas ($P < 0,01$) entre la carne normal y la DFD, que fue una vez más mejor valorada. Estos resultados están en desacuerdo con Viljoen et al. (2002) quienes no encontraron diferencias significativas para este atributo.

Conclusiones

Los parámetros de color y los espectros de reflectancia en carne cruda corroboraron el color más oscuro, marrón y saturado de la carne DFD, así como la menor cantidad de luz reflejada por este tipo de carne y la menor formación de MbO₂, lo que condiciona su compra y supone pérdidas para la industria cárnica. No obstante, cuando ambos tipos de carne fueron evaluados por un panel de consumidores no entrenados, que no estaban condicionados por el aspecto visual ya que la carne fue previamente cocinada, la carne DFD fue mejor valorada.

Bibliografía

- Abril M, Campo MM, Önenç A, Sañudo C, Albertí P, Negueruela AI (2001). Beef colour evolution as a function of ultimate pH. *Meat Science* 58: 69-78.
- Adzitey F, Nurul H (2011). Pale soft exudative (PSE) and dark firm dry (DFD) meats: Causes and measures to reduce these incidences - a mini review. *International Food Research Journal* 18: 11-20.
- Albertí P, Panea B, Ripoll G, Sañudo C, Olleta JL, Hegueruela I, Campo MM, Serra X (2005). Medición del color. En: Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Madrid, España. 445 pp.
- Carpenter CE, Cornforth DP, Whittier D (2001). Consumer preferences for beef color and packaging did not affect eating satisfaction. *Meat Science* 57: 359-363.
- CIE: Commission Internationale de l'Eclairage (1986). *Colorimetry*, 2nd. Ed. Publication CIE (no 15.2). CIE, Vienna, Austria.
- Corstiaensen GP, Van Logtestijn JG, Romme AM, Vincenten CJ, Westgeest PW (1981). Dark, firm and dry meat in beef bulls. Appearance and significance (author's trans). *Tijdschrift voor Diergeneeskunde* 106: 655-661.
- ISO: International Organization for Standardization (1988). *Sensory Analysis. General guidance for the design of test rooms*, ISO 8589:1988 standard. ISO, Gèneve, Switzerland.
- Mancini RA, Hunt MC, Hachmeister KA, Kropf DH, Johnson DE (2005). Exclusion of oxygen from modified atmosphere packages limits beef rib and lumbar vertebrae marrow discoloration during display and storage. *Meat Science* 69: 493-500.
- Reglamento (CE) del Consejo No 1099/2009 de 24 de septiembre de 2009 relativo a la protección de los animales en el momento de la matanza. *Diario Oficial de la Unión Europea L 303*: 1-30.
- Ripoll G, Alcalde MJ, Horcada A, Panea B (2011). Suckling kid breed and slaughter weight discrimination using muscle colour and visible reflectance. *Meat Science* 87: 151-156.
- Viljoen HF, De Kock HL, Webb EC (2002). Consumer acceptability of dark, firm and dry (DFD) and normal pH beef steaks. *Meat Science* 61: 181-185.
- Wulf DM, Emnett RS, Leheska JM, Moeller SJ (2002). Relationships among glycolytic potential, dark cutting (dark, firm, and dry) beef, and cooked beef palatability. *Journal of Animal Science* 80: 1895-1903.
- Zhang SX, Farouk MM, Young OA, Wieliczko KJ, Podmore C (2005). Functional stability of frozen normal and high pH beef. *Meat Science* 69: 765-772.

(Aceptado para publicación el 22 de junio de 2014)

La creación de un centro de intercambio de derechos de agua en la Cuenca del Segre y la contribución de los flujos de retorno

M. Blanco¹ y M. Viladrich-Grau^{2,*}

¹ Departamento de Economía y Ciencias Sociales Agrarias, E.T.S. Ingenieros Agrónomos, Avda. Complutense s/n, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid

² Departament d'Administració d'Empreses i de Gestió Econòmica dels Recursos Naturals, E.T.S. Enginyeria Agrària, Universitat de Lleida Av. Rovira Roure 191, 25198 Lleida

Resumen

Los centros de intercambio de derechos de agua han sido ampliamente considerados por la literatura como instrumentos económicos de primer orden para flexibilizar la gestión del agua de riego y promover un uso sostenible de este recurso. Este artículo analiza las consecuencias de la creación de un centro de intercambio de derechos en la zona regable del Canal de Urgel. Para modelar la creación de dicho centro de intercambio el artículo emplea el modelo de programación matemática no lineal MASIA. Este trabajo, a diferencia de otros modelos de programación matemática utilizados en otras zonas regables españolas, considera la reutilización de los flujos de retorno a través del sistema de alimentadores existente en el área del Canal de Urgel. Caracteriza el comportamiento de los regantes permitiendo la adopción de nuevas tecnologías de riego así como las restricciones de carácter institucional, medioambiental y técnico existentes en la zona. Los resultados muestran que la creación de un centro de intercambio incrementa el margen neto de la Comunidad y que la reutilización del agua de riego a través del sistema de alimentadores también reporta ganancias.

Palabras clave: Reutilización y gestión agua de riego, modelo agroeconómico.

Abstract

The introduction of a water rights trading scheme in the Segre Basin and the contribution of reused irrigation water

Water trading schemes have been widely regarded by the literature as first order economic instruments to ease irrigation water management and promote sustainable use of this resource. This article analyzes the consequences of introducing a water trading scheme in the irrigated area of the Canal de Urgel. To model the creation of this pricing institution it uses the nonlinear mathematical programming model MASIA. This model, unlike other mathematical programming models used in other Spanish irrigated areas, considers the reuse of the irrigation water of the Canal de Urgel. It characterizes the behavior of farmers allowing technical progress and introducing the institutional, environmental and technical restrictions existing in the area. The results show that the establishment of a market mechanism increases the net margin of the Community and that the reuse of irrigation water also reports positive earnings.

Key words: Reuse and management of irrigation water, agro-economic model.

* Autor para correspondencia: montse.viladrich@aegern.udl.cat

<http://dx.doi.org/10.12706/itea.2014.024>

Introducción

A medida que la presión sobre los recursos hídricos se intensifica, se hace más patente la necesidad de desarrollar políticas de gestión sostenible del agua de riego. La acuciante necesidad de utilizar de forma más eficiente los recursos hídricos disponibles, junto a una mayor concienciación ambiental, han perfilado el desarrollo de políticas de gestión del agua orientadas a promover un uso más sostenible de este recurso. Entre las distintas normativas, quizá la más significativa sea la Directiva Marco del Agua (DMA), que aboga por el uso de instrumentos económicos con el fin de garantizar el uso sostenible de dicho recurso. Por otro lado, en el contexto español, la Ley de Aguas 46/1999 rompió el principio de “la vinculación del agua a la tierra” y abrió la puerta a nuevas formas de reasignación de recursos hídricos, como los contratos de cesión de derechos de uso de agua (art. 67) y los centros de intercambio (art. 71).

En un sentido amplio, un mercado de agua es un marco institucional en virtud del cual los titulares de derechos sobre el agua están autorizados, respetando las reglas establecidas, a cederlos voluntariamente a otros agentes a cambio de una compensación (Sumpsi et al., 1998)¹. Los mercados de agua han sido ampliamente estudiados en la literatura como instrumentos económicos de primer orden capaces de incentivar una asignación eficiente y facilitar una gestión sostenible de este recurso (Berbel et al., 1999; Berbel et al., 2007; Brill et al., 1997; Calatrava y Gómez-Ramos, 2009; Garrido, 1998; Garrido y Calatrava 2009; Garrido y Llamas, 2009; Michelsen et al., 1999; Riesgo y Gómez-Limón, 2005).

Los centros de intercambio son una modalidad de mercado de agua donde compradores y vendedores no intercambian directamente los derechos sino que se crea la figura de un intermediario que centraliza las ofertas y las demandas y establece el precio de la transacción. De acuerdo a la Ley de Aguas, una vez creado un centro de intercambio de derechos, el Organismo de Cuenca correspondiente queda autorizado para realizar ofertas públicas de adquisición de derechos de uso del agua para posteriormente cederlos a otros usuarios mediante procedimientos transparentes. Diversos estudios recientes ponen de manifiesto que los centros de intercambio aportan más flexibilidad a la gestión del agua de riego y promueven un uso más eficiente de la misma (Calatrava y Gómez-Ramos, 2009; Garrido y Gómez-Ramos, 2009).

En la zona regable del Canal de Urgel, la creciente demanda de agua para usos no agrícolas, la creación de nuevos distritos de riego y el proceso de cambio climático exigen una gestión sostenible del agua de riego. La creación de un centro de intercambio en la cuenca del río Segre podría ser un instrumento eficaz para facilitar dicha sostenibilidad y afrontar estos retos. Previamente a la creación de un centro de intercambio, sin embargo, es necesario aproximar el valor económico del agua en sus usos actuales. El objetivo de este trabajo es caracterizar económicamente el uso del agua en la zona regable del Canal de Urgel con el fin de evaluar la repercusión que tendría la introducción de un centro de intercambio de derechos en dicha cuenca.

Hasta la fecha no se había realizado un estudio de esta índole en esta zona regable. La

1. Para una visión más amplia y detallada de los mercados de agua se puede consultar el libro titulado “La economía del agua de riego en España” editado por Gómez-Limón et al. (2009). En particular los capítulos “El papel de los mercados de agua como instrumento de asignación de recursos hídricos en el regadío español” de Calatrava y Gómez-Ramos y “Propuesta para la implementación de un centro de intercambio basado en contratos opción” de Garrido y Gómez-Ramos.

actual red de riego del Canal de Urgel está constituida por el Canal Principal, el Canal Auxiliar, y cuatro acequias principales que, junto a las acequias secundarias y a los alimentadores, conforman un sistema de riego de 3.000 Km. Las acequias que se nutren de agua proveniente del drenaje de parcelas ya regadas, denominadas popularmente alimentadores, abastecen el 11,8% de la extensión regable de esta zona y permiten incrementar significativamente la eficiencia de su red de riego (Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca, 2005). A pesar de que Howe et al. (1986) ya señalaban la importancia de considerar estos flujos de retorno, la mayoría de estudios sobre centros de intercambio han obviado este aspecto. Si bien en España se han realizado excelentes estudios sobre centros de intercambio (Calatrava y Martínez-Granados, 2012; Gómez-Limón y Martínez, 2006; Gómez-Limón y Riesgo, 2004; Pujol et al., 2006), ninguno de ellos ha valorado las aportaciones de los flujos de retorno. La estimación de las ganancias aportadas por los flujos de retorno es, por tanto, una de las aportaciones innovadoras de este trabajo.

Por otra parte, dado que la Comunidad General de Regantes del Canal de Urgel (CGRCU) es la concesionaria del agua de riego en la zona y no existe un sistema individualizado de medición volumétrica, se considera que cualquier decisión de cesión de agua de riego deberá tomarla la CGRCU. La Comunidad determinará, en función de la compensación económica, el volumen de agua a ceder al centro de intercambio. Este trabajo se centra en analizar esta oferta de la Comunidad y su relación con la compensación económica recibida. Esta cesión de derechos resultará en una reducción del volumen de agua de riego disponible en la zona regable. Aunque existe un amplio abanico de normas de reparto de recursos hídricos (Goetz et al., 2005; Goetz et al., 2009; Alarcón et al., 2013), la norma de

reparto proporcional es la más común en España. Esta norma requiere que cualquier reducción en los recursos hídricos disponibles repercuta en la misma proporción en cada una de las unidades de riego. Este trabajo se centra en estimar las ganancias que reportaría la creación de un centro de intercambio donde la reasignación de los recursos hídricos se efectuase de forma proporcional entre las unidades de riego. Aunque este sistema de reparto presenta inconvenientes –la reducción proporcional es independiente de la rentabilidad obtenida por las diversas unidades de riego– también presenta ventajas. Un sistema de gestión de este tipo puede ser implementado sin requerir una medición volumétrica individualizada del agua de riego, es decir, puede ser implementado con la tecnología existente. Una norma de reparto que permitiese a cada unidad de riego decidir de forma independiente el volumen de agua a ceder al centro de intercambio requeriría de un sistema individualizado de medición volumétrica del agua de riego. Sin una medición volumétrica individualizada del agua cedida sería imposible comprobar que dicho volumen de agua coincide con la reducción del volumen utilizado para riego. El elevado costo de este tipo de inversiones hace que la creación de un centro de intercambio con una distribución proporcional del agua disponible para riego sea el más factible.

El artículo se estructura de la siguiente manera. En el siguiente apartado se describe y justifica la metodología elegida y se detalla el modelo de decisión utilizado en el marco de este estudio. La descripción de la zona regable del Canal de Urgel se presenta en el apartado 3. A continuación, en el apartado 4 se presentan los resultados del trabajo, primero las ganancias asociadas a la creación de un centro de intercambio y en segundo lugar las asociadas al sistema de alimentadores. Las conclusiones de este trabajo se recogen en el apartado 5.

Materiales y métodos

Modelo

Los modelos de programación matemática han ocupado un lugar dominante en el análisis de las políticas de gestión de la demanda de agua en agricultura debido a su versatilidad para incorporar complejas restricciones agronómicas, tecnológicas e institucionales (Moore et al., 1994; Howitt, 1995; Sumpsi et al., 1998; Varela et al., 1998; Blanco e Iglesias, 2005; Iglesias y Blanco 2008). En este trabajo se utiliza el modelo de programación matemática positiva MASIA (Model for Agricultural Systems Integrated Assessment) que permite representar el funcionamiento económico del sistema agrario de la zona y anticipar la respuesta de los agricultores ante cambios del entorno económico o institucional (Blanco-Fonseca et al., 2010). En particular, este modelo permite caracterizar económicamente el uso del agua en agricultura, introducir el papel jugado por los alimentadores, así como evaluar los impactos socioeconómicos y ambientales derivados del establecimiento de un centro de intercambio para el agua de riego. En este estudio, el modelo MASIA permite evaluar la repercusión que tendría en la zona regable del Canal de Urgel el establecimiento de un centro de intercambio en la cuenca del río Segre considerando las ganancias aportadas por el sistema de alimentadores.

El modelo MASIA representa tanto el comportamiento agregado de la zona regable del Canal de Urgel como el comportamiento económico de cada unidad de riego, teniendo en cuenta el conjunto de restricciones agronómicas, económicas e institucionales a que está sometida la actividad agraria (Blanco-Fonseca et al., 2010). El modelo se desarrolla en tres etapas. En la primera de ellas, se formula un modelo lineal teniendo en cuenta toda la información disponible sobre la zona de estudio. El margen neto de cada unidad de riego viene dado por:

$$MN_i = \sum_j \sum_t (p_j y_{jt} - cm_{jt}) X_{ijt}$$

donde, i representa una unidad de riego; j el tipo de cultivo; t la tecnología de riego; MN_i margen neto de la unidad de riego i ; X_{ijt} el vector de actividades (superficie dedicada al cultivo j en la unidad de riego i con la técnica de riego t); p_j el vector de precios de los productos j ; y_{jt} el vector de rendimientos de los cultivos j utilizando la técnica de riego t ; cm_{jt} el vector de costes medios (por hectárea) de producción del cultivo j con la técnica de riego t .

Se supone que el objetivo de la comunidad de regantes es la maximización del Margen Neto total (MN), que viene definido como la suma del margen neto de cada una de las unidades de riego. El modelo asigna los recursos a las distintas actividades productivas con el objetivo de maximizar el MN global de la comunidad. Por tanto, simplificando e incorporando las restricciones, el modelo puede expresarse como:

$$\text{Max } MN = \sum_i MN_i \quad [1]$$

$$\text{s.a. } \sum_j \sum_t X_{ijt} \leq s_i \quad [2]$$

$$\sum_j \sum_t a_{ijt} * X_{jt} \leq D_i * (1 + u) * h_i \quad [3]$$

$$D_i \leq d * w_i \quad [4]$$

$$C = d - \sum_i D_i \quad [5]$$

$$X_{ijt} \geq 0; \quad D_i \geq 0; \quad C \geq 0; \quad [6]$$

donde, s_i representa la superficie de cultivo correspondiente a la unidad de riego i ; a_{ijt} las necesidades hídricas de la actividad j en la unidad de riego i con la técnica de riego t ; u el incremento porcentual en términos de agua susceptible de ser utilizada para riego debido a la existencia de alimentadores, h_i coeficiente de reducción debido a las pérdidas por distribución del agua en una parcela localizada en la unidad de riego i , d el volumen de agua disponible en la comunidad de regan-

tes; D_i el volumen de agua derivada a la unidad de riego i , w_i el porcentaje de agua asignado a la unidad de riego i ; y C el volumen de agua cedida por la comunidad de regantes.

La restricción de superficie (ecuación 2) indica que, para cada unidad de riego i , la suma de superficies destinadas a diferentes cultivos j con diversas técnicas de riego t debe ser igual o inferior a la superficie cultivable en dicha unidad de riego i . El modelo MASIA incorpora dos restricciones de este tipo, una para la superficie total y otra para la superficie regable, que en la representación esquemática del modelo no se han detallado. La ecuación de uso de agua de riego (ecuación 3) muestra que el volumen de agua utilizado por los cultivos en la unidad de riego i debe ser inferior o igual al volumen de agua disponible a pie de parcela en dicha unidad de riego i . Esta ecuación tiene en cuenta tanto las pérdidas asociadas al transporte y distribución del agua de riego en parcela, representadas por el coeficiente h , como los incrementos posibilitados por el uso de alimentadores u . La restricción de disponibilidad de agua (ecuación 4) indica que el volumen de agua de riego derivado a la unidad i no puede superar un determinado porcentaje (w_i) del volumen disponible para el conjunto de la comunidad de regantes, porcentaje que depende de las reglas de reparto. En el caso de la norma de reparto proporcional, esta restricción asegura que cualquiera que sea el volumen de agua destinada a riego por la Comunidad, el porcentaje de agua recibida en cada unidad de riego (i) será el mismo que dicha unidad recibía en el escenario base. Por último, la ecuación 6 indica que el volumen cedido por la comunidad de regantes será la diferencia entre el volumen disponible y el volumen total suministrado a las unidades de riego.

No todas las restricciones pueden incorporarse fácilmente en el modelo. Mientras que la formulación matemática de algunas restricciones (disponibilidad de tierra, por ejemplo)

no presenta especial dificultad, la especificación de otras restricciones (heterogeneidad de la calidad de la tierra, rotaciones de cultivo, incertidumbre climática o de precios, etc.) resulta muy compleja, o incluso inabordable, dadas las limitaciones en la disponibilidad de información. La mayor parte de los estudios económicos de sistemas agrarios adolecen de los mismos problemas de falta de información. Para solventar este problema de falta de información, el enfoque de programación matemática positiva permite utilizar la información disponible –las decisiones observadas en un periodo de referencia– para extraer información adicional sobre los factores que condicionan la producción y utilizar esta información adicional para calibrar el modelo. Son numerosos los modelos de análisis de políticas agrarias y ambientales que han incorporado este enfoque (Bauer y Kasnakoglu, 1990; Barkaoui y Bultault, 1998; Gohin y Chantreuil, 1999; Paris y Howitt, 1998; Heckelei y Britz, 2000; Iglesias y Blanco, 2008, Blanco *et al.*, 2008). Asumiendo que los agricultores toman las mejores decisiones posibles en función de sus objetivos y dada la información de que disponen, se estima y ajusta económicamente la función objetivo de forma que la solución del modelo se aproxime a las decisiones observadas en el año de referencia. En este caso se estiman los coeficientes de una función de costes totales cuadrática y se utilizan dichas estimaciones para parametrizar la función de costes medios, $CMe_{ijt} = \alpha_{ijt} + \beta_{ijt} x_{ijt} + \gamma_j \sum_i x_{ijt}$, que forma parte de la función objetivo. Los valores de los parámetros estimados reflejan las condiciones que, debido a limitaciones en la disponibilidad de información, no ha resultado posible introducir de forma explícita.

La programación matemática positiva permite calibrar el modelo respecto a las decisiones observadas en escenario base y responder de forma continua ante cambios en los parámetros exógenos del modelo. Estos

modelos permiten simular la respuesta del agricultor ante cambios exógenos (condiciones del mercado, política del agua, etc.) y anticipar, por tanto, los impactos sobre las decisiones de las unidades de riego de cambios potenciales en el entorno socioeconómico o institucional. Una desventaja de la programación matemática positiva es, sin embargo, su limitada capacidad para modelizar actividades no presentes en la situación base pero que podrían ser adoptadas si el entorno socioeconómico cambiase. En el presente modelo se representa el comportamiento del agricultor ante cambios en el coste de oportunidad del agua de riego y para ello se permite la posibilidad de adopción de nuevas tecnologías de riego así como cambios en los cultivos. Para incorporar estas posibilidades se sigue el modelo desarrollado por Blanco *et al.* (2003) que se enmarca en la tradición de Röhm y Dabbert (2003), y que permite modelizar diferentes técnicas de producción y riego de forma realista, considerando efectos sustitución entre las distintas técnicas y entre distintos cultivos.

Una vez estimados los coeficientes de las funciones de costes, y considerando la compensación por el agua cedida, la expresión del margen neto de la unidad de riego sería:

$$MN_i = \sum_j \sum_t (p_j y_{jt} - CMe_{ijt}) X_{ijt} + \delta * C_i \quad [7]$$

Se asume que el organismo regulador que gestiona el centro de intercambio determina de forma exógena la compensación que percibirán los agentes por la cesión de los derechos. El parámetro δ refleja dicha compensación (o coste de oportunidad) por el agua cedida establecida por el organismo regulador y C_i el volumen de agua cedida. Por último, la tercera etapa consiste en definir y simular los escenarios potenciales. El modelo así definido reproduce las decisiones de la explotación observadas en el periodo de referencia y permite anticipar los efectos de medidas alternativas de política de aguas.

Escenarios de simulación considerados

En la actualidad no existe un centro de intercambio de derechos en la Cuenca del río Segre pero el presente modelo permite analizar el impacto que el establecimiento de dicho centro tendría sobre el comportamiento de las unidades de riego. El modelo simula hipotéticos incrementos en la compensación por el agua cedida y permite revelar la respuesta de los regantes ante el establecimiento de un centro de intercambio. Se han considerado tres posibles escenarios. El primero refleja la situación actual de la zona, es el escenario base (EBase), en el no existe ningún centro de intercambio y por tanto las unidades de riego no pueden ceder agua. Además, tal como ocurre en la actualidad, se permite a las unidades de riego utilizar el agua procedente de los alimentadores. La definición del escenario base incorpora el cambio de orientación experimentado por la Política Agraria Común (PAC) a partir de la Reforma Intermedia acordada en 2003, que entró en vigor en 2006, así como las últimas modificaciones de aplicación en la campaña 2008-2009, principalmente la anulación de la retirada obligatoria. Este escenario se utiliza como base de comparación para analizar los efectos potenciales del establecimiento de un centro de intercambio de agua.

El segundo escenario representa una situación similar al Ebase pero donde se ha permitido la creación de un centro de intercambio. En este escenario, tal como ocurre en el anterior, las unidades de riego pueden seguir nutriéndose del agua procedente de alimentadores. A este escenario lo denominamos ECA, escenario con alimentadores. Se supone que la Comunidad de Regantes decide la cuantía de la cesión (u oferta) de derechos al centro de intercambio y consecuentemente determina la reducción en el volumen de recursos hídricos disponible para riego que los miembros de la Comunidad deben llevar a cabo. Tal como se ha comentado

anteriormente la reducción en el volumen de agua de riego se reparte proporcionalmente entre las unidades de riego. Finalmente, el tercer escenario se denomina ESA, escenario sin alimentadores, y representa el comportamiento de las unidades de riego en un régimen de gestión idéntico al del escenario ECA pero donde las unidades de riego no tienen a su disposición los flujos de retorno de agua proveniente del sistema de alimentadores.

Se considera que la CGRCU es la legítima propietaria de los derechos sobre el agua de riego y que cada derecho intercambiado corresponde a un m³ de agua de riego cedido a terceros. Por lo tanto, cada derecho que se ceda debe venir acompañado de una reducción de un m³ en el volumen de agua derivada para el riego de la Comunidad. Para cada escenario se analiza la respuesta de la Comunidad ante el establecimiento de una compensación por el agua cedida, simulándose compensaciones del organismo regulador desde 0 a 20 céntimos de euro por metro cúbico, en intervalos de 1 céntimo de euro. En particular, el objetivo es identificar, para cada nivel de compensación, el volumen de derechos de agua que la Comunidad propietaria de los mismos estaría dispuesta a ceder temporalmente. Las estrategias de ajuste al alcance de las unidades de riego son: sustitución de cultivos de regadío muy intensivos en uso de agua por otros con menores requerimientos hídricos, cambio de tecnología de riego (paso de riego por gravedad a riego por goteo o aspersión, por ejemplo), disminución de la superficie regada (sustituyendo cultivos de regadío por cultivos de secano) y abandono de tierras de cultivo. Se trata de un modelo a medio plazo ya que contempla la posibilidad de invertir en nuevas tecnologías

de riego en parcela pero no la modernización y presurización integral del sistema de riego de la Comunidad. Las superficies dedicadas a cultivos leñosos, como los frutales, es fija, ya que los periodos de amortización y puesta en cultivo de dichas plantaciones requieren inversiones plurianuales. Por el contrario, las superficies destinadas a cultivos extensivos como cereales, forrajes u oleaginosas pueden adaptarse con rapidez a las condiciones cambiantes. Asimismo, es preciso subrayar que, debido a limitaciones en la información disponible, el modelo no contempla la posibilidad de introducir nuevas técnicas de producción (producción integrada, por ejemplo). Cabe esperar, por tanto, que el abanico de estrategias de ajuste a disposición del agricultor sea más amplio que el contemplado en este estudio. Obviamente, si fuese posible integrar más estrategias de análisis podría mejorarse la capacidad predictiva del modelo.

Descripción de la Base de Datos

Zona objeto de estudio y superficies

La Comunidad General de Regantes del Canal de Urgel ocupa aproximadamente 75.000 hectáreas de superficie agrícola². Está organizada en 21 colectividades que pertenecen a 5 comarcas de la provincia de Lleida³. En este trabajo cada una de estas colectividades representa una unidad de riego. Como se ha comentado anteriormente, la actual red de riego del Canal de Urgel está constituida por aproximadamente 3.000 Km. de canales y acequias entre las que hay que incluir 97 alimentadores en funcionamiento. La Figura 1 presenta una representación gráfica de esta zona regable.

2. La superficie total de los municipios que integran la CGRCU es de 86.910 hectáreas que incluyen núcleos de población, zonas industriales y todo tipo de infraestructuras.

3. En particular las comarcas son: Les Garrigues, La Noguera, El Segrià, EL Pla d'Urgell, y L'Urgell.

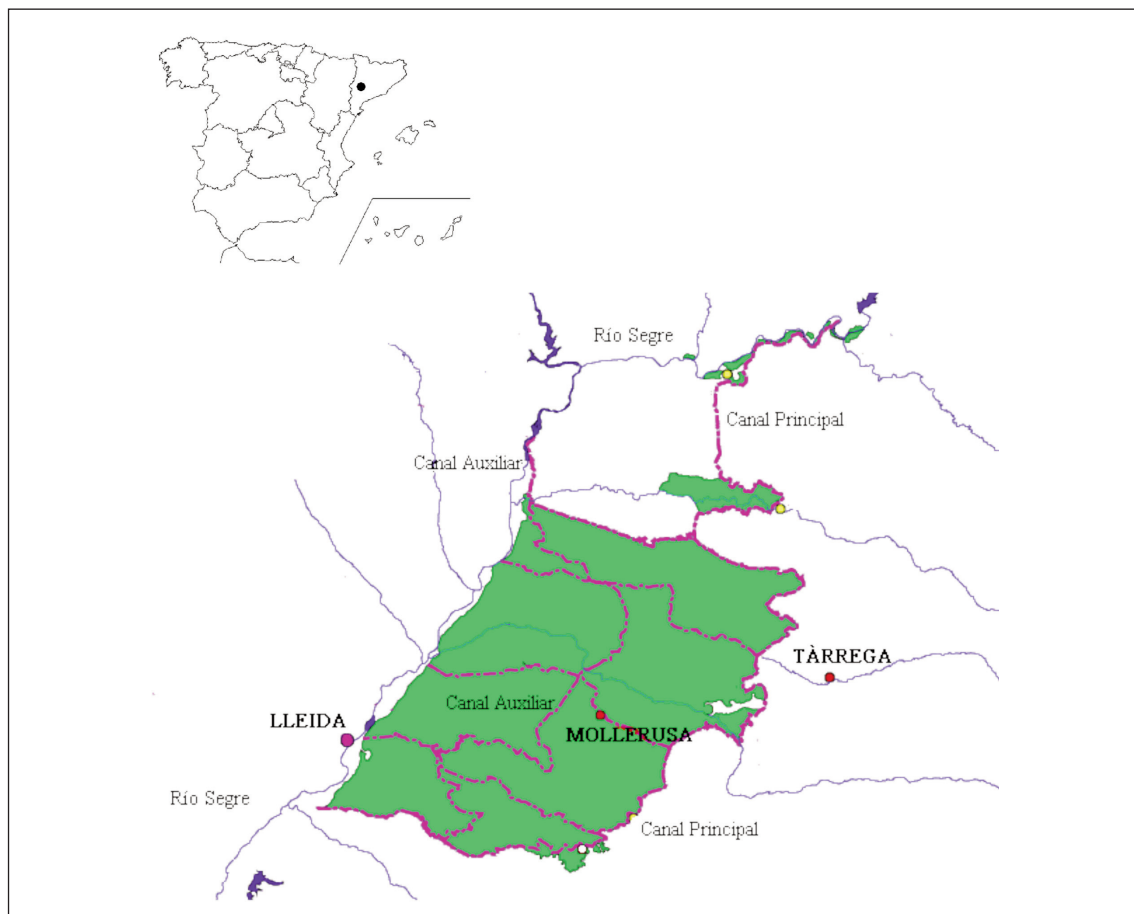


Figura 1. Mapa de la Comunidad General de Regantes del Canal de Urgel.
 Figure 1. Map of the Canal Urgel Irrigation Community.

Fuente: Confederación Hidrográfica del Ebro y Elaboración propia.

Para determinar las superficies dedicadas a cada cultivo en cada colectividad, se utilizan los datos procedentes de los formularios 1T. No se incluyen en la muestra todos los cultivos presentes en los formularios 1T ya que menos de una quincena de cultivos representa más del 95% de la superficie cultivada. Por consiguiente, solo se incluyen los cultivos más representativos de la zona para los años 2004, 2005 y 2006, tal como se presentan en la Tabla 1. La superficie ocupada por estos cultivos representa más del 95% de la CGRCU

y su distribución por colectividades aparece reflejada en la Figura 2. Mientras que el modelo se define para cada unidad de riego, la unidad administrativa utilizada tanto por el Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural de la Generalitat de Catalunya (DAAM), como por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA), es el municipio. Así, una de las dificultades que presentó la confección de la base de datos fue la reasignación de los datos facilitados en unidades municipales a uni-

dades de riego o colectividades, que se pudo realizar a partir de la información facilitada por el Plan Director del CGRCU.

Tabla 1. Distribución de los cultivos más representativos de la zona del Canal de Urgel
Table 1. Distribution of the most representative crops in the Canal Urgel Area

Cultivos	Hectáreas	Porcentaje
Trigo	8.261,4	11,0
Maíz Grano	17.499,0	23,3
Otros Cereales	6.383,8	8,5
Girasol	150,2	0,2
Alfalfa	19.526,8	26,0
Veza Forraje	1.877,6	2,5
Hortícolas	976,3	1,3
Manzano	6.083,4	8,1
Peral	6.158,5	8,2
Melocotonero	976,3	1,3
Almendro	1.952,7	2,6
Uva Vino	751,1	1,0
Olivar Almazara	751,1	1,0
Otros	3.755,0	5,0
Total	75.103,2	100,0

Fuente: Elaboración propia a partir de datos facilitados por DAAM (2004, 2005 y 2006).

Dada la importancia de las superficies destinadas al cultivo de perales y manzanos en esta zona, se consideran distintas variedades de estos cultivos. En el caso del manzano se distinguen dos variedades (Golden y Reineta),

mientras que para el peral se distinguen cuatro (Limonera, Ercolini, Blanquilla y Conference⁴), a partir de información obtenida del DAAM. Para determinar las superficies de secano y regadío de cada unidad de riego, así como la distribución de las superficies regadas entre los diversos sistemas de riego, se utiliza la información facilitada por el Plan Director del CGRCU. Según el Plan Director más del 92% de la superficie se riega por gravedad, el 5% es localizado y el 3% aspersión.

Dotaciones de riego y cálculo de eficiencias

Según el Plan Director, actualmente el 11,8% de la superficie regable del Canal de Urgel se nutre de alimentadores. La extensión media cultivada durante el periodo de referencia es de 75.103,2 hectáreas, de las cuales 65.782,8 son de regadío. Siguiendo las indicaciones del Plan Director, se asume que el 11,8% de la superficie regada se riega a través de alimentadores, es decir, se asume que 7.775,5 hectáreas se riegan con alimentadores y 58.007,5 con agua directamente procedente de los canales. El volumen anual medio derivado para los años de referencia es de 531,8 hm³. Los caudales disponibles durante los años de referencia, 2004, 2005 y 2006 se calculan a partir de las aportaciones mensuales del Canal Principal y del Canal Auxiliar de Urgel, publicados por la Comunidad en su Memoria Anual. La dotación media por hectárea regada es de 8.084,0 m³/ha. Sin embargo, considerando únicamente las hectáreas regadas con agua procedente de los canales, esta dotación media es de 9.167,7 m³/ha⁵. No existe información precisa sobre las dotaciones de agua percibidas por las parcelas regadas por alimentadores, si bien

4. La información se obtuvo del "Inventari Frutícola de Catalunya, Zona Frutícola de Lleida".

5. Para obtener la dotación media por hectárea se dividió 531,8 hm³ entre el número total de hectáreas regadas, 65.782,9. Cuando se calcula la dotación media de las hectáreas regadas con agua procedente directamente de los canales se divide 531,8 hm³ entre 58.007,5 ha.

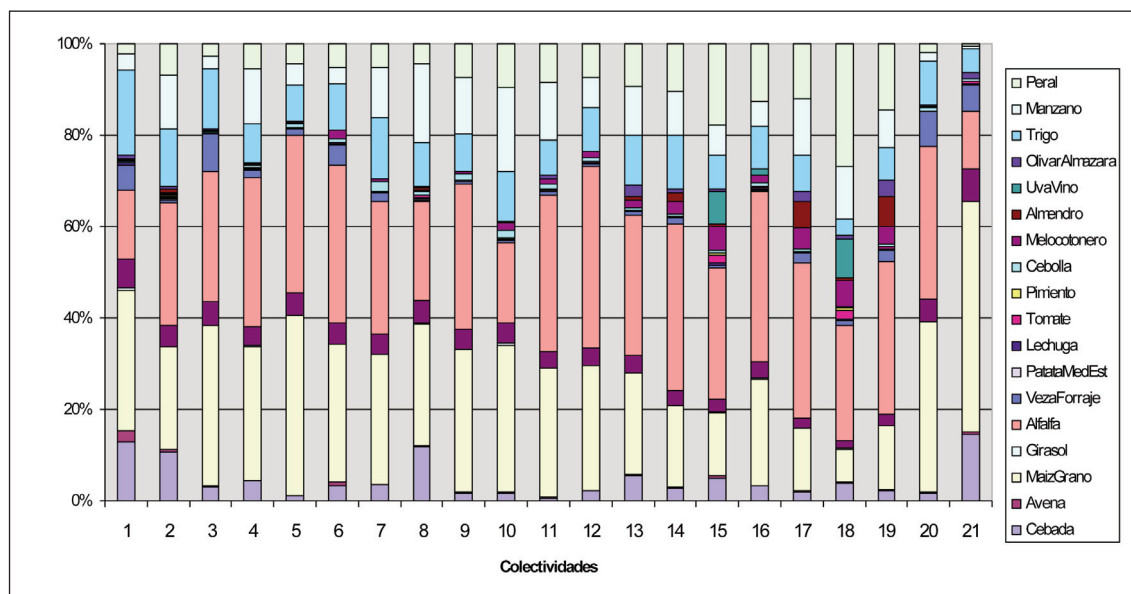


Figura 2. Distribución de los cultivos en las colectividades de la CGRCU.

Figure 2. Crop distribution in communities of CGRCU.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos facilitados por DAAM (2004, 2005 y 2006).

el Plan Director afirma que las parcelas regadas por alimentador tienden a percibir una cuantía de agua de riego no inferior al resto de parcelas de la CGRCU. Por consiguiente, se asigna la misma dotación media, 9.167,7 m³/ha, a las hectáreas regadas por alimentador. Dado que la superficie regada por alimentador es de 7.775,5 ha durante los años de referencia, el volumen de agua reutilizado a través de alimentadores es de 71,2 hm³. La efectividad de los 531,8 hm³ derivados directamente del Canal se vería incrementada en esta cuantía, lo que da una efectividad del agua utilizada equivalente a 603,0 hm³. Por ello, en este trabajo se consideran dos tipos de dotaciones de agua de riego: (1) para calcular el volumen de agua cedida o el número de derechos intercambiados, se utiliza el volumen derivado directamente de los Canales de Urgel, ya que únicamente el agua derivada es susceptible de ser cedida a terceros; y (2) para calcular la dotación por hectá-

rea para usos agrícolas, al volumen derivado del Canal se añaden los recursos hídricos proporcionados por los alimentadores.

No se dispone de datos sobre las dotaciones de agua recibidas por cada colectividad. Si bien los órganos rectores de la Comunidad afirman que se esfuerzan para que la dotación por hectárea sea igual para todas las colectividades, lo cierto es que no existen instrumentos precisos de medida y que difícilmente puede asegurarse que todas las colectividades disfruten de la misma dotación. Para estimar estas dotaciones y diferenciarlas por unidad de riego, se calculan las dotaciones de agua por hectárea en cada colectividad a partir de la dotación media por hectárea de la CGRCU, partiendo de los datos disponibles sobre necesidades hídricas de los diversos cultivos y del número de hectáreas destinadas a cada cultivo en cada colectividad. Estas dotaciones se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Características de las unidades de riego de la Comunidad de Regantes del Canal de Urgel
 Table 2. *Characteristics of the irrigation units of the Canal Urgel Irrigation Community*

Unidades de Riego	hectáreas			hm ³ derivados el Canal	m ³ /ha	m ³ /ha con alimentador	Dotación m ³ /ha en parcela
	Cultivadas	Secano	Regadío				
Colectividad_01	6.502,7	1.789,5	4.713,1	28,3	6.004,4	6.810,7	4.937,7
Colectividad_02	7.073,1	807,7	6.265,3	51,4	8.203,8	9.305,1	6.746,2
Colectividad_03	6.500,0	744,9	5.755,1	42,1	7.325,6	8.305,6	6.021,6
Colectividad_04	4.313,8	214,4	4.099,4	35,1	8.571,9	9.708,7	7.038,8
Colectividad_05	3.620,3	81,0	3.539,2	29,5	8.343,6	9.465,4	6.862,4
Colectividad_06	3.224,0	409,4	2.814,5	22,6	8.036,8	9.131,1	6.620,0
Colectividad_07	816,0	81,1	734,8	6,3	8.681,5	9.933,4	7.201,7
Colectividad_08	2.755,3	461,7	2.293,5	17,2	7.529,9	8.545,8	6.195,7
Colectividad_09	2.538,0	257,1	2.280,9	21,2	9.303,3	10.566,0	7.660,3
Colectividad_10	3.180,4	303,8	2.876,5	27,6	9.588,0	10.873,4	7.883,2
Colectividad_11	2.083,3	56,0	2.027,2	19,4	9.604,1	10.901,4	7.903,5
Colectividad_12	4.308,1	557,1	3.750,9	35,8	9.544,7	10.812,4	7.839,0
Colectividad_13	5.503,2	1.058,8	4.444,3	35,5	7.996,6	9.067,6	6.574,0
Colectividad_14	3.633,0	382,5	3.250,4	27,0	8.315,7	9.414,1	6.825,2
Colectividad_15	2.211,1	189,7	2.021,3	15,3	7.608,6	8.607,9	6.240,7
Colectividad_16	4.515,3	645,2	3.870,0	35,5	9.185,9	10.413,2	7.549,6
Colectividad_17	4.276,5	438,3	3.838,1	30,2	7.876,1	8.910,5	6.460,1
Colectividad_18	5.671,1	444,0	5.227,0	35,3	6.760,9	7.633,3	5.534,1
Colectividad_19	715,8	71,9	643,8	5,6	8.697,5	9.784,7	7.093,9
Colectividad_20	920,6	141,9	778,6	5,8	7.551,5	8.604,7	6.238,4
Colectividad_21	741,6	184,3	557,2	4,3	7.734,5	8.613,9	6.245,0
Canal Urgel	75.103,2	9.315,1	65.782,9	531,8	8.084,0	9.161,9	6.642,4

Fuente: Elaboración propia a partir de datos facilitados por CGRCU (2004, 2005, 2006), CHE (2004), y DAAM (2004, 2005, 2006).

La información sobre las necesidades hídricas netas, así como las necesidades a pie de parcela para cada cultivo se obtienen del "Estudio de Dotaciones del Plan Hidrológico de la Cuenca del Ebro" realizado según Convenio CHE-CSIC (2004).

Según el Plan Director, la eficiencia de conducción en alta del Canal Principal y del Canal Auxiliar es del 90%. Para calcular la eficiencia de la red secundaria, se parte de las eficiencias asociadas a cada una de las tipologías de acequias y a cada uno de los diversos materiales utilizados para la construcción de las mismas recogidos en el Plan Director y se ponderan dichas eficiencias teniendo en cuenta el número de kilómetros de acequias de cada tipología construidas en cada colectividad. Se calcula que la eficiencia media de la red de distribución es del 72,5% y se asume que las eficiencias correspondientes a riego por aspersión y a riego localizado son similares en todas las colectividades.

Costes de producción de los cultivos

Mientras que la información sobre superficies de cultivo y producciones obtenidas está disponible a nivel desagregado, la información sobre costes de producción es mucho más escasa. Para aproximar los costes de producción por cultivo y técnica de riego específicos para la zona analizada, se completa la información existente con datos de zonas de características similares. Resulta de particular interés la información facilitada en los estudios de la Subsecretaría de Agricultura, Pesca y Alimentación del antiguo Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Para cultivos extensivos como el maíz, la avena, la cebada, el trigo, la alfalfa, la veza y el girasol, así

como para las plantaciones de frutales como el peral, el manzano y el melocotonero se utilizan como costes de referencia las estimaciones presentadas en el informe titulado "Resultados Técnico-Económicos de Explotaciones Agrícolas de Aragón" para los años 2004 y 2005 (MAPA 2006a). En el caso de cultivos mediterráneos como el almendro, el olivar y la vid, se consideran tanto las estimaciones de costes realizadas para la Comunidad de Aragón como para la Comunidad Valenciana (MAPA 2006b), utilizándose en cada caso medias de ambas estimaciones⁶. Dichas estimaciones diferencian entre diversas categorías de costes. Los costes directos incluyen los gastos anuales en fertilizantes, fitosanitarios, semillas, y seguros por hectárea para cada tipo de cultivo. Los costes de maquinaria incorporan los costes asociados a la utilización y el mantenimiento de la maquinaria, como reparaciones, recambios, y gasolina. La partida de amortizaciones incluye la cuantía anual destinada a la amortización de la maquinaria agrícola, del equipo de riego y de las plantaciones cuando corresponda. Los costes de la mano de obra incluyen solo el coste de la mano de obra asalariada, distinguiendo la mano de obra destinada a riego de la destinada a realizar otras labores.

En lo que respecta al coste del agua, es preciso señalar que el agua de riego en el Canal de Urgell se paga por hectárea. Así para riegos en gravedad los regantes pagan la misma cuantía independientemente del agua utilizada – 70 €/ha año correspondiente a la cuota del canal, más 62,5 €/ha año de cuota ordinaria, más 40 €/ha año de cuota extraordinaria – un total de 172,5 €/ha año. Para calcular el coste del riego por aspersión y localizado, el Plan Director multiplica las ne-

6. Las estimaciones para la Comunidad Valenciana se recogen en el informe titulado "Resultados Técnico-Económicos de Explotaciones Hortofrutícolas de la Comunidad Valenciana" que elaboró dicha subsecretaría para el año 2005 (MAPA 2006b).

cesidades de agua de cada cultivo por 0,04 € (esta cuantía incluye costes de bombeo y las cuotas ordinarias y las extraordinarias) y a este producto se le suma la cuota de canal de 70 € que es fija para todos.

Rendimientos, Precios y Subvenciones de los Cultivos

Los datos sobre los precios de los cultivos corresponden a los precios pagados por los productos en la provincia de Lérida para los años 2004, 2005 y 2006 en € por tonelada. Se utiliza como precio de referencia de cada producto el precio medio de los años disponibles y como rendimiento de referencia el rendimiento medio de cada cultivo para los años disponibles⁷. Los datos sobre las ayudas de la Política Agraria Común proceden de los distintos Decretos de aplicación, utilizando los rendimientos de referencia comarcales del Plan de Regionalización productiva⁸. Puesto que los coeficientes se presentan desagregados por comarca, para obtener el coeficiente correspondiente a cada colectividad se asigna a cada municipio el dato correspondiente a su comarca de origen.

Resultados

Contribución del centro de intercambio.

Para estimar las ventajas que reportaría la creación de un centro de intercambio, se compara el escenario Ebase que describe la situación actual, sin centro de intercambio pero con alimentadores, con el escenario hipotético ECA que representa el escenario con centro de intercambio. Las diferencias

entre los escenarios Ebase y ECA son atribuibles exclusivamente a la valoración del agua de riego resultante de la creación de un centro de intercambio. Si la compensación por los derechos cedidos es nula, los valores de las variables relevantes son iguales en ambos escenarios. Sin embargo, como puede verse en las primeras columnas de la Tabla 3, si se establece una compensación por la cesión de derechos de uso de agua, el volumen de agua cedida aumenta a medida que se incrementa la compensación. Así, para un valor de 0,06 €/m³, la CGRCU destina 480,4 hm³ a riego y cede derechos por 51,4 hm³, resultando una dotación media en parcela en este caso de 5.628,5 m³/ha. Si el valor de los derechos alcanza los 0,15 €/m³ la dotación para riego disminuye, sólo se destinan 299,3 hm³ a regadío, el volumen de derechos cedidos equivale a 232,5 hm³ y la dotación media en parcela cultivada se reduce a 3.506,9 m³/ha. Cabe señalar, sin embargo, que las dotaciones por hectárea regada permanecen bastante estables (alrededor de los 6.600m³/ha) para cualquier valor de los derechos. Los requerimientos mínimos de los cultivos imponen que la disminución en el volumen de agua destinado a fines agrícolas se traduzca principalmente en una disminución del número de hectáreas en regadío pero no de la dotación de agua por hectárea.

Al aumentar la compensación establecida por los derechos se incrementa la extensión de secano (ver Tabla 3). Para un valor de los derechos de 0,06 €/m³ el porcentaje de secano se incrementa hasta el 21,1% y se produce un pequeño abandono de tierras que representa menos del 1% de la superficie cultivada. Para un valor de los derechos de 0,15 €/m³ el porcentaje de secano representa un 41,3% y las tierras de cultivo disminuyen

7. Estos datos fueron facilitados por el DAAM de la Generalitat de Catalunya.

8. Real Decreto 2353/2004, de 23 de diciembre y Real Decreto 1612/2008, de 3 de octubre.

Tabla 3. La contribución de un centro de intercambio de derechos:
Comparación entre el Escenario Base y el Escenario con Alimentadores
Table 3. The water trading scheme contribution: Comparison between the Base Scenario and the reused water Scenario

Precio	Porcentaje					
	Tierra en regadío					
	hm ³ agua riego	hm ³ agua cedida	m ³ /ha cultivada	m ³ /ha en regadío	% ha cultivadas	tierra en secano
EBase	531,8	0,0	6.231,2	6.642,1		12,4
ECA 0.01	531,8	0,0	6.231,2	6.642,1	0,0	12,4
0.02	531,8	0,0	6.231,2	6.642,1	0,0	12,4
0.03	531,8	0,0	6.231,2	6.642,1	0,0	12,4
0.04	531,8	0,0	6.231,2	6.642,1	0,0	12,4
0.05	522,1	9,7	6.117,3	6.700,5	-0,1	14,6
0.06	480,4	51,4	5.628,5	6.718,9	-0,9	21,1
0.07	450,5	81,4	5.278,0	6.686,4	-1,9	24,9
0.08	426,6	105,3	4.998,0	6.635,9	-3,2	27,4
0.09	405,1	126,7	4.746,5	6.604,1	-4,6	29,7
0.10	386,8	145,0	4.532,4	6.602,8	-6,1	31,8
0.11	368,0	163,8	4.311,8	6.586,8	-7,9	33,7
0.12	349,3	182,5	4.092,6	6.566,3	-9,8	35,5
0.13	332,0	199,8	3.889,9	6.553,0	-11,4	37,4
0.14	314,9	216,9	3.689,5	6.538,2	-13,1	39,4
0.15	299,3	232,5	3.506,9	6.529,0	-14,6	41,3
0.16	295,7	236,1	3.464,8	6.523,6	-15,0	41,7
0.17	293,0	238,8	3.433,2	6.519,9	-15,3	42,0
0.18	290,6	241,2	3.405,3	6.517,1	-15,5	42,3
0.19	288,5	243,3	3.380,9	6.513,9	-15,7	42,5
0.20	282,1	249,7	3.305,8	6.501,4	-16,3	43,3

Fuente: Elaboración propia.

Gravedad Aspersión Local

75,1 10,4 2,1

75,1 10,4 2,1

75,1 10,4 2,1

75,1 10,4 2,1

75,1 10,4 2,1

75,1 10,4 2,1

75,1 10,4 2,1

72,6 10,8 1,9

60,4 16,5 2,0

52,0 20,4 2,8

45,6 23,7 3,3

40,8 25,9 3,7

38,0 26,4 3,9

35,8 26,5 4,0

34,0 26,3 4,2

32,6 25,6 4,3

31,3 24,9 4,5

30,2 23,9 4,6

29,9 23,7 4,8

29,7 23,5 4,9

29,5 23,3 4,9

29,3 23,2 5,0

28,7 22,6 5,4

en un 14,6% respecto de la superficie cultivada inicialmente. Con la introducción de un centro de intercambio y a medida que se incrementa la compensación por la cesión de derechos, tanto el número de hectáreas cultivadas como el número de hectáreas en regadío disminuyen. Contrariamente, el número de hectáreas cultivadas en secano aumenta. Cabe destacar también el gran cambio que experimentan las tecnologías de riego. El porcentaje de riego en gravedad disminuye de 75,1% a 60,4% para un valor de los derechos de 0,06 €/m³, y hasta un 30,2% para un valor de los derechos de 0,15 €/m³. Paralelamente, los porcentajes de riego en aspersión y localizado aumentan rápidamente con el valor de los derechos.

El objetivo de las unidades de riego es maximizar su MN. La Tabla 4 muestra el resultado de este proceso de maximización para cada valor de los derechos. Como es lógico, se observa que a medida que este valor aumenta el MN también lo hace. Si el valor de los derechos es 0,06 €/m³ el incremento en el MN de la CGRCU es de 333.900 € sobre el escenario base. Para un valor de los derechos de 0,15 €/m³ el MN de la CGRCU aumentaría en 13.985.600 €, que representa un incremento de 8,9% sobre el Ebase. Las diferencias se amplían al aumentar más el valor de los derechos.

El MN/ha cultivada también se incrementa al aumentar el valor de los derechos (Tabla 4). En el Ebase el MN/ha cultivada es de 2.091,0 €/ha y para una compensación por los derechos de 0,06 €/m³ este MN se incrementa hasta 2.114,1 €/ha⁹, lo que representa un incremento de solo el 1,1% sobre el Ebase. Las diferencias con el Ebase se amplían al aumentar el valor de los derechos, así para un valor de los derechos de 0,15 €/m³ el MN/ha cultivada se incrementaría en el 27,6% sobre

el existente en el Ebase. El MN/ha en regadío presenta una tasa de crecimiento superior. Esta magnitud se calcula dividiendo, para cada valor de los derechos, el MN obtenido de las hectáreas cultivadas en regadío por el número de dichas hectáreas. Así para un valor de los derechos de 0,06 €/m³ el MN/ha en regadío alcanza los 2.578,3 € por hectárea que representa un incremento superior al 10% respecto al Ebase. Las diferencias con el Ebase se amplían al aumentar el valor de los derechos, de modo que para un valor de 0,15 €/m³ el MN alcanzaría una cuantía de 4.250,6 € por hectárea en regadío, que representa un incremento de un 82,3% sobre el Ebase. Recuérdese que la dotación en m³/ha de regadío permanece estable para cualquier valor de los derechos. Por tanto el MN/ha en regadío se incrementa al aumentar el valor de los derechos manteniendo la misma dotación de agua de riego. Al aumentar el valor de los derechos solo las hectáreas más rentables permanecen en regadío.

El VAB se obtiene como diferencia entre el valor de la producción (ingresos por ventas más subvenciones a los productos) y los consumos intermedios (costes directos y costes de mantenimiento de la maquinaria) sin tener en cuenta las amortizaciones. A diferencia del MN la definición de VAB solo incluye las ganancias asociadas a la actividad agrícola y no incluye las ganancias provenientes de la cesión de derechos. El VAB de la actividad agrícola en el Ebase es de 180.295,6 miles de €; con la introducción del centro de intercambio, este VAB disminuye hasta 177.488,9 miles de € cuando el valor de los derechos es 0,06 €/m³, y hasta 157.608,1 cuando dicho valor alcanza los 0,15 €/m³. Con la cesión de derechos el VAB de la actividad agrícola disminuye, sin embargo, las unidades de riego

9. Calculamos esta magnitud dividiendo, para cada valor de los derechos, el MN obtenido por el número de hectáreas cultivadas.

Tabla 4. La contribución económica de un centro de intercambio de derechos:
Comparación entre el Escenario Base y el Escenario con Alimentadores
Table 4. The economic contribution of the water trading scheme:
Comparison between the Base Scenario and the reused water Scenario

Precio Derechos	Margen Neto					Valor Añadido Bruto		Valor agua cedida en miles €	Valor agua cedida en €/ha
	Total miles €	Incremento ECA-Ebase	Δ%	€ por ha cultivada	Δ%	€ por ha regadio	Δ%		
Ebase	157.043,0	0,0	0,0	2.091,0	0,0	2.331,9	0,0	0,0	0,0
ECA 0,01	157.043,0	0,0	0,0	2.091,0	0,0	2.331,9	0,0	0,0	0,0
0,02	157.043,0	0,0	0,0	2.091,0	0,0	2.331,9	0,0	0,0	0,0
0,03	157.043,0	0,0	0,0	2.091,0	0,0	2.331,9	0,0	0,0	0,0
0,04	157.043,0	0,0	0,0	2.091,0	0,0	2.331,9	0,0	0,0	0,0
0,05	157.049,6	6,6	0,0	2.093,8	0,1	2.387,4	2,4	485,8	6,5
0,06	157.376,9	333,9	0,2	2.114,1	1,1	2.578,3	10,6	3.086,2	41,5
0,07	158.046,0	1.003,0	0,6	2.144,9	2,6	2.731,5	17,1	5.694,6	77,3
0,08	158.980,3	1.937,3	1,2	2.186,5	4,6	2.869,4	23,0	8.420,0	115,8
0,09	160.143,3	3.100,3	2,0	2.234,8	6,9	3.019,7	29,5	11.404,0	159,1
0,10	161.504,1	4.461,1	2,8	2.289,8	9,5	3.180,5	36,4	14.498,0	205,6
0,11	163.045,3	6.002,3	3,8	2.356,3	12,7	3.358,1	44,0	18.019,1	260,4
0,12	164.777,3	7.734,3	4,9	2.431,6	16,3	3.555,1	52,5	21.901,8	323,2
0,13	166.689,2	9.646,2	6,1	2.505,6	19,8	3.766,7	61,5	25.976,8	390,5
0,14	168.773,0	11.730,0	7,5	2.585,4	23,6	4.002,2	71,6	30.368,9	465,2
0,15	171.028,6	13.985,6	8,9	2.667,7	27,6	4.250,6	82,3	34.875,6	544,0
0,16	173.372,1	16.329,1	10,4	2.716,2	29,9	4.358,7	86,9	37.775,8	591,8
0,17	175.747,7	18.704,7	11,9	2.762,4	32,1	4.458,4	91,2	40.595,2	638,1
0,18	178.147,6	21.104,6	13,4	2.807,7	34,3	4.556,3	95,4	43.411,3	684,2
0,19	180.569,9	23.526,9	15,0	2.852,7	36,4	4.651,8	99,5	46.219,0	730,2
0,20	183.022,5	25.979,5	16,5	2.911,2	39,2	4.811,7	106,3	49.933,5	794,3

Fuente: Elaboración propia.

disponen de otra fuente de ingresos, los derechos. Para estimar la cuantía de estos ingresos se multiplica el número de derechos cedidos por el valor de los mismos (Tabla 4). Tal como muestra dicha tabla estos aumentan al incrementar el valor de los derechos y contribuyen a incrementar las rentas de los agricultores. Si calculamos estos ingresos por ha de superficie inicialmente cultivada¹⁰ vemos que es de 41,5 €/ha cuando el valor de los derechos es 0,06 €/m³ y de 544,0 €/ha cuando es 0,15 €/m³. Por tanto, la contribución de la actividad agrícola a los ingresos de las unidades de riego disminuye a medida que incrementa el valor de los derechos, sin embargo esta disminución en los ingresos se ve compensada por el incremento en las rentas percibidas por la cesión de los derechos de riego. El balance final de la creación de un centro de intercambio es positivo ya que el MN de la Comunidad incrementa. La aportación del centro de intercambio se hace más patente al aumentar el valor de los derechos.

Una amplia variedad de trabajos han estimado las consecuencias que se derivarían de la creación de centros de intercambio de agua en el ámbito agrario en nuestro país¹¹. Muchos de estos trabajos simulan la existencia de sistemas tarifarios o de centros de intercambio donde el precio de compra del recurso por parte de los regantes incentiva su ahorro. Sin embargo, en el presente modelo lo que incentiva el ahorro del recurso es la compensación por la cesión del derecho. Esta no es la única diferencia que puede afectar a los resultados, así algunos modelos plantean la maximización del margen operativo o valor añadido bruto como Olona y Horta (2010) y otros utilizan la metodología multiatributo

como Arriaza et al. (2002) y Martínez y Gómez-Limón (2004). A pesar de estas diferencias, que dificultan las comparaciones, cabe señalar que los resultados presentan algunas coincidencias. En este estudio la disposición a ceder derechos es casi nula para precios de los derechos inferiores a los 0,06 €/m³. Este resultado presenta similitudes con los obtenidos por Cañas et al. (2000) para la comunidad de regantes de San Rafael en Córdoba donde el tramo elástico de la demanda se inicia en 0,054 €/m³. En Pujol et al. (2006) tampoco se producen transacciones por debajo de los 0,05 €/m³ en las cuencas internas de Cataluña y en el trabajo de Martínez y Goetz (2007) se producen intercambios a partir de 0,03 €/m³ para el valle medio del Ebro. Estos resultados sin embargo, no son generalizables a otros distritos de riego donde el valor del agua es más elevado. Así los resultados obtenidos por Olona y Horta (2010) en su trabajo sobre los riego de Navarra muestran que para precios inferiores a 0,20 €/m³ la elasticidad de la demanda es muy baja. Asimismo, según Calatrava y Martínez-Granados (2012) en la zonas regable de la cuenca del Segura el valor del agua de riego es superior a los 0,20 €/m³ y por tanto la demanda de agua no disminuirá por debajo de este precio. Esta disparidad de resultados no es sorprendente ya que el precio del agua está directamente relacionado con la productividad de la tierra que varía mucho en la geografía española.

También cabe señalar que, si analizamos las variaciones en el nivel de bienestar respecto a la situación sin centro de intercambio, los resultados de este estudio presentan patrones comunes con otros trabajos. Así y según Calatrava y Gómez-Ramos (2009) "el incremento

10. Para obtener el valor del agua cedida por hectárea se dividió dicho valor por el número de hectáreas inicialmente 75.103,2 y no por el número de hectáreas cultivadas para cada valor de los derechos. Este cociente permite capturar las rentas que percibirían los agricultores por hectárea teniendo en cuenta incluso las hectáreas abandonadas.

11. Además de los trabajos citados en la introducción podemos añadir entre otros, Gómez-Limón y Arriaza (2000), Arriaza et al. (2002), Calatrava y Garrido (2005).

medio de la renta agraria obtenido en diversos estudios y escenarios varia entre cero (Gómez-Limón y Arriaza, 2000 y Arriaza *et al.*, 2002) y el 15% (Calatrava y Garrido, 2005) cuando se realizan dentro de una misma zona regable¹². Por otro lado, la magnitud de la ganancia en Martínez y Gómez-Limón (2004) para la cuenca del Duero oscila entre el 12% y el 20% del margen bruto agregado. En el presente caso la cuantía del incremento en el MN de la Comunidad es similar, y alcanza un máximo del 16,5% cuando la compensación por la cesión de derechos alcanza los 0,20 €/m³ (Tabla 4). En Martínez y Goetz (2007) las ganancias derivadas de la introducción de un mercado pueden superar los 500 €/ha, en el presente estudio este incremento alcanza los 345,9 €/ha cuando la compensación por la cesión de derechos es de 0,20 €/metro cúbico¹³. Estos resultados muestran que una valorización del agua de riego a través de la creación de un centro de intercambio tendría consecuencias socioeconómicas en unas proporciones que podrían ser relevantes.

La aportación de los alimentadores

Para calcular la contribución del sistema de alimentadores se compara el escenario con alimentadores (ECA), utilizado en la sección precedente, con el nuevo escenario sin alimentadores (ESA). El volumen de agua para riego derivado del Canal es el mismo en ambos escenarios (531,8 hm³) y las diferencias entre estos dos escenarios solo pueden ser atribuidas a la presencia del sistema de alimentadores en uno de ellos. La aportación de estos se hace patente incluso a valor cero de los derechos, ya que en el escenario ECA el número de hectáreas cultivadas en regadío

es de 65.782,9 y de solo 57.479,0 en el caso ESA (ver Tabla 5). La presencia de alimentadores permite cubrir las necesidades de agua en un mayor número de parcelas. Para cualquier valor de los derechos tanto el número total de hectáreas cultivadas como el número de hectáreas en regadío es superior en el escenario con alimentadores, aunque el volumen de agua cedida en este escenario sea superior al volumen de agua cedida en el escenario sin alimentadores. La utilización de los flujos de retorno a través de alimentadores permite, simultáneamente, mantener una mayor extensión de regadío y ceder un mayor número de derechos. En ausencia de alimentadores es más difícil desprenderse de derechos de riego, las necesidades hídricas de los cultivos se deben cubrir únicamente con agua derivada directamente del Canal. La cantidad cedida de derechos es siempre superior en el escenario ECA excepto cuando la compensación percibida por los derechos alcanza los 0,20 €. En este caso la disminución en el número de hectáreas en regadío en el escenario sin alimentadores es muy superior a la disminución en el escenario con alimentadores, permitiendo una mayor cesión de derechos en el primer caso.

En ambos escenarios, tanto el número de hectáreas en regadío como el número de hectáreas cultivadas disminuyen al incrementar la compensación recibida por la cesión de derechos (Tabla 5). Asimismo, en ambos escenarios el volumen de agua cedida al centro de intercambio incrementa y de forma paralela el volumen de agua destinada a riego disminuye, a medida que incrementa el valor de los derechos. En el escenario ECA para un valor de 0,06 €/m³ se utilizarían para riego 480,4 hm³ de agua derivada del canal

12. Ver página 302 de la citada referencia.

13. Se ha obtenido a partir de la Tabla 4 dividiendo el incremento máximo obtenido asociado a la creación de un centro de intercambio (ECA-EBase) por el número de hectáreas inicialmente cultivadas 75.103,2.

Tabla 5. La contribución del sistema de alimentadores: Comparación entre los escenarios ECA y ESA
 Table 5. The contribution of the irrigation reused water: Comparison between the ECA and ESA scenarios

Precio	hm ³ de agua destinada a riego		hm ³ de agua cedida al centro de intercambio		Número Hectáreas Cultivadas		Número Hectáreas Regadío		m ³ /ha cultivada		m ³ /ha en regadío		% Variación Hectáreas Cultivadas		% Variación Hectáreas Regadío	
	ECA	ESA	ECA	ESA	ECA	ESA	ECA	ESA	ECA	ESA	ECA	ESA	ECA	ESA	ECA	ESA
0,00	531,8	531,8	0,0	0,0	75.103,2	74.179,1	65.782,9	57.479,0	6.231,2	5.493,9	6.642,1	6.702,2	0,0	0,0	0,0	0,0
0,01	531,8	531,8	0,0	0,0	75.103,2	74.179,1	65.782,9	57.479,0	6.231,2	5.493,9	6.642,1	6.702,2	0,0	0,0	0,0	0,0
0,02	531,8	531,8	0,0	0,0	75.103,2	74.179,1	65.782,9	57.479,0	6.231,2	5.493,9	6.642,1	6.702,2	0,0	0,0	0,0	0,0
0,03	531,8	531,8	0,0	0,0	75.103,2	74.179,1	65.782,9	57.479,0	6.231,2	5.493,9	6.642,1	6.702,2	0,0	0,0	0,0	0,0
0,04	531,8	531,8	0,0	0,0	75.103,2	74.179,1	65.782,9	57.479,0	6.231,2	5.493,9	6.642,1	6.702,2	0,0	0,0	0,0	0,0
0,05	522,1	531,8	9,7	0,0	75.005,4	74.179,1	64.017,8	57.479,0	6.117,3	5.493,9	6.700,5	6.702,2	-0,1	0,0	-2,7	0,0
0,06	480,4	517,0	51,4	14,8	74.442,0	73.831,4	58.740,4	55.992,6	5.628,5	5.341,3	6.719,0	6.689,1	-0,9	-0,5	-10,7	-2,6
0,07	450,5	485,4	81,4	46,4	73.685,8	72.774,0	55.350,1	52.967,1	5.278,0	5.014,8	6.686,5	6.638,9	-1,9	-1,9	-15,9	-7,8
0,08	426,6	457,8	105,3	74,0	72.708,9	71.579,5	52.812,8	50.212,4	4.998,0	4.729,6	6.635,9	6.604,8	-3,2	-3,5	-19,7	-12,6
0,09	405,1	434,8	126,7	97,0	71.657,7	70.275,9	50.397,0	47.720,0	4.746,5	4.491,4	6.604,2	6.599,7	-4,6	-5,3	-23,4	-17,0
0,10	386,8	410,1	145,0	121,7	70.532,5	68.711,1	48.134,0	45.137,7	4.532,4	4.236,3	6.602,8	6.581,1	-6,1	-7,4	-26,8	-21,5
0,11	368,0	386,8	163,8	145,0	69.195,9	67.170,7	45.901,8	42.716,2	4.311,8	3.995,8	6.586,9	6.559,3	-7,9	-9,4	-30,2	-25,7
0,12	349,3	364,7	182,5	167,1	67.764,2	65.772,8	43.705,0	40.373,5	4.092,6	3.767,2	6.566,3	6.542,9	-9,8	-11,3	-33,6	-29,8
0,13	332,0	342,1	199,8	189,7	66.525,7	64.285,5	41.623,3	37.944,7	3.889,9	3.534,0	6.553,1	6.530,8	-11,4	-13,3	-36,7	-34,0
0,14	314,9	335,9	216,9	195,9	65.278,6	63.861,8	39.569,3	37.290,8	3.689,5	3.469,7	6.538,2	6.524,3	-13,1	-13,9	-39,8	-35,1
0,15	299,3	332,3	232,5	199,5	64.110,5	63.619,9	37.663,8	36.919,8	3.506,9	3.432,8	6.529,0	6.519,9	-14,6	-14,2	-42,7	-35,8
0,16	295,7	329,3	236,1	202,6	63.829,2	63.424,4	37.242,5	36.599,7	3.464,8	3.401,4	6.523,6	6.516,7	-15,0	-14,5	-43,4	-36,3
0,17	293,0	326,6	238,8	205,2	63.622,1	63.258,9	36.923,5	36.327,2	3.433,2	3.374,2	6.520,0	6.513,1	-15,3	-14,7	-43,9	-36,8
0,18	290,6	314,2	241,2	217,6	63.449,0	62.541,9	36.639,6	35.062,8	3.405,3	3.246,0	6.517,1	6.491,5	-15,5	-15,7	-44,3	-39,0
0,19	288,5	301,1	243,3	230,7	63.298,8	61.938,2	36.394,7	33.739,1	3.380,9	3.110,7	6.514,0	6.465,1	-15,7	-16,5	-44,7	-41,3
0,20	282,1	279,5	249,7	252,3	62.867,6	61.082,1	35.654,5	31.592,3	3.305,8	2.887,8	6.501,5	6.409,7	-16,3	-17,7	-45,8	-45,0

Fuente: Elaboración propia.

y 51,4 hm³ serían cedidos al centro de intercambio. En el escenario ESA al mismo valor se derivarían para riego 517,0 hm³ y solo 14,8 hm³ serían ofertados al centro de intercambio. Cabe señalar que las dotaciones en m³ por hectárea de regadío son similares en ambos escenarios, la reutilización de agua a través de alimentadores no resulta en un incremento significativo en la dotación de agua en parcela de regadío. Las necesidades hídricas de los cultivos determinan el volumen de la dotación y esta dotación se mantiene estable aún en el escenario ESA. No obstante, un mayor número de hectáreas se mantienen en regadío en el escenario ECA para cualquier precio de los derechos. Aunque hay que señalar que a medida que incrementa la compensación percibida por los derechos la reducción en términos porcentuales del número de hectáreas en regadío es superior en el escenario ECA. Este hecho puede ser debido a que el número inicial de hectáreas en regadío es superior en el escenario ECA pero también a que las rentabilidades alcanzadas no justifican mantener estas hectáreas en regadío a medida que el precio de los derechos incrementa.

El MN de la Comunidad es siempre superior en el escenario con alimentadores (ver Tabla 6). A precio cero de los derechos el escenario ECA es asimilable al Ebase que reproduce la situación actual. Por tanto, la diferencia entre los escenarios ECA y ESA a precio cero de los derechos (3.461,6 miles de €) ofrece una estimación de la aportación actual de los alimentadores al MN de la Comunidad (Tabla 6). Además, la comparación de estos escenarios (ECA y ESA) para valores positivos de los derechos permite mostrar como la utilización de los flujos de retorno incrementaría el MN de la Comunidad si existiese un centro de intercambio de derechos negociables. En el escenario con alimentadores a un valor de los derechos de 0,06 €/m³ el MN es de 157.376,9 miles de € y en el escenario sin alimentadores es de 153.610,7. La diferencia es igual a 3.766,2

miles de € que representa un incremento del 2,4% en el MN de la Comunidad. Cuando el valor de los derechos alcanza los 0,15 €/m³ la diferencia en MN es de 5.955,0 miles de € que representa un incremento del 3,5% en el MN de la Comunidad. La aportación del sistema de alimentadores al MN de la Comunidad incrementa con el valor de los derechos.

El MN por hectárea cultivada incrementa en ambos escenarios a partir de 0,05 €/m³ (Tabla 6), sin embargo, puede resultar llamativo que el MN por hectárea en regadío sea generalmente superior en el escenario ESA, sin alimentadores. Al incrementarse el número de hectáreas en regadío el MN por hectárea regada disminuye y por ello este MN es inferior en el escenario con un mayor número de hectáreas regadas que es el escenario ECA. La presencia de alimentadores contribuye a incrementar el MN de la Comunidad, aunque el MN por hectárea de regadío sea inferior. El VAB por m³ de agua es superior en el escenario con alimentadores, en este escenario parte de los recursos hídricos derivados son reutilizados y por tanto, dado un mismo volumen de agua derivada, la rentabilidad de los recursos hídricos será superior (ver Tabla 6).

Tal como está formulado, el presente modelo no permite diferenciar el valor de uso del agua procedente directamente del Canal de la procedente de alimentadores. Gran parte del agua reutilizada a través de alimentadores llega a las parcelas a través de los mismos canales y acequias que utiliza el agua derivada directamente del Canal (ver Cots et al., 2007), por ello el modelo no distingue entre los usos de estos dos tipos de agua. Por otra parte, no existe una estimación cuantitativa precisa del volumen de agua proveniente de alimentadores que no retorna a los canales y es utilizada directamente en parcela en riego por gravedad. La existencia de esta estimación hubiese permitido introducir una restricción en el modelo que obligase a destinar a este sistema de rie-

Tabla 6. La contribución económica del sistema de alimentadores: Comparación entre los escenarios ECA y ESA
 Table 6. The economic contribution of the irrigation reused water: Comparison between the ECA and ESA scenarios

Precio Derechos	Margen Neto										VAB/m ³ de agua	
	Total en miles de €					€ por ha cultivada					€/m ³ de agua derivada	
	ECA	ESA	ECA-ESA	ECA	ESA	ECA-ESA	ECA	ESA	ECA-ESA	ESA	ECA	ESA
0,00	157.043,0	153.581,4	3.461,6	2.091,0	2.070,4	20,6	2.331,94	2.562,58	-230,64	0,33	0,32	0,32
0,01	157.043,0	153.581,4	3.461,6	2.091,0	2.070,4	20,6	2.331,94	2.562,58	-230,64	0,33	0,32	0,32
0,02	157.043,0	153.581,4	3.461,6	2.091,0	2.070,4	20,6	2.331,94	2.562,58	-230,64	0,33	0,32	0,32
0,03	157.043,0	153.581,4	3.461,6	2.091,0	2.070,4	20,6	2.331,94	2.562,58	-230,64	0,33	0,32	0,32
0,04	157.043,0	153.581,4	3.461,6	2.091,0	2.070,4	20,6	2.331,94	2.562,58	-230,64	0,33	0,32	0,32
0,05	157.049,6	153.581,4	3.468,2	2.093,8	2.070,4	23,4	2.387,36	2.562,58	-175,23	0,33	0,32	0,32
0,06	157.376,9	153.610,7	3.766,2	2.114,1	2.080,6	33,5	2.578,34	2.623,95	-45,61	0,36	0,33	0,33
0,07	158.046,0	153.921,3	4.124,8	2.144,9	2.115,1	29,8	2.731,46	2.766,15	-34,69	0,37	0,34	0,34
0,08	158.980,3	154.527,7	4.452,6	2.186,5	2.158,8	27,7	2.869,37	2.918,16	-48,79	0,39	0,35	0,35
0,09	160.143,3	155.386,0	4.757,4	2.234,8	2.211,1	23,8	3.019,71	3.078,33	-58,62	0,40	0,37	0,37
0,10	161.504,1	156.479,8	5.024,4	2.289,8	2.277,4	12,4	3.180,49	3.265,68	-85,18	0,41	0,38	0,38
0,11	163.045,3	157.815,9	5.229,4	2.356,3	2.349,5	6,8	3.358,14	3.468,82	-110,67	0,43	0,40	0,40
0,12	164.777,3	159.376,8	5.400,5	2.431,6	2.423,1	8,5	3.555,09	3.694,71	-139,62	0,44	0,41	0,41
0,13	166.689,2	161.158,8	5.530,4	2.505,6	2.506,9	-1,3	3.766,70	3.961,11	-194,41	0,46	0,43	0,43
0,14	168.773,0	163.094,8	5.678,2	2.585,4	2.553,9	31,6	4.002,16	4.077,76	-75,60	0,47	0,43	0,43
0,15	171.028,6	165.073,6	5.955,0	2.667,7	2.594,7	73,0	4.250,57	4.169,66	80,91	0,48	0,43	0,43
0,16	173.372,1	167.084,0	6.288,2	2.716,2	2.634,4	81,8	4.358,67	4.258,67	100,00	0,49	0,43	0,43
0,17	175.747,7	169.122,7	6.625,0	2.762,4	2.673,5	88,9	4.458,36	4.344,83	113,53	0,49	0,44	0,44
0,18	178.147,6	171.224,3	6.923,2	2.807,7	2.737,8	70,0	4.556,28	4.551,29	4,99	0,49	0,44	0,44
0,19	180.569,9	173.465,8	7.104,1	2.852,7	2.800,6	52,0	4.651,77	4.782,29	-130,52	0,49	0,45	0,45
0,20	183.022,5	175.877,5	7.145,0	2.911,2	2.879,4	31,9	4.811,69	5.153,89	-342,20	0,50	0,47	0,47

Fuente: Elaboración propia.

go una cantidad de agua igual a dicha estimación. Sin embargo, esta información no está disponible y difícilmente hubiese afectado a los resultados del modelo ya que esta no hubiese sido efectiva¹⁴. Sin embargo, la existencia de esta información hubiese permitido contabilizar la aportación de los alimentadores con mayor precisión.

Conclusiones

En este trabajo se han analizado las consecuencias de la creación de un centro de intercambio de derechos en la zona regable del Canal de Urgel. Hasta la fecha no se había realizado un estudio de esta índole en esta zona regable. Análisis como el realizado son un requisito previo antes de plantearse la creación de un centro de intercambio. De acuerdo con los resultados obtenidos, la oferta de derechos es totalmente inelástica cuando el valor de la compensación por agua cedida es inferior a 0,05 €/m³, de modo que para estos valores la disposición a ceder derechos es casi nula. Para valores superiores, a medida que aumenta la compensación, el volumen de derechos cedidos se incrementa y tanto el número de hectáreas totales cultivadas como el de hectáreas en regadío disminuyen. Paralelamente, para valores de los derechos superiores o iguales a 0,05 €/m³ el MN de la Comunidad aumenta. En estos casos la creación de un centro de intercambio permite a la Comunidad alcanzar un MN superior al MN obtenido en el escenario base (157.043 miles de €). La cuantía de esta mejora alcanza el 16% cuando el valor de los derechos es de 0,20 €/m³. Estos resultados pre-

sentan similitudes con los obtenidos en otras zonas de la geografía española donde la creación de un centro de intercambio incrementaría el MN de la zona regable sujeta a análisis (Calatrava y Gómez-Ramos, 2009).

Otra aportación original de este trabajo es la estimación de las ganancias aportadas por los flujos de retorno a través del sistema de alimentadores presente en la zona. Los alimentadores permiten mantener simultáneamente un mayor número de hectáreas cultivadas en regadío así como ceder un mayor volumen de derechos al centro de intercambio. Sin embargo, la presencia de alimentadores no evita que la extensión de regadío disminuya a medida que aumenta la compensación por los derechos cedidos. En ambos escenarios, al aumentar el valor de los derechos el volumen de agua utilizado en la Comunidad disminuye y el número de hectáreas en regadío también. Asimismo, el MN de la Comunidad en el escenario con alimentadores es superior a dicho MN en el escenario sin alimentadores, para cualquier valor de los derechos. Este estudio muestra que la contribución de los alimentadores es positiva, el incremento en MN de la Comunidad que proporciona la presencia de alimentadores en ausencia de mercado es de 3.461,6 miles de €. Además estas ganancias aumentan con el valor de los derechos. Por tanto, una modernización del sistema de riego que obligue a renunciar a la utilización del sistema de alimentadores deberá tener este hecho en consideración y proporcionar ganancias superiores a las proporcionadas por el sistema de alimentadores. Para finalizar, conviene señalar que la existencia de datos más exactos sobre el volumen de agua proveniente de alimentadores hubiese permitido

14. En la actualidad la proporción de riego a manta es superior al 92%. Asimismo en los escenarios simulados la superficie mínima destinada a riego manta no es en ningún escenario inferior al 28,7%. Por tanto, aunque toda el agua aportada por los alimentadores (11,8%) estuviese restringida a ser utilizada en riego a manta, dicho volumen de agua nunca hubiese superado el porcentaje de riego a manta de la zona y dicha restricción nunca hubiese sido efectiva.

contabilizar la aportación de los alimentadores con mayor precisión y diferenciar el valor de uso del agua procedente directamente del Canal de la procedente de alimentadores. La concreción de estas relaciones abre una vía a futuras investigaciones.

Los resultados de este estudio son difícilmente extrapolables a otros sistemas de reutilización de agua en agricultura como la utilización aguas residuales regeneradas. Sin embargo y aunque la viabilidad de la utilización de agua regenerada merece de un estudio pormenorizado, los resultados positivos obtenidos en este estudio abren la puerta a consideraciones de este tipo. En este trabajo solo se ha considerado el incremento en la productividad agraria resultante del doble uso agrícola de un mismo caudal de agua. La utilización de aguas residuales regeneradas también conlleva un doble uso pero el primero de ellos es de carácter urbano. Por otro lado, el agua reutilizada a través de alimentadores no recibe ningún tratamiento adicional y no es necesario construir nuevas infraestructuras que faciliten su uso. Sin embargo, para evaluar la rentabilidad del uso para riego de agua residual se deberían considerar los costes de tratamiento que aseguren que dicha agua no representa riesgos innecesarios para la salud y los de infraestructuras que posibilitar su reutilización. A pesar de estas diferencias los resultados positivos de este trabajo incentivan el estudio de la reutilización de agua en otros contextos siendo esta otra vía de posible investigación futura.

Agradecimientos

Las autoras agradecen a dos revisores anónimos sus valiosos comentarios. Además Montserrat Viladrich-Grau agradece el apoyo recibido por el proyecto ECO2012-34202 del *Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica*.

Bibliografía

- Alarcón J, Garrido A, Juana L (2013). Managing irrigation water shortages: A comparison between five allocations rules built on crop benefits functions and a simple way to estimate them. Documento de trabajo presentado en el Encuentro sobre Instrumentos Económicos para la Gestión del Agua en España, 20 y 21 junio 2013, Universidad de Alcalá de Henares, Alcalá de Henares, España.
- Arriaza M, Gómez-Limón JA, Upton M (2002). Local water markets for irrigation in Southern Spain: A multicriteria approach. *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 46(1): 21-43.
- Barkaoui A, Bultault JP (1998). Modélisation de l'agriculture meusienne et «Paquet Santer». *Economie Rurale* 248: 13-20.
- Bauer S, Kasnakoglu H (1990). Non linear programming models for sector and policy analysis. *Economic Modelling* 7(3): 275-290.
- Berbel J, Jiménez JF, Salas A, Gómez-Limón JA, Rodríguez A (1999). Impacto de la política de precios del agua en las zonas regables y su influencia en la renta y el empleo agrario. Federación Nacional de Comunidades de Regantes de España, Madrid.
- Berbel J, Calatrava J, Garrido A (2007). Water pricing and irrigation: a review of the European experience. En: *Irrigation water pricing policy: the gap between theory and practice* (Ed. F. Molle, J. Berkoff), pp. 295-327. CABI IWMI.
- Blanco M, Navarro D, Viladrich-Grau M (2010). ¿Pueden los instrumentos económicos contribuir a la sostenibilidad del regadío en las regiones mediterráneas? *Anales del XXIV Congreso Internacional de Economía Aplicada de Asepelt*, 16-19 junio 2010, Alicante, España, pp. 1260-1284.
- Blanco M, Cortignani R, Severini S (2008). Evaluating changes in cropping patterns due to the 2003 CAP reform. An ex-post analysis of different PMP approaches considering new activities. 107th EAAE Seminar Modeling of Agricultural and Rural Development Policies, 29 Enero - 1 Febrero 2008, Sevilla, España.

- Blanco M, Iglesias E (2005). Modelling new EU agricultural policies: global guidelines, local strategies. En: *Modelling agricultural policies: state of the art and new challenges* (Ed. F Arfini), pp. 831-843. Monte Università Parma Editore, Parma, Italia.
- Blanco M, Iglesias E, Sumpsi JM (2003). Modelling the implementation of the full cost recovery approach in Spanish irrigated lands. XI World Water Congress: Water Resource Management in the 21st Century, 5-9 octubre 2003, Madrid, España.
- Brill E, Hochman E, Zilberman D (1997). Allocation and pricing at the water district level. *American Journal of Agricultural Economics* 79(3): 952-963.
- Calatrava J, Garrido A (2005). Spot water markets and risk in water supply. *Agricultural Economics* 33(2):131-143.
- Calatrava J, Gómez-Ramos A (2009). El papel de los mercados de agua como instrumento de asignación de recursos hídricos en el regadío español. En: *La economía del Agua de Riego en España* (Eds. JA Gómez-Limón, J Calatrava, A Garrido, FJ Sáez, A Xabadia), pp. 295-320. Fundación Cajamar, Almería.
- Calatrava J, Martínez Granados D (2012). El valor de uso del agua en el regadío de la cuenca del Segura y en las zonas regables del trasvase Tajo-Segura. *Economía Agraria y Recursos Naturales* 12(1): 5-32.
- Cañas JA, López MJ, Gómez-Limón JA (2000). Obtención de la curva de demanda de agua de riego generada por una hipotética política de tarifas sobre el agua. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros* 188: 67-92.
- CGRCU (2004). *Memòria Anual*. Junta de Govern. Comunitat General de Regants dels Canals d'Urgell.
- CGRCU (2005). *Memòria Anual*. Junta de Govern. Comunitat General de Regants dels Canals d'Urgell.
- CGRCU (2006). *Memòria Anual*. Junta de Govern. Comunitat General de Regants dels Canals d'Urgell.
- CHE (2004). Estudio de dotaciones del Plan hidrológico de la Cuenca del Ebro. Convenio CHE-CSIC. <http://www.chebro.es/contenido.visualizar.do?idContenido=14411> (1 mayo 2014).
- Cots LI, Clop MM, López R, Sangrà J, Esteban M, Barragán JM, Cuadrat O (2007). Indicadores de la gestión del agua en los Canales de Urgell. *Riegos y Drenajes XXI* 156: 26-32.
- Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca (2005). Pla director de modernització de la zona regable dels Canals d'Urgell, Direcció General de Desenvolupament Rural. Generalitat de Catalunya, Barcelona.
- DAAM (2004). Superfícies municipals dels conreus agrícoles de Catalunya. Servei d'Estudis i Prospectiva. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca Alimentació i Medi Natural.
- DAAM (2005). Superfícies municipals dels conreus agrícoles de Catalunya. Servei d'Estudis i Prospectiva. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca Alimentació i Medi Natural.
- DAAM (2006). Superfícies municipals dels conreus agrícoles de Catalunya. Servei d'Estudis i Prospectiva. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca Alimentació i Medi Natural.
- Garrido A (1998). Economic analysis of water markets in the Spanish agricultural sector: Can they provide substantial benefits? En: *Markets for Water* (Eds. KW Easter, MW Rosegrant, A Dinar), pp. 223-239. Series: Natural resource management and policy. Springer.
- Garrido A, Calatrava J (2009). Trends in water pricing and markets. En: *Water policy in Spain* (Eds. A Garrido, MR Llamas), pp. 129-142, Francis & Taylor.
- Garrido A, Gómez-Ramos A (2009). Propuesta para la implementación de un centro de intercambio basado en contratos de opción. En: *La economía del agua de riego en España* (Eds. JA Gómez-Limón, J Calatrava, A Garrido, FJ Sáez, A Xabadia), pp. 95-114 Fundación Cajamar, Almería.
- Garrido A, Llamas MR (2009). Water management in Spain: An example of changing paradigms. En: *Policy and strategic behaviour in water resource management*, (Eds. A Dinar, J Albiac), pp. 125-144, Earthscan.
- Goetz RU, Martínez Y, Rodrigo J (2005). Eficiencia de las reglas de asignación de agua en el rega-

- dío: asignación a través de mercados, de la regla proporcional y de la regla uniforme. *Economía Agraria y Recursos Naturales* 9:115-138.
- Goetz RU, Gromaches Y, Martínez Y, A Xabadia (2009). Asignación del agua de regadío: una comparación de reglas. En *La economía del agua de riego en España* (Eds. JA Gómez-Limón, J Calatrava, A Garrido, FJ Sáez, A Xabadia), pp. 247-262. Fundación Cajamar Almería.
- Gohin A, Chantreuil F (1999). La programmation mathématique dans les modèles d'exploitation agricole. Principes et importance du calibrage. *Cahiers d'Economie et Sociologie Rurale* 52: 59-77.
- Gómez-Limón JA, Arriaza M. (2000). Mercados locales de agua de riego. Una modelización multicriterio en el bajo Guadalquivir. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros* 188: 135-164.
- Gómez-Limón JA, Martínez Y (2006). Multi-criteria modelling of irrigation water market at basin level: A Spanish case study. *European Journal of Operational Research* 173(1): 313-336.
- Gómez-Limón JA, Riesgo L (2004). Irrigation water pricing: differential impacts on irrigated farms. *Agricultural Economics*, vol 31(1): 47-66.
- Heckelet T, Britz W (2000). Positive mathematical programming with multiple data points: A cross-sectional estimation procedure. *Cahiers d'Economie et Sociologie Rurales* 57(4): 28-50.
- Howe CW, Schurmeier DR, Shaw WD (1986). Innovative approaches to water allocation: the potential for water markets, *Water Resources Research* 22: 439-445.
- Howitt RE (1995). Positive mathematical programming. *American Journal of Agricultural Economics* 77: 329-342.
- Iglesias E, Blanco M (2008). New directions in water resources management: the role of water pricing policies. *Water Resources Research*, 44(6): 7-27.
- Martínez Y, Gómez-Limón JA (2004). Simulación multicriterio de los mercados de agua de regadío: el caso de la cuenca del Duero. *Revista de Estudios Agrosociales y Pesqueros* 202: 101-134.
- Martínez Y, Goetz RU (2007). Ganancias de eficiencia versus costes de transacción de los mercados de agua. *Revista de Economía Aplicada*, 43(XV): 49-70.
- MAPA (2006a). Resultados Técnico-Económicos de Explotaciones Agrícolas de Aragón en 2005. Subsecretaría de Agricultura, Pesca y Alimentación, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- MAPA (2006b). Resultados Técnico-Económicos de Explotaciones Agrícolas de la Comunidad Valenciana en 2005. Subsecretaría de Agricultura, Pesca y Alimentación, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- Michelsen AM, Taylor RG, Huffaker RG, McGuckin JT (1999). Emerging agricultural water conservation price incentives. *Journal of Agricultural and Resource Economics* 24 (1): 222-238.
- Moore MR, Gollehon NR, Carey MB (1994). Multi-crop production decisions in Western irrigated agriculture: The role of water price. *American Journal of Agricultural Economics* 76: 859-874.
- Olona J, Horta MA (2010). Evaluación de la política de precios del agua de riego. Evidencias empíricas en Navarra. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros* 227: 11-47.
- Paris Q, Howitt RE (1998). An analysis of ill-posed production problems using maximum entropy. *American Journal of Agricultural Economics* 80: 124-139.
- Pujol J, Raggi M, Viaggi D (2006). The potential impact of markets for irrigation water in Italy and Spain: a comparison of two study areas. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 50(3): 361-380.
- Real Decreto 2353/2004, de 23 de diciembre (B.O.E. de 24 de diciembre).
- Real Decreto 1612/2008, de 3 de octubre (B.O.E. de 4 de octubre).
- Riesgo L, Gómez-Limón JA (2005). Análisis de escenarios de políticas para la gestión pública de la agricultura de regadío. *Economía Agraria y Recursos Naturales* 9(1): 81-114.
- Röhm O, Dabbert S (2003). Integrating agri-environmental programs into regional production

models: An extension of positive mathematical programming. *American Journal of Agricultural Economics* 85(1): 254-265.

Sumpsi JM, Garrido A, Blanco M, Varela C, Iglesias E (1998). *Economía y política de gestión del agua en la agricultura*. MAPA/Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

Varela C, Sumpsi JM, Garrido A, Blanco M, Iglesias E (1998). Water pricing policies, public decision making and farmers' response: Implications for water policy. *Agricultural Economics* 19(1-2): 193-202.

(Aceptado para publicación el 24 de abril de 2014)

Análisis técnico-económico de diferentes sistemas de plantación de olivo en zonas semiáridas del Valle del Ebro

A. Arbonés¹, M. Pascual² y J. Rufat^{1,*}

¹ Programa Us Eficient de l'Aigua. IRTA. FruitCentre, Parc Científic i Tecnològic Agroalimentari de Lleida. 25003 Lleida (Spain)

² Departament d'Hortofructicultura, Botànica i Jardineria. Universitat de Lleida. Av. Rovira Roure, 191. 25198 Lleida (Spain)

Resumen

Se han calculado los indicadores de rentabilidad y costes de producción aceite de oliva virgen extra (AOVE) cv 'Arbequina' en diferentes sistemas de cultivo utilizados en el Valle del Ebro (España) tanto en condiciones de secano como de regadío. Los coeficientes técnicos y costes han sido estimados a partir de entrevistas a agentes del sector durante el año 2013. Los indicadores de rentabilidad utilizados han sido el valor actual neto (VAN), la relación VAN- Inversión (IVAN), la tasa interna de retorno (TIR) y el valor actual equivalente (VAE). Este último es utilizado para comparar los resultados de sistemas con diferente vida productiva. Como indicadores de eficiencia se ha calculado el coste de producción de las olivas y del aceite, así como la relación beneficio/coste (RBC). La sensibilidad del VAE a cambios en la cuantía de inversiones, costes y beneficios se ha determinado mediante ajuste de modelos lineales de regresión a diferentes escenarios. Los resultados indican que la viabilidad de las plantaciones tradicionales en secano es muy dependiente de las ayudas agroambientales. Este mismo sistema, con riego de soporte que permita cubrir entorno el 35% de ETc se muestra rentable. El cultivo intensivo es el más rentable en las condiciones estudiadas, junto a los sistemas superintensivos, que pueden ser eficientes si son diseñados para un alto grado de mecanización. También se muestra la alta sensibilidad a variaciones de producción y precios de mercado a medida que se intensifica el cultivo, aumentando el riesgo asociado a las inversiones.

Palabras clave: Aceite de oliva, indicadores de rentabilidad, riego, plantación intensiva y superintensiva.

Abstract

Technical and economic analysis of different olive production systems in semiarid regions of the Ebro Valley (Spain)

Profitability indicators and production costs of olive trees cv 'Arbequina' under different cropping systems in the Ebro Valley (Spain) were calculated. Technical and cost coefficients were obtained from a survey of different stakeholders during the year 2013. The profitability indicators used were Net Present Value (NPV), the NPV-Investment relationship (INPV), internal rate of return (IRR) and equivalent present value (EPV), this one used to compare the results of the different systems. As indicators of efficiency, cost of production of olives and oil and the relationship profit/cost (RPC) were calculated. To evaluate NPV sensitivity to investments changes, costs and benefits were determined by fitting regres-

* Autor para correspondencia: josep.rufat@irta.cat

<http://dx.doi.org/10.12706/itea.2014.025>

sion linear models under changing scenarios. The results indicate that the viability of traditional rain-fed plantations depends on agri-environmental aids. When deficit irrigation is added, covering 35% of Etc, it is profitable. Intensive farming systems are the most profitable under the studied conditions. However, super-intensive systems could be efficient under a high degree of mechanization. Also, it is highly sensitive to changes in yield and olive oil prices due to farming intensification, increasing the risk.

Key words: Olive oil, profitability indicators, irrigation, intensive and superintensive olive orchard.

Introducción

Los cultivos tradicionales mediterráneos poseen algunos elementos comunes que los hacen insustituibles en su vertiente de sostenibilidad del territorio tanto en su faceta socio-económica como medioambiental, al ocupar zonas donde otros cultivos alternativos presentan muchas limitaciones (Stroosnijder et al., 2008). El sector oleícola se enfrenta al reto de satisfacer una demanda mundial creciente de aceite de oliva, lo que constituye una oportunidad de primer orden para el sector agroalimentario español. Ello ha fomentado la investigación y el desarrollo tecnológico del cultivo (Pastor et al., 1999; Alegre et al., 2000; Girona et al., 2001; Faci et al., 2002; Santos et al., 2010), que han contribuido al desarrollo de sistemas de cultivo con producciones y rentabilidades del capital insospechadas hace unas pocas décadas (Vossen, 2004).

En las zonas áridas y semiáridas del valle del Ebro en que tradicionalmente se cultiva el olivo, las plantaciones de secano tienen densidades de unos 100 olivos/ha⁻¹, adaptadas fundamentalmente al régimen pluviométrico. La puesta en servicio de nuevos regadíos, ya sean dimensionados para dotaciones a plena necesidad (6.000 m³ha⁻¹año⁻¹), y más frecuentemente dimensionados para riegos de soporte (1.000 a 3.500 m³ha⁻¹año⁻¹) hacen plantear a los agricultores la intensificación del cultivo mediante densidades de plantación superiores a las tradicionales.

Las zonas tradicionales de cultivo se asocian a un clima semiárido, con una temperatura

media anual entorno a los 15°C, con temperaturas invernales bajas que pueden provocar daños severos en los olivares de zonas más expuestas al frío. Las lluvias oscilan entre 300 y 500 mm año⁻¹, repartidas irregularmente (Figura 1). Los suelos se caracterizan por ser poco profundos y calcáreos, en general poco fértiles y con una capacidad de retención de agua de moderada a baja. La estructura de la explotación tradicional se fundamenta en el cultivo en parcelas de pequeña dimensión, a menudo con alta pendiente, existiendo en muchos casos bancales, lo que dificulta la mecanización del cultivo.

Existen estudios en Andalucía, realizados en buenas condiciones edafoclimáticas, que indican que las plantaciones intensivas son más rentables que las plantaciones superintensivas, debido a que en el segundo caso la inversión realizada es superior y, el tamaño del seto, directamente relacionado con la producción, está condicionado por la anchura y la altura de la máquina recolectora (Pastor et al., 2006). Otras experiencias realizadas en Córdoba y Tarragona con sistemas superintensivos (1.975 y 2.469 olivos ha⁻¹), indican que las producciones acumuladas de aceitunas, del 2º al 6º año, fueron notablemente más altas en Córdoba (13.788 kg ha⁻¹) que en Tarragona (8.623 kg ha⁻¹) posiblemente causadas por las diferencias climáticas, de fertilidad de suelo y también del agua suministrada (León et al., 2006). Abós et al. (2007) concluyen que estas últimas son una alternativa rentable a corto plazo, alcanzando una tasa interna retorno (TIR) entre el

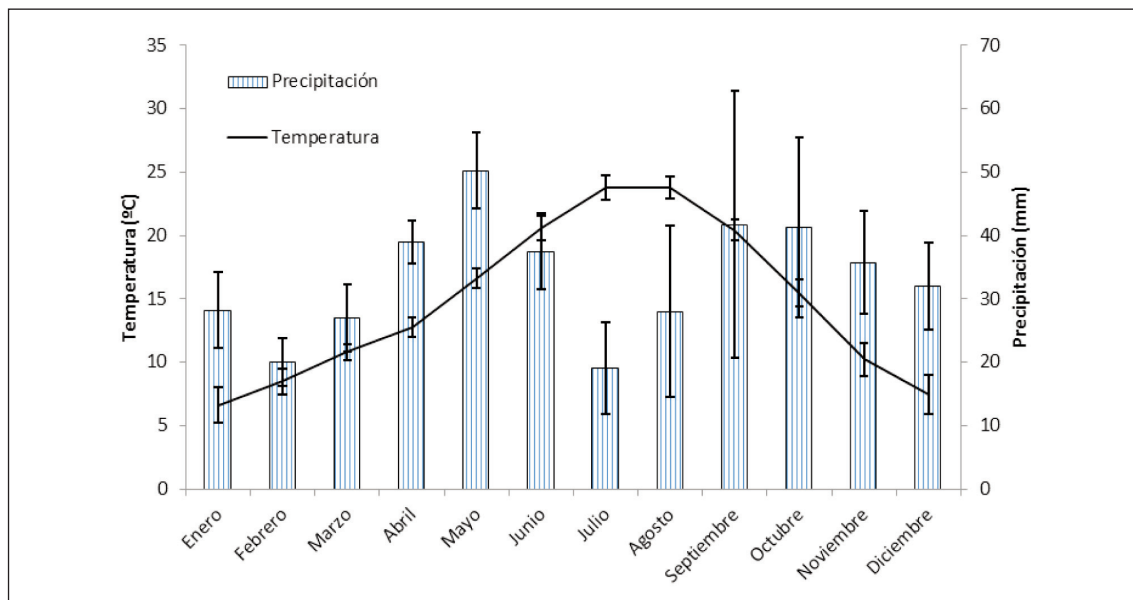


Figura 1. Climograma medio del valle del Ebro. Realizado con datos de 8 estaciones meteorológicas desde Tarragona hasta Navarra. Las barras verticales representan la desviación estándar de la media de la temperatura y la precipitación media mensual.

Figure 1. Weather data in the Ebro Valley. Weather stations (8) were used from Tarragona to Navarra.

8 y 10%; si bien constataron una rentabilidad mayor en las plantaciones intensivas, próxima al 14%. No obstante, ambos sistemas manifestaron una alta sensibilidad a las variaciones del precio de la aceituna y la producción (20% y 30%, respectivamente), lo que implica un incremento del riesgo. Por último, los sistemas tradicionales en estas zonas presentan producciones sensiblemente mayores que las de las zonas media y baja del valle del Ebro, debido fundamentalmente a lluvias más cuantiosas.

El objetivo de este estudio es calcular los indicadores de rentabilidad y conocer la viabilidad económica de diferentes sistemas de cultivo de olivo en la zona del valle del Ebro, en la que conviven, según las disponibilidades de agua, desde los sistemas tradicionales de secano con los más evolucionados sistemas intensivos de regadío.

Materiales y métodos

La información utilizada en el presente estudio ha sido obtenida de entrevistas realizadas a diferentes agentes representativos del sector: agricultores, técnicos de Agrupación de Tratamientos Integrados (ATRIAs), comunidades de Regantes, Cooperativas y empresas productoras y de servicios de diferentes zonas de Lleida, Tarragona, Zaragoza y Navarra. Si bien existen una gran variabilidad en los tipos de plantaciones de la zona estudiada, se han agrupado en cuatro sistemas de cultivo, adaptados de la clasificación propuesta por Stroosnijder *et al.* (2008). Así mismo, se ha evaluado la reconversión del olivar tradicional de secano a regadío mediante la plantación intercalada para incrementar la densidad, por cuanto constituye actualmente una solución ampliamente extendida.

Tipos de sistemas de plantación evaluados:

Nueva plantación en secano

Incluye aquellas plantaciones que no tienen disponibilidad de riego. La densidad más común suele situarse en el rango de 100 a 150 olivos ha^{-1} , con un objetivo productivo entorno los 1.500 kg ha^{-1} de aceitunas, con una producción de 360 litros de aceite ha^{-1} . Los antecedentes técnicos de esta tipología de sistema corresponden a los resultados de ocho años de control (1983-1990), en una plantación experimental de cv 'Arbequina' en secano (Solé, 1994).

Se considera que la entrada en producción tiene lugar desde el año 10 hasta el 14 y a partir del 15º año se obtiene una producción estable hasta el año 50, en que se considera finalizada la vida útil para este estudio. Esta puede llegar a ser mucho más larga considerando las edades de muchas plantaciones existentes en la zona.

La protección del cultivo contempla dos tratamientos fitosanitarios anuales. El mantenimiento del suelo se realiza con tres pasadas de cultivador al año y un pase de rulo previo a la cosecha. La recolección se realiza mediante dos pasadas de vibrador de tronco con paraguas invertido.

Plantación tradicional con riego de soporte

Este tipo de sistema se plantea cuando existe la posibilidad de un riego de soporte con dotaciones de 2.000 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$ o inferiores, como es el caso de algunas áreas de nuevos regadíos en el Valle del Ebro donde existen plantaciones que tradicionalmente han sido de secano en buen estado productivo, con densidades entorno a los 100 árboles ha^{-1} . Este tipo de plantación está siendo reconvertida por los agricultores, intercalando una línea de olivos, lo que supone un incremento de la densidad. En Andalucía, Pastor et al. (1990) en un olivar adulto concluyen que el

incremento de densidad es poco viable técnica y económicamente en secano. Sin embargo, en olivares transformados en nuevas zonas de riegos de soporte con dotaciones entre 1.000 y 2.000 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$, se constata un incremento sensible de la producción al incrementar la densidad de plantación. Se considera que el incremento de rendimientos se realiza progresivamente desde el quinto año de plantación hasta el noveno año, con un potencial a plena producción (a partir del año 10) de 5.000 kg ha^{-1} de olivas, de las que se obtienen unos 1.200 litros ha^{-1} de aceite. La vida útil de la plantación se considera de 45 años, aunque pueda ser superior. En estas plantaciones se estiman necesarios tres tratamientos fitosanitarios anuales y el mantenimiento de suelo mediante tres tratamientos de herbicidas en las líneas y tres desbrozados mecánicos entre los árboles. La recolección es realizada con dos pasadas de vibrador de tronco con paraguas invertido.

El coste del agua de riego se calcula en base a los precios indicativos de la Comunidad de Regantes Segrià Sud (Lleida) con un fijo anual de 74 € ha^{-1} y un precio variable de 0,145 € m^3 según la tarifa vigente en 2013 en el caso de riego de soporte. Se considera un coste de oportunidad de 400 € ha^{-1} , equivalente al arriendo de la tierra a terceros.

Plantación intensiva en regadío

Este sistema es factible, desde un punto de vista de recursos hídricos, cuando se dispone de un riego con dotaciones superiores a 3.500 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$. Estos sistemas de plantación se realizan con densidades entorno los 330 olivos ha^{-1} (marcos de plantación habituales de 5 x 6 m). A partir del cuarto año suele producirse la entrada en producción, aumentando hasta décimo, en el que la plantación consigue su óptimo productivo. La producción de olivas esperada es de 8.000 kg ha^{-1} y 1.920 L ha^{-1} de aceite. La vida útil de la plantación se considera de 45 años, aunque posiblemente pueda ser superior.

Se prevén cuatro tratamientos fitosanitarios anuales y el mantenimiento del suelo con tres tratamientos de herbicidas en las líneas y tres pases de desbrozadora entre los árboles. En este caso, el agua de riego tiene un precio fijo anual de 95 € ha⁻¹ y un precio variable de 0,096 € m⁻³ (tarifa 2013 para esta dotación en la CC.RR. Segarra-Garrigues). En este caso se ha considerado un coste de oportunidad de 500 € ha⁻¹, precio de arriendo de tierras con esta dotación de agua. La recolección está prevista con dos pasadas de vibrador de tronco con paraguas invertido.

Nueva plantación superintensiva

Este tipo de sistemas se asocia a dotaciones de riego de unos 4.500 m³ ha⁻¹ año⁻¹ o superiores, con densidades de 1.000 olivos ha⁻¹ o mayores. En el tercer año se inicia la producción y a partir del 5º se considera la plantación establecida. Se prevé una producción media de olivas de unos 9.000 kg ha⁻¹ para obtener una producción de aceite de 2.160 litros ha⁻¹ (Rufat et al, 2013). La vida útil se considera de 22 años, teniendo constancia de la existencia de plantaciones en plena producción con 18 años.

Se prevén cinco tratamientos fitosanitarios anuales y el mantenimiento de suelo con cuatro tratamientos de herbicidas en las líneas y cuatro pases de desbrozadora en las calles. El agua de riego tiene un precio fijo anual de 110 € ha⁻¹ y un precio variable de 0,096 € m⁻³ (tarifa de riego total en la CC.RR. Segarra-Garrigues). En este caso se ha considerado un coste de oportunidad de 600 € ha⁻¹. La recolección está prevista con una pasada de vendimiadora.

Nueva plantación superintensiva tutorada

Este sistema se caracteriza por la posibilidad de alcanzar los rendimientos más altos y debe asociarse a dotaciones de agua no limitantes, a partir de 5.000 m³ ha⁻¹ año⁻¹, con

densidades de unos 1.670 olivos ha⁻¹ (marco mínimo de 4 x 1,5 m) formadas en seto y tutoradas. En el tercer año se inicia la producción y a partir del 5º se considera la plantación adulta. Se prevé una producción de olivas de unos 11.000 kg ha⁻¹ para obtener una producción de aceite de 2.640 l ha⁻¹. El periodo de vida útil considerado es de 22 años, como en el caso anterior.

La protección fitopatológica se realiza mediante seis tratamientos anuales y el mantenimiento del suelo con cuatro tratamientos de herbicidas en las líneas y cuatro pases de desbrozadora en las calles. El coste del abonado es proporcional a la producción esperada. El agua de riego y los costes de oportunidad son los mismos que en el apartado anterior. La recolección está prevista en una pasada con máquina vendimiadora.

Consideraciones de carácter general

Las características principales de los sistemas de cultivo considerados son los que se muestran en la Tabla 1.

Para realizar la valoración de la producción de aceite se considera un rendimiento del 22% en peso. El precio percibido por el productor es de 3 € L⁻¹, teniendo en cuenta el precio de un aceite de calidad virgen extra en zonas con Denominaciones de Origen o Indicaciones Geográficas Protegidas.

Los costes de mano de obra se contabilizan a 9 € h⁻¹. El de la maquinaria (tractor más apero o máquina, incluido el operario) a 35 € h⁻¹; en el caso de la recolección, si ésta se realiza con máquina vendimiadora, se contabiliza a 160 € h⁻¹ y en el caso de vibrador de paraguas se contabiliza a 60 € h⁻¹. Los tiempos indicativos de realización de las labores son tiempos de trabajo para fincas en las que no existen impedimentos al rendimiento de las máquinas. En ningún caso se han contabilizado ayudas de las administraciones al cultivo.

Tabla 1. Características principales de los diferentes sistemas de producción
Table 1. Characteristics of the growing systems

	Secano	Riego Soporte	Intensivo	Superintensivo	Superintensivo tutorado
Olivos ha ⁻¹	150	200	330	1.000	1.670
Dotación riego (m ³ ha ⁻¹)		2.000	3.500	4.500	5.500
Objetivo producción (kg ha ⁻¹)	1.500	5.000	8.000	9.000	11.000
Producción aceite (L ha ⁻¹)	360	1.200	1.920	2.160	2.640
Vida útil estimada (años)	50	45	45	22	22
Año entrada en producción	10	0	4	3	3
Años hasta plena producción	14	9	9	4	4

Los productos de protección considerados se basan en las formulaciones autorizadas de dimetoato, fosmet, clorpirifos, imidacloprid, oxícloruro de cobre, captan e hidróxido cúprico.

El coste del abonado se la calculado en función de la producción esperada. En secano es común abonar con mezclas de abonos con equilibrio 2-1-5, complementado con nitrógeno en primavera. En regadío se detectó más variabilidad, desde la aplicación convencional, con aplicación de invierno y una cobertera con abono nitrogenado en primavera hasta distribución mediante fertirrigación.

El coste de control químico de malas hierbas se ha calculado en base al uso de glifosato+MCPA y glifosato+ oxifluorfen. El sistema de poda considerado es manual con tijeras mecánicas.

En el caso de nuevos regadíos, el coste del derecho de la conexión de la finca a la red de riego y los precios del agua son muy variables en función de la dotaciones de riego y entre las comunidades de regantes (Tabla 2). En el presente estudio se han tomado las tarifas y precios de las CC. RR. Segrià Sud y Segarra-Garrigues.

Metodología de cálculo de los indicadores de viabilidad

Se han elaborado los flujos de caja de cada uno de los sistemas de plantación considerados para, a partir de su análisis, evaluar los indicadores de viabilidad escogidos: Valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR), el Punto muerto (PM), o *Break even point*, el índice de valor actual neto (IVAN), la razón Beneficio-Coste, calculada como razón entre el flujo actualizado de beneficios y el valor actual de los costes totales, y el Valor actual neto (VAE). Este último indicador ha sido el utilizado a efectos comparativos de los diferentes sistemas, dada la diferente vida útil de cada uno de ellos (ecuación 1).

$$VAE = VAN \cdot \frac{r \cdot (1 + r)^n}{(1 + r)^n - 1} \quad (1)$$

La tasa de descuento r se ha calculado según el modelo WACC –*Weighted Average Cost of Capital*– (Miles y Ezzell, 1980) o coste medio ponderado del capital, con el objetivo de ajustar la tasa de descuento al riesgo subyacente de los activos invertidos en los diferentes sistemas tecnológicos (ecuación 2).

Tabla 2. Costes (€ ha⁻¹) e indicadores técnicos (horas de mano de obra y maquinaria) de la inversión necesaria en diferentes sistemas de producción
Table 2. Investment costs (€ ha⁻¹) and technical indicators (labor and equipment) of the growing systems

	Secano	Riego Soporte	Intensivo	Superintensivo	Superintensivo tutorado
Plantas	312	200	666	2.000	3.334
Preparación terreno y plantar	860	745	860	990	1.170
Postes, cables, anclajes e instalación					2.600
Total Plantación	1.172	945	1.526	2.990	7.104
Coste de derecho de conexión red de riego		1.600	1.550	3.100	3.300
Instalación riego finca		2.500	2.700	3.000	3.100
Total Riego		4.100	4.250	6.100	6.400
Otros*	394	1.721	1.411	1.906	2.048
TOTAL Inversión	1.566	6.766	7.187	10.996	15.552
% de coste mano obra y maquinaria sobre total inversión	72,2	15,7	18,3	11,2	9,4

* Corresponden a otros costes derivados de inversión como la puesta a punto del sistema de riego, la formación y tutorado de la plantación, gastos de abono, agua, fitosanitarios y otros gastos de cultivo durante el primer año.

$WACC = (E \cdot ke + D \cdot kd) / (E + D)$ (2)

Donde E : capital aportado por los inversores

D : Cantidad financiada con crédito

ke: rentabilidad exigida por los inversores o tasa de oportunidad del capital de los inversores.

kd: coste de la deuda

ke se ha calculado mediante el método CAPM –Capital Asset Pricing Model– (Treynor, 1999) formulado como se muestra en la ecuación (3)

$ke = rf + \beta \cdot (rm - rf)$ (3)

Siendo:

rf : tasa de rentabilidad para inversiones sin riesgo.

rm : rentabilidad esperada de un mercado de capitales similar.

β, coeficiente de riesgo de mercado. Se ha considerado como valor indicativo el valor 0,6, como representativo de un segmento como el de producción de aceituna de calidad.

La eficiencia económica se calcula como coste de producción de la aceituna y del aceite el coste de producción unitario del aceite y de las olivas, como cociente del VAE de costes y de VAE de producciones, (ecuación 4):

$$\text{Coste producción} = \frac{VAE_{\text{costes}}}{VAE_{\text{producción}}} \quad (4)$$

La relación Beneficio/Coste se ha calculado como razón entre el flujo actualizado de beneficios y la inversión inicial, (ecuación 5).

$$\frac{\sum_{i=1}^n Bi / (1 + r)^i}{I_c} \quad (5)$$

Siendo Bi los beneficios del año i, r la tasa de descuento e I_c la inversión inicial.

Por último, se ha realizado un análisis de sensibilidad de VAE a partir de las variaciones en la cuantía de las inversiones, Costes y Beneficios de cada uno de los sistemas estudiados.

Resultados

Analizando los costes de inversión (Tabla 2), en el caso de sistemas de cultivo de secano, la mano de obra y la maquinaria representan el 72% de la inversión total de la nueva plantación, disminuyendo con la intensificación de los sistemas, hasta representar tan solo el 9,2% en el caso de los setos superintensivos. El capítulo más elevado de inversión para el sistema superintensivo tutorado es la plantación mientras que para el resto de los sistemas está constituido por el riego. Los derechos de conexión a la red de distribución de riego suponen un coste entre el 20 y 30% del total de la inversión, en las condiciones de las comunidades de regantes estudiadas. El montante total de la inversión es muy similar en el caso del sistema con riego de soporte y el intensivo, con una diferencia que no supera el 10%. También destaca la importancia del coste de plantación (plantas y tutorado) en el caso de los sistemas en seto superintensivo, que llega al 45% de la inversión total.

Durante el período productivo, los costes anuales aumentan proporcionalmente a la producción obtenida (Tabla 3), en particular para el caso de la mano de obra y maquinaria empleada en el proceso (Figura 2). Destacar entre los costes la poda, la recolección y el agua de riego, así como el coste de oportunidad. La importancia de los anteriores factores varía entre sistemas de cultivo. Los resultados de la evaluación económica y de los indicadores de eficiencia de los sistemas de cultivo analizados se resumen en la Tabla 4. En el caso de los sistemas tradicionales en secano, y en las condiciones evaluadas, el resultado obtenido muestra la inviabilidad de las inversiones en nuevas plantaciones. En contrapartida, los sistemas de cultivo con disponibilidad de riego muestran ser viables. El riego de soporte, con una inversión moderada e incrementando la producción desde el momento inicial, se muestra rentable, constituyendo una solución indicada para la mejora del olivar tradicional, aún en condiciones de suministro restringido de agua. En este escenario, este sistema muestra capacidad para generar una rentabilidad aceptable, aún con los costes de riego considerados.

En las condiciones estudiadas, la relación Beneficio/Coste es mejor en el sistema intensivo frente al resto, al igual que el VAN. Ello es resultado de una inversión inicial más moderada, de la mayor longevidad de este sistema de cultivo y de la tasa de descuento utilizada para la actualización de los flujos de caja.

El análisis de sensibilidad del VAE frente a variaciones de Inversión, Costes y Beneficios (Tabla 5 y Figura 3) muestra la baja sensibilidad de los sistemas de secano a cambios en las componentes, mientras que la implementación de riego de soporte aumenta la sensibilidad a variaciones de producción, precios o costes. Ello también es coherente con el incremento de las inversiones necesarias, llegando a la máxima sensibilidad en los sistemas superintensivos.

Tabla 3. Resumen de costes de producción (en € ha⁻¹) e indicadores técnicos (h ha⁻¹ de mano de obra y de maquinaria) de los diferentes sistemas de cultivo de olivar en plena producción

Table 3. Production costs (€ ha⁻¹) and technical indicators (labor and equipment h ha⁻¹) of the growing systems

	Secano	Riego Soporte	Intensivo	Superintensivo	Superintensivo tutorado
Recolección	340	430	490	550	630
Poda	165	293	430	693	747
Eliminación restos de poda	45				
Laboreo	245				
Agua de riego		384	451	582	678
Abonado					
Abonos	60	250	300	350	400
Aplicación	35				
Tratamientos fitosanitarios					
Productos	73	115	146	177	208
Aplicación	56	84	140	210	294
Control malas hierbas					
Desbrozado		105	137	158	158
Herbicidas		120	120	160	160
Aplicación	84	105	182	210	
Coste oportunidad		400	500	600	600
Varios	60	70	170	230	230
Total Costes	1.079	2.355	3.014	3.917	4.340
Indicadores técnicos					
Mano de obra	31,6	33,3	47,9	65,7	80,4
Equipos mecánicos	11,6	13,3	16,9	20,7	23,4
Recolectora	4,5	6	7	3	3,5

Los costes de producción obtenidos fluctúan en un amplio rango, según los sistemas de cultivo (Tabla 4). El sistema tradicional es el que presenta mayores costes de producción de la aceituna, de 0,86 € kg⁻¹ (3,89 € L⁻¹ de aceite), frente a los sistemas intensivos y su-

perintensivos, en los que el precio de coste oscila entre 0,47 y 0,56 € kg⁻¹ (2,14-2,53 € L⁻¹ de aceite). Estos costes de producción se encuentran dentro de los rangos reportados en diferentes estudios (de Graaff et al., 2008; Vossen et al., 2011).

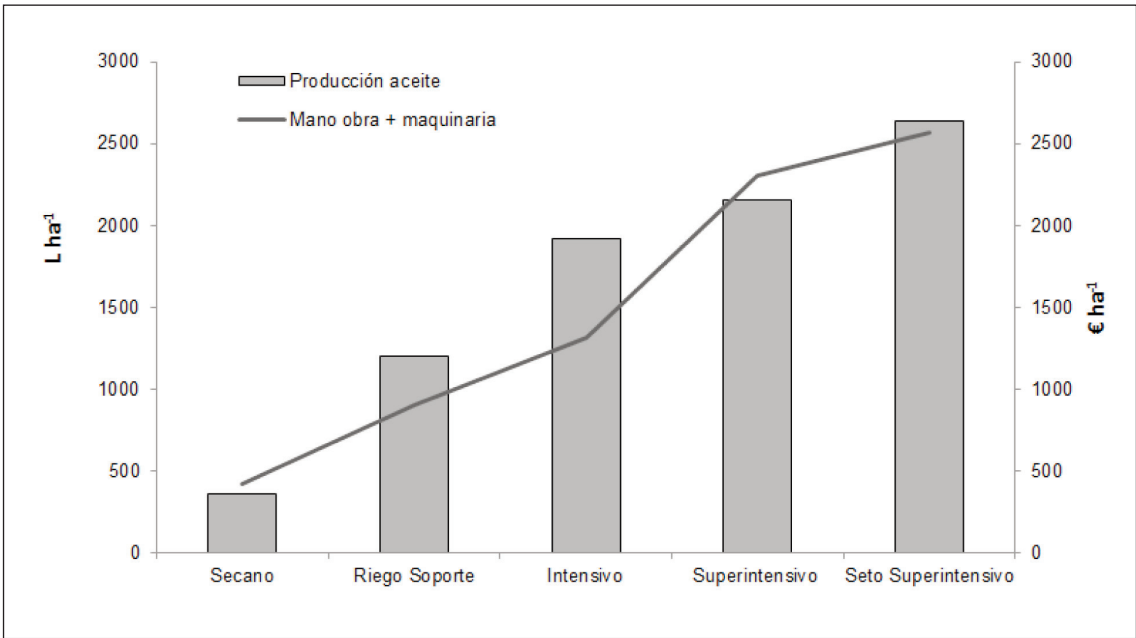


Figura 2. Producción anual de aceite y coste de mano de obra y maquinaria durante el periodo productivo de los diferentes sistemas de cultivo.
Figure 2. Annual olive oil yield and labour and equipment costs during the bearing period of the growing systems.

Tabla 4. Indicadores de rentabilidad: VAE y VAN en € ha⁻¹, TIR, IVAN y B/C, y de eficiencia económica: costes de producción de olivas (CO, en € L⁻¹) y de aceite (CA, € kg⁻¹) y tasa de descuento (r) según los diferentes sistemas de cultivo.
Table 4. Profitability indicators: EPV and NPV in € ha⁻¹, IRR, INPV and RPC, and economic efficiency indicators: olive production costs (CO, en € L⁻¹) and oil production costs (CA, € kg⁻¹) and discount rate (r) of the growing systems

	CO	CA	r	VAE	B/C	PM	IVAN	VAN	TIR
Secano	0,86	3,89	2%	-238,9				-7.048	
Riego de soporte	0,58	2,65	2%	323,8	5,73	20	2,85	19.319	7,7
Intensivo	0,47	2,14	5%	1.304,0	6,83	10	1,72	22.378	11,8
Superintensivo	0,57	2,58	5%	729,1	4,29	11	0,87	9.597	8,2
Superintensivo tutorado	0,60	2,74	5%	998,5	3,46	10	0,85	13.144	8,3

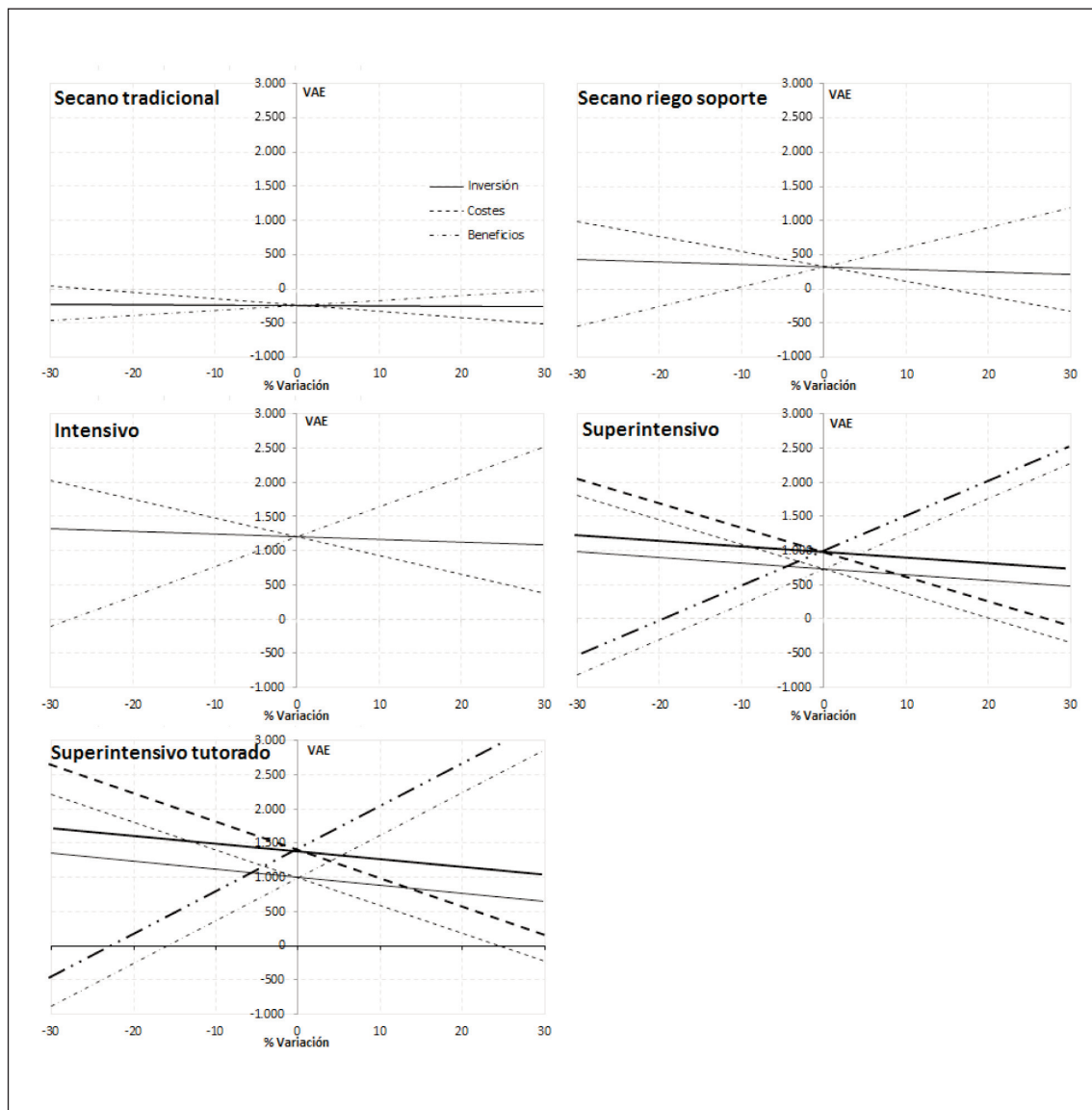


Figura 3. Variación de VAE en función de la variación porcentual de inversiones, costes y beneficios de los diferentes sistemas de plantación estudiados. Las líneas de trazo grueso en los sistemas superintensivo y superintensivo tutorado representan la respuesta de estos sistemas cultivados en condiciones de mecanización integral.

Figure 3. EPV variation as a consequence of the investment, costs and profit percent variation of the growing systems. Bold lines in superintensive and support superintensive systems are the response to global mechanization.

Tabla 5. Coeficientes de los modelos de regresión lineal $VAE = f(\text{Inversiones, Costes, Beneficios})$.

Los coeficientes indican la variación de VAE (en € ha⁻¹) por cada 1% de variación de la media de la variable dependiente (datos de Tabla 4)

Table 5. Coefficients of the linear regression models $EPV = f(\text{Investment, Costs, Profit})$.
Coefficients indicate EPV variation (in € ha⁻¹) for every 1% variation from the dependent variable average (data in Table 4)

	Inversiones	Costes	Beneficios
Secano	-0,53	-9,23	7,37
Riego de soporte	-3,81	-21,83	28,87
Intensivo	-4,19	-27,60	43,80
Superintensivo	-8,35	-35,90	51,55
Superintensivo tutorado	-11,81	-40,80	62,62

Discusión

En general, la intensificación del cultivo implica más consumo de recursos, en particular mano de obra y maquinaria. Las alternativas tecnológicas del proceso de producción en el caso de los sistemas superintensivos, como son la mecanización de la recolección y de la poda, permiten una alta reducción de estos insumos (del 59% al 25% del coste total anual).

Los resultados obtenidos son coherentes con otros trabajos realizados en diferentes zonas productoras, atendiendo las características específicas de cada caso y las diferencias metodológicas existentes (Vossen, 2004; Vossen et al., 2011; Beckingham y Malley, 2007; European Commission. Directorate general for agriculture and rural development, 2012; Duarte et al., 2006).

El mantenimiento de un régimen de ayudas al cultivo constituye un factor decisivo para mantener una renta mínima de explotación en amplias zonas de olivar de secano (Duarte et al., 2008). Sin embargo, los costes de producción de aceite en este sistema sugieren la necesidad de impulsar las estrategias dirigidas hacia el fomento de la calidad y la mejora

de la eficacia de comercialización, que pueden contribuir positivamente a la mejora de los resultados en este tipo de explotaciones (European Commission. Directorate general for agriculture and rural development, 2012). Los costes del cultivo en plena producción son superiores a los obtenidos por JARC (2005), debido principalmente a los costes de poda, fitosanitarios y mantenimiento del suelo. Los costes de producción obtenidos fluctúan en un amplio rango, según los sistemas de cultivo (Tabla 4). El sistema tradicional es el que presenta mayores costes de producción de la aceituna, de 0,86 € kg⁻¹ (3,89 €L⁻¹ de aceite), frente a los sistemas intensivos y superintensivos, en los que el precio de coste oscila entre 0,47 y 0,56 € kg⁻¹ (2,14-2,53 €L⁻¹ de aceite). Estos costes de producción se encuentran dentro de los rangos reportados en diferentes estudios (de Graaff et al., 2008; Vossen et al., 2011).

El sistema tradicional con riego de apoyo se muestra como una alternativa capaz de rentabilizar el olivar cuando no existe la posibilidad de disponer de una dotación completa de agua de riego, presentándose como una alternativa viable cuando el agua y el capital son limitados. El punto muerto de la inversión (PM) podría reducirse a 15 años si la do-

tación de riego de soporte llegara a alcanzar los 3.000 m³ ha⁻¹ ya que las inversiones serían similares y en cambio las producciones se incrementarían.

Los resultados de los sistemas intensivos y superintensivos muestran la viabilidad de todos ellos. Sin embargo, el sistema intensivo ofrece algunas ventajas frente al resto. Aunque debe hacerse hincapié en la necesidad de una adecuada gestión de los costes de la producción e incorporando los recursos necesarios para el mantenimiento de rendimientos altos, como se desprende de la alta sensibilidad que sobretodo los sistemas superintensivos muestran a cambios de rendimiento, costes o inversiones (Figura 3). También estas últimas son mucho más sensibles a la producción y precios de venta pudiendo afectar considerablemente a la rentabilidad obtenida (Santos et al., 2009). A la vez, se pone de manifiesto la necesidad de incorporar tecnologías para reducir el peso que tienen la mano de obra y la recolección en los sistemas superintensivos. En este caso, la mecanización de la poda tiene especial relevancia. Comparando con AEMO (2012), los costes de producción son superiores teniendo en cuenta que las inversiones y costes de oportunidad no son tenidos en consideración.

Los resultados de IVAN reflejan una situación muy ligada a la disponibilidad y facilidad de acceso al capital y a las características de la inversión. Los resultados de IVAN, más altos para los sistemas de riego de soporte y intensivo, son indicativos de la idoneidad de la inversión en condiciones de acceso restringido al capital. Una primera interpretación indica que los sistemas con riego de soporte e intensivo, son más aconsejables al pequeño o medio productor, con mayor oportunidad para rentabilizar los recursos de trabajo propio. Mientras que las superintensivas pueden responder mejor a las exigencias del inversor (Freixa et al., 2011), con más capacidad para asumir el riesgo inherente a la aplicación intensiva de capital y trabajo.

Conclusiones

El sistema intensivo muestra el mejor resultado frente al resto. Este sistema permite alcanzar buenos rendimientos con menores inversiones, comparando con plantaciones superintensivas, las cuales necesitan de mayores inversiones y tecnología de producción. Además el riesgo económico es menor.

La plantación tradicional con riego de soporte y con un incremento inicial de la densidad se muestra rentable, constituyendo una buena solución a las zonas tradicionales de cultivo con bajas dotaciones de agua de riego.

Los sistemas superintensivos presentan buenas rentabilidades a corto plazo pero con mayores riesgos económicos por las elevadas inversiones y costos anuales del cultivo.

Las nuevas plantaciones en secanos áridos y semiáridos no son viables, lo que se ajusta a la conveniencia de las políticas agrosociales de ayuda a este tipo de sistemas de cultivo.

Bibliografía

- Abós J, Fabo JM, Agreda J, Otazu J (2007). Nuevas plantaciones de olivo en regadío. Rentabilidad y futuro. Navarra Agraria 165: 29-33.
- AEMO (Asociación Española de Municipios del Olivo) (2012). Aproximación a los costes del olivo. 53 pp.
- Alegre S, Marsal J, Mata M, Arbonés A, Girona J (2000). Estrategias de riego deficitario controlado para el riego del olivar. Información Técnica Económica Agraria 21: 275-278.
- Beckingham C, Malley KO (2007). Economics of NSW olive production. Primefacts. New South Wales. Department of Primary Industries, 409 pp. Disponible en: http://www.dpi.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0006/197682/Economics-of-NSW-olive-production.pdf
- De Graaff J, Duran Zuazo VH, Jones N; Fleskens L (2008). Olive production systems on sloping

- land: prospects and scenarios. *Journal of environmental management* 89(2): 129-39. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17913332> (24 enero 2014).
- Duarte F, Jones N, Lúcio C, Nunes A (2006). The Reform of the Olive Oil Regime and its Impacts on the Olive and Olive Oil Sector: a case study in Northern Portugal - Trás-os-Montes. *New Medit* 5(2): 4-15.
- Duarte F, Jones N, Fleskens L (2008). Traditional olive orchards on sloping land: Sustainability or abandonment?. *Journal of environmental management* 89: 86-98.
- European Commission. Directorate general for agriculture and rural development (2012). EU olive oil farms report Based on FADN data. L3 Microeconomic analysis of EU agricultural Holdings 80 pp.
- Faci JM, Berenguer MJ, Gracia S (2002). Effect of Variable Water Irrigation Supply in Olive (*Olea europaea* L.) cv. "Arbequina" in Aragon (Spain). I. Fruit and Oil Production. *Acta Horticulturae* 568: 341-344.
- Freixa E, Gil JM, Tous J, Hermoso JF (2011). Comparative Study of the Economic Viability of High and Super-High Density Olive Orchards in Spain. *Acta Horticulturae* 924: 243-254.
- Girona J, Luna M, Arbonés A, Mata M, Rufat J, Marsal, J (2001). Respuesta de olivos jóvenes a diferentes cantidades de agua de riego. *Fruticultura profesional* 120: 29-34.
- JARC (Joves Agricultors i Ramaders de Catalunya) (2005). El conreu de l'olivera. Alternatives i viabilitat. 100 pp.
- León L, de la Rosa R, Guerrero N, Rallo L, Barranco D, Tous J, Romero A, Hermoso JF (2006). Ensayos de variedades de olivo en plantación de alta densidad. *Fruticultura Profesional* 160: 21-26.
- Miles JA y Ezzell JR (1980). The weighted average cost of capital perfect capital market sandproject life: a clarification. *J. of Financial and Quantitative Analysis* 15(3): 719-730.
- Pastor M, Humanes J, Jiménez P (1990). Increased densities in traditional rainfed adult olive groves in Andalucía. *Acta Horticulturae* 286: 291-294.
- Pastor M, Castro J, Mariscal MJ, Orgaz F, Fereres E, Hidalgo J (1999). Respuestas del olivar tradicional a diferentes estrategias de agua de riego. *Investigación agraria. Producción y protección vegetales* 14 (3): 393-404.
- Pastor M, Hidalgo JC, Vega V, Fereres E (2006). Viabilidad económica de plantaciones superintensivas en Andalucía. *Vida Rural* 80: 60-66.
- Rufat J, Arbonés A, Pascual M, Villar JM (2013). Riego y fertirrigación en olivo superintensivo. Simposio Expoliva Jaén. Mayo 2013. Libro Actas. pp. 1-4.
- Santos A, Abos J, Garnica J, Lizar B (2009). Rentabilidad y futuro de las nuevas plantaciones de olivo en regadío en Navarra. II Jornadas nacionales de olivicultura SECH. Marzo 2009. Tarra-gona. Libro Actas. pp. 78.
- Santos A, Amezqueta J, Saez R, Garnica J (2010). Formas de conducción para recolección mecánica del olivo. *Navarra Agraria* 182: 35-40.
- Solé M (1994). Influencia del riego de auxilio por goteo con pequeñas dosis de agua en olivar de las Garrigas (cv "Arbequina"). *Fruticultura profesional* 62: 24-36.
- Stroosnijder L, Mansinho MI, Palese AM (2008). OLIVERO: the project analysing the future of olive production systems on sloping land in the Mediterranean basin. *Journal of environmental management* 89(2) pp. 75-85. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17935859> [Accessed January 24 2014].
- Treynor JL (1999). Towards a Theory of Market Value of Risky Assets. En *Asset Pricing and Portfolio Performance: Models Strategy and Performance Metrics* (Ed. RA Korajczyk). London, RiskBooks 15-22.
- Vossen PM (2004). Olive Oil: History Production and Characteristics of the World's Classic Oils. *HortScience* 42(5): 1093-1100.
- Vossen PM, Elkins RB, Bianchi ML, Klonsky KM, Livingston P, De Moura RL (2011). Sample cost to establish a medium-density olive orchard and produce bottled olive oil. UC Cooperative Extension (OO-NC/CC-11). Disponible en: <http://coststudies.ucdavis.edu>

(Aceptado para publicación el 20 de mayo de 2014)

**PREMIOS DE PRENSA AGRARIA 2014
DE LA
ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL
PARA EL DESARROLLO AGRARIO**

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

Los premios se regirán de acuerdo a las siguientes

BASES

1. 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 2014. Consecuentemente, los originales deberán ser enviados de acuerdo con las normas de ITEA y aprobados por su Comité de Redacción.
3. El jurado estará constituido por las siguientes personas:
 - a) Presidente de AIDA, que presidirá el jurado.
 - b) Director de la revista ITEA, que actuará de Secretario.
 - c) Director Gerente del CITA (Gobierno de Aragón).
 - d) Director del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza.
 - e) Director de la Estación Experimental de Aula Dei.
 - f) Director del Instituto Pirenaico de Ecología.
4. El premio será anual y tendrá una dotación económica.
5. Las deliberaciones del jurado serán secretas, y su fallo inapelable.
6. El fallo del jurado se dará a conocer en la revista ITEA, y la entrega del premio se realizará con motivo de la celebración de las Jornadas de Estudio de AIDA.

INSCRIPCIÓN EN AIDA

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

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

También puede hacer una transferencia a la cuenta de AIDA (CAI, Ag. 2, Zaragoza, nº ES66-2086-0002-12-3300254819) por el importe de la cuota anual. En ese caso, adjunte un comprobante de la transferencia.

Apellidos:		Nombre:	
NIF:			
Dirección Postal:			
Teléfono:		Fax:	
		e-mail:	
Empresa:			
Área en que desarrolla su actividad profesional:			
		En _____, a ____ de _____ de 20__	
		Firma:	

FORMA DE PAGO (CUOTA ANUAL: 42 EUROS)

☐	Cargo a cuenta corriente (rellenar la domiciliación bancaria)
☐	Transferencia a la cuenta de AIDA ES66-2086-0002-12-3300254819 (adjuntar comprobante)

DOMICILIACION BANCARIA

Sr. Director del Banco/Caja			
Muy Sr. mío,			
Ruego a Vd. se sirva adeudar en la siguiente cuenta corriente (IBAN: 24 caracteres)			
que mantengo en esa oficina, el recibo anual que será presentado por la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA) .			
Atentamente,			
En _____, a ____ de _____ de 20__		Sello de la Entidad:	
Firmado:			

NORMAS PARA LOS AUTORES (2014)

La revista ITEA es una publicación internacional revisada por pares que aparece en marzo, junio, septiembre y diciembre. De acuerdo con los fines de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA), ITEA publica artículos en español que hagan referencia a la Producción vegetal, Producción animal, Economía agroalimentaria, ya sea en formato de artículo de investigación, de revisión o de nota técnica. El envío de un artículo para que se considere su publicación en ITEA implicará que el mismo no haya sido publicado o enviado para publicar en cualquier otro medio de difusión o lenguaje, y que todos los coautores aprueben dicha publicación. Los derechos sobre todos los artículos o ilustraciones publicados serán propiedad de ITEA, que deberá recibir por escrito la cesión o copyright, una vez aceptado el artículo. La publicación de un artículo en ITEA no implica responsabilidad o acuerdo de ésta con lo expuesto, significando solamente que el Comité de Redacción lo considera de suficiente interés para ser publicado.

1. Envío de manuscritos y evaluación

Los manuscritos originales, en español, se enviarán a través de la página web de AIDA (<http://www.aida-itea.org/>). Para ello, los autores deberán registrarse en la aplicación correspondiente, y seguir las indicaciones pertinentes. El manuscrito se enviará como un único documento Word, incluyendo las tablas y figuras al final del mismo. Los autores deberán incluir una carta de presentación en la que figure el título, los autores y una lista con 4 posibles evaluadores (nombre completo, dirección postal y correo electrónico), que no deberán estar en conflicto de intereses con los autores o el contenido de manuscrito, en cuyo caso el Comité Editorial podrá negarse a colaborar con dichos evaluadores.

Los manuscritos que no cumplan las normas para autores de la revista ITEA serán devueltos para su rectificación. El editor correspondiente remitirá el manuscrito a dos revisores que conocerán la identidad de los autores, no así al contrario. En caso de que las evaluaciones de los dos revisores difieran de forma significativa, el manuscrito podrá ser enviado a un tercer evaluador.

Una vez aceptados, los manuscritos serán revisados por el editor técnico. Los autores deberán modificar el manuscrito teniendo en cuenta las modificaciones sugeridas por los editores y revisores. La decisión final sobre la publicación del manuscrito se comunicará a los autores, que, en caso de solicitarse, estarán obligados a modificar el artículo en el plazo de 3 meses desde su comunicación, antes de que sea aceptado definitivamente para su publicación. Los manuscritos revisados se enviarán a través de la página web de AIDA. Los autores deberán enviar el manuscrito corregido indicando los cambios realizados (por ejemplo, con la función de control de cambios activada), y deberán adjuntar una carta de respuesta a los evaluadores y editores con los cambios realizados. En caso de desacuerdo, los autores deberán justificarlo debidamente al editor. Si los editores no reciben una respuesta por parte de los autores, tras 6 meses se dará por finalizado el proceso de evaluación y el artículo será considerado rechazado para su publicación en ITEA. Una vez recibidas las pruebas de imprenta del manuscrito, los autores deberán devolver dicho manuscrito corregido en el plazo de una semana.

2. Preparación del manuscrito

Los artículos de investigación y las revisiones tendrán una extensión máxima de 30 páginas a doble espacio en hojas de tamaño DIN A4, tablas y figuras incluidas. Se utilizará la fuente Times New Roman (tamaño 12), se numerarán las líneas de manera consecutiva y las páginas, y se fijarán cuatro márgenes de 2,5 cm. Dentro del mismo documento, se utilizarán hojas separadas para las referencias bibliográficas, las tablas y figuras.

Los manuscritos incluirán:

- Título, que deberá ser lo más conciso posible, y no incluirá abreviaturas ni fórmulas químicas (excepción de los símbolos químicos para indicar isótopos). El formato del título será en negrita.
- Apellido de los autores, precedido de las iniciales del nombre, e indicando con un asterisco el autor para correspondencia. En caso de que pertenezcan a distintas instituciones, indicar a cada autor con números superíndices diferentes. Si un autor desea aparecer con dos apellidos, éstos deberán unirse con un guión.
- Nombre y dirección postal profesional de los autores. Si un autor quiere poner la dirección actual, deberá indicarlo con una segunda letra como superíndice.
- Correo electrónico del autor a quien se va a dirigir la correspondencia.

Ejemplo:

J. Smith^{1,a}, * P.E. Jones², J.M. García^{1,3} and P.K. Martin Jr²

¹Department of Animal Nutrition, Scottish Agricultural College, West Main Road, Edinburgh EH9 3JG, UK

²Animal Science Department, North Carolina State University, Raleigh, NC 27695-7621, USA

³Laboratorio de Producción Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza, C. Miguel Servet, 177, 50013, Zaragoza, Spain

^aDirección actual: Dairy Science Laboratory, AgResearch, Private Bag 11008, Palmerston North, New Zealand

*autor para correspondencia: jsmith@edi.uk

- Resumen, que deberá tener un máximo de 250 palabras, e incluirá muy brevemente los objetivos del trabajo, el material y métodos, los resultados más relevantes así como la conclusión del manuscrito. Se evitará el uso de abreviaturas.
- Palabras clave, un máximo de 6, evitando las ya incluidas en el título.
- En Inglés: Título del artículo, Resumen, Palabras clave, título de tablas y pie de figuras.
- Apartados de los artículos de investigación: Introducción, Materiales y métodos, Resultados, Discusión y Referencias bibliográficas (ver especificaciones en el siguiente apartado). Los resultados y discusión se pueden presentar de manera conjunta.

Las notas técnicas, referidas a trabajos experimentales de extensión reducida, no excederán de 2.000 palabras, incluidas Tablas y/o Figuras, y deberán incluir la traducción al inglés del Título del artículo, Resumen, Palabras clave, título de tablas y pie de figuras.

3. Apartados del manuscrito

El formato de títulos de los apartados será en negrita, pero el de los subapartados no.

- **Introducción:** deberá explicar la finalidad del artículo. El tema se expondrá de la manera más concisa posible, indicando finalmente los objetivos del trabajo.
- **Material y métodos:** deberá aportar la información necesaria que permita la réplica del trabajo, incluyendo el nombre del fabricante de productos o infraestructuras utilizadas. Los manuscritos deberán incluir una descripción clara y concisa del diseño experimental y de los análisis estadísticos realizados. Se indicará el número de individuos, valores medios y medidas de variabilidad.
- **Resultados:** los resultados se presentarán en Tablas y Figuras siempre que sea posible. No se repetirá en el texto la información recogida en las Figuras y Tablas. Se recomienda presentar el valor de significación para que el lector pueda tener la mayor información.
- **Discusión:** deberá interpretar los resultados obtenidos, teniendo en cuenta además otros trabajos publicados. Finalizará indicando las conclusiones a las que han llegado los autores del manuscrito, así como las posibles implicaciones prácticas que de ellas puedan derivarse.

- **Agradecimientos:** podrá mencionarse el apoyo prestado por personas, asociaciones, instituciones y/o fuentes de financiación del trabajo realizado.
- **Referencias bibliográficas:** sólo se citarán aquellas referencias relacionadas con el trabajo o que contribuyan a la comprensión del texto. Como máximo se podrán utilizar 60 citas en los artículos de investigación. En las revisiones podrán figurar las citas que sean necesarias. En el manuscrito, se mantendrá el orden cronológico en caso de citar varios autores. Las referencias en el texto deben hacerse siguiendo los siguientes ejemplos:

* un autor (Padilla, 1974)

* dos autores (Vallace y Raleigh, 1967)

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

Los nombres de entidades u organismos que figuren como autores, por ejemplo Dirección General de la Producción Agraria (DGPA), deberán citarse completos en la Bibliografía la primera vez. Las referencias múltiples se harán según se indica en el siguiente ejemplo: (Martínez et al., 1971 y 1979). Se añadirá una letra al año de publicación para identificar artículos del mismo autor y del mismo año (2012a, b). La cita podrá formar parte de la frase en el texto, como sigue "como indicaban Gómez et al. (1969)".

Al final del trabajo se citarán en orden alfabético por autor todas las referencias utilizadas en el texto. Se podrán citar trabajos "en prensa", siempre que el documento haya sido aceptado para su publicación. En casos excepcionales, se aceptarán menciones como "Comunicación personal" o "Resultados no publicados", aunque no constarán entre las referencias bibliográficas. Se indican a continuación ejemplos de cita bibliográfica (artículo, libro, capítulo de libro, acta de Congreso, fuente electrónica, documento de trabajo, documento legal).

Artículo

- Blanc F, Bocquier F, Agabriel J, D'Hour P, Chilliard Y (2006). Adaptive abilities of the females and sustainability of ruminant livestock systems. A review. *Animal Research* 55: 489-510.

Capítulo de libro

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

Libro

- AOAC (1999). *Official Methods of Analysis*, 16th. Ed. AOAC International, MD, USA. 1141 pp.

Acta de congreso

- Bispo E, Franco D, Monserrat L, González L, Pérez N, Moreno T (2007). Economic considerations of cull dairy cows fattened for a special market. *Proceedings of 53rd International Congress of Meat Science and Technology*, 5-10 agosto 2007, Beijing, China, pp. 581-582.

Fuente electrónica

- FAO (2011). *Food and Agriculture Organization statistical database*. Disponible en <http://faostat.fao.org/default.aspx> (30 enero 2012).

Documento oficial

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

- **Tablas y Figuras:** su número se reducirá al mínimo necesario, y los datos no deberán ser presentados al mismo tiempo en forma de tabla y de figura. Se recomienda un tamaño de 8 o 16 cm. Se podrán presentar en blanco y negro o en color. Se incluirán en el mismo documento, pero en hojas separadas al texto, y señalando su emplazamiento aproximado. Las tablas y figuras llevarán numeración diferente y deberán estar citadas en el texto. Sus encabezamientos deberán redactarse de modo que el sentido de la ilustración pueda

comprenderse sin necesidad de acudir al texto. Los encabezamientos deberán aparecer en español e inglés (en cursiva).

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

Ejemplo de tabla:

Tabla 3. Tarjetas de productos hipotéticos expuestos a los encuestados

Table 3. Hypothetical products cards shown to those surveyed

Nº Tarjeta	Precio	Tipo de carne	Origen	Sistema
1	22 €/kg	Lechal	Nacional	Convencional
2	22 €/kg	Cebo	Extranjero	Ecológico
3	18 €/kg	Lechal	CLM	Ecológico
4	18 €/kg	Ternasco	Extranjero	Convencional
5	18 €/kg	Cebo	Nacional	Convencional
6	14 €/kg	Lechal	Extranjero	Convencional
7	14 €/kg	Cebo	CLM	Convencional
8	22 €/kg	Ternasco	CLM	Convencional
9	14 €/kg	Ternasco	Nacional	Ecológico

Fuente: Díaz et al. (2013)

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

4. Normas de estilo

- Se aplicará el Sistema Internacional de Unidades.
- Los decimales se indicarán en español con una coma (,) y en inglés con un punto (.).
- Las abreviaturas se definirán la primera vez que se citen en el texto.
- Las frases no podrán comenzar con una abreviatura o un número.
- Los nombres latinos de géneros, especies y variedades se indicarán en cursiva y los nombres de cultivares entre comillas simples (p. ej. 'Sugar Baby').
- Los nombres de hormonas o productos químicos comenzarán con minúsculas (sulfato de metilo, en vez de Sulfato de Metilo).
- Las fórmulas químicas se nombrarán según las normas IUPAC (p. ej. H2SO4 en vez de SO4H2) y los nombres comerciales comenzarán con mayúscula (p.ej. Foligón).
- Las llamadas en nota a pie de página o cuadro deberán ser las menos posibles y, en todo caso, se indicarán mediante números correlativos entre paréntesis (p. ej. (1), (2), evitando el uso de asteriscos, letras o cualquier otro signo).
- Los niveles de significación estadística no necesitan explicación (* = P<0,05; ** = P<0,01; *** = P<0,001; NS = no significativo).

Volumen 110

Número 4

Diciembre 2014

itea

información técnica económica agraria
www.aida-itea.org

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO

