

Sumario

Opinión	73
Producción Animal	
Concentración, distribución espacial y por tamaño de bacterias aerobias mesófilas en el aire de granjas de broilers <i>Concentration, spatial and size distribution of airborne aerobic mesophilic bacteria in broiler farms</i>	
Elisa Adell, Verónica Mose, Yang Zhao, Alba Cerisuelo y María Cambra-López	77
Concentración sérica de macrominerales de terneros en producción ecológica <i>Macromineral serum concentration in beef calves under organic production</i>	
J. Álvarez-Rodríguez, D. Villalba, D. Cubiló y E. Molina	94
Producción Vegetal	
Valoración social del carácter multifuncional de la agricultura andaluza <i>Social valuation of the Andalusian agricultural multifunctionality</i>	
M. Arriaza y J.A. Gómez-Limón	102
Estimación de los costes totales de los operadores logísticos de frío. ¿Son relevantes los costes externos en el transporte de alimentos perecederos? <i>Low-temperature distribution companies: producer costs, external costs and prices at transport in part load of perishable freight. Is the externality value important?</i>	
S. Andrés	126
Efectos del acolchado sobre la humedad, temperatura, estructura y salinidad de suelos agrícolas <i>Mulching effects on moisture, temperature, structure and salinity of agricultural soils</i>	
W. Zribi, J.M. Faci y R. Aragüés	148

Opinión

Investigación agraria y transferencia

Los viejos divulgadores agrarios (extensionistas, en otra época), nos quejábamos frecuentemente –décadas atrás– de no disponer en nuestro país (España) de una investigación aplicada, que ayudase a solventar una parte importante de las necesidades de tecnología de agricultores y ganaderos para acelerar el desarrollo del sector y la mejora de las condiciones de vida y renta de los mismos. Recientemente, un artículo leído en una revista de divulgación, hablaba de todo lo contrario, de disponer de brillantes investigadores que tenían acceso a publicar en las revistas científicas de más prestigio, pero que fallaba el esquema de la transferencia de tecnología, para **poder llevar a la práctica y en un tiempo breve, esos conocimientos y descubrimientos.**

Si tuviera que dar mi opinión sobre esta segunda apreciación, probablemente indicaría, que es cierto en general (aunque siempre hay alguna excepción), que en nuestro país, **se han desmantelado o “minimizado” los servicios o esquemas de divulgación, y que en estos momentos tengan probablemente un tamaño inferior al que sería deseable respecto de los equipos de investigación.** Y también es posible que esta causa determine que en muy pocas ocasiones se llegue con rapidez al destinatario final de los proyectos de investigación agraria (sigo pensando especialmente, en agricultores y ganaderos...). Y también podríamos apuntar, que esos pequeños restos de servicios de divulgación, encuentran difícilmente ocasión y forma de coordinar acciones para aprovechar mejor sus pequeñas fuerzas.

Al mismo tiempo se escucha reiteradamente, que existiendo Internet y toda la información disponible en la red, no haría falta mucho más, y quien quiere información práctica sobre cualquier tema, la encuentra... En este aspecto, ya no coincido de ninguna manera en la “exclusividad” de dicho planteamiento, pues todavía tenemos muchísimos agricultores con edades avanzadas, que no han nacido en la generación del ordenador, la información básica y general, no se desmenuza adaptándola a cada realidad geográfica y humana, y para una profesión tan compleja como la de agricultor o ganadero, con “tantos pitos que tocar” y tan maltratados habitualmente por el mercado, que poco tiempo y ganas pueden dedicar a poner a punto en su propia explotación, las posibles aplicaciones que pudieran intuir de la investigación, porque probablemente ni entenderá su lenguaje científico (aunque estuviera en el mismo idioma), ni estará definido para atender, en primera estancia, sus problemas específicos.

Desde mi observatorio, probablemente limitado, desde una sólo de las dos partes (la transferencia), y en una situación particular: desde una Comunidad autónoma probablemente de 2º orden (desde el punto de vista, del peso específico de los medios y recursos dedicados a la investigación y a la transferencia....?), me he planteado también las siguientes cuestiones:

- a) ¿No deberían, una gran parte de los proyectos de investigación agraria, tener establecido en su planificación, –además de las correspondientes publicaciones científicas– un proyecto paralelo de transferencia)?

- b) ¿No debería hacerse igualmente la valoración de los proyectos de investigación (cuando se presentan para su financiación), con unos criterios mixtos, de ciencia y de aplicación inmediata,...?
- c) ¿No debería hacerse la valoración de los investigadores, no sólo por su capacidad de conseguir literatura publicable en las mejores revistas, sino también por su aproximación a la resolución de la problemática agraria?
- d) ¿No debería de existir, de partida, un equilibrio (de medios) entre investigación y transferencia, y una conexión permanente entre ambos estamentos..?

Ante estas preguntas, algunos investigadores me han respondido, que no es sencillo planificar la divulgación antes de tener todos los resultados de la investigación seguros y verificados; que sí que se tienen en cuenta los criterios de resolución de problemas específicos (para valorar y financiar los proyectos); y que al menos, en el nivel de investigación de la agricultura de mi Comunidad, la mayor parte de los fondos de financiación no tienen un origen regional (que buscaran solventar problemas específicos de un entorno concreto), sino que por el contrario, suelen ser fondos nacionales o de la Unión Europea que buscan problemáticas más universales....

Puedo entender y asumir las explicaciones apuntadas, pero quisiera seguir insistiendo en plantear **que nuestra situación nacional de investigación/transferencia o de transferencia/investigación parece manifiestamente mejorable**. Pondría un ejemplo que he podido vivir de cerca y, sería el conjunto de acciones que se han puesto en marcha desde el año 2000 para corregir la problemática de la contaminación de las aguas por los nitratos de origen agrario. En este caso no se trataría de una problemática particular de un conjunto de agricultores o ganaderos que se plantea solucionar a unos equipos de investigadores, sino que por el contrario, ante una modificación de las prácticas agrarias que establece la autoridad o autoridades competentes, debería facilitarse una compleja tecnología que facilite su cumplimiento.

Para estas acciones, necesitábamos en primer lugar, una normativa clara y estricta que indique a los agricultores por ejemplo, –entre otras muchísimas cosas– cómo y cuánto pueden aplicar en lo relativo al nitrógeno (N), que se establezcan cuáles son los contenidos en N de los subproductos ganaderos (estiércoles) o de otro tipo de fertilizantes orgánicos, qué velocidad de mineralización tienen cuando se aplican al suelo, cuánto residuo nitrogenado deja cada tipo de leguminosa, cómo razonar cualquier plan de abonado, etc, etc.

Tampoco conocemos, o se tienen serias dudas de cuáles son las cantidades de estiércol que genera cada especie ganadera (ó en cada una de sus fases productivas), cómo evolucionan los estiércoles en el tiempo, o cuáles son los mejores métodos de manejo, maquinaria y equipos, para los mismos.

Cómo cuantificar los efectos del lavado por lluvia o por riego (en cada sistema de riego), y en cada tipo de suelo...?

Toda esta problemática, tan amplia, ¿es posible que fuera abordada por una sola de las autonomías...? ¿Se ha planteado a nivel nacional, como un problema que debería fraccionarse y repartir el trabajo entre todos los equipos disponibles, para ir solucionándolo, parcial y simultáneamente, entre todos ellos...?

Pensamos que no, y es por ello, que cada uno de los departamentos autonómicos de agricultura y/o medio ambiente, en conjunto o separadamente, hace sus pequeños intentos para resolver sus necesidades más urgentes o llamativas.

No se si esta problemática presentada puede ser equiparable a cualquier otro gran tema de investigación de interés nacional, para el planteamiento de **la problemática de la pequeña velocidad de la transferencia**, pero para mí pone de manifiesto que: **el enorme problema de la descoordinación y el consiguiente derroche de medios materiales y personales, impide que los esfuerzos de: la investigación, de la transferencia y de los departamentos de agricultura y medio ambiente, –aun siendo importantes y probablemente, de buen nivel–, obtengan sus frutos en unos periodos razonables de tiempo.**

Sería interesante conocer la opinión de los investigadores y divulgadores agrarios españoles, y sobre todo, de los responsables de dichos servicios públicos.

Fernando Orús Pueyo
Enero de 2011

Concentración, distribución espacial y por tamaño de bacterias aerobias mesófilas en el aire de granjas de broilers¹

Elisa Adell*, Verónica Moset**, Yang Zhao***, Alba Cerisuelo** y María Cambra-López*

* Instituto de Ciencia y Tecnología Animal. Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, 46022, Valencia, España

** Centro de Investigación y Tecnología Animal (CITA-IVIA), Pol. Esperanza 100, 12400. Segorbe, Castellón, España

*** Wageningen UR Livestock Research, P.O. Box 65, 8200 AB Lelystad, Países Bajos

Resumen

El material particulado (PM) y los microorganismos en el aire son dos de los principales contaminantes por vía aérea en el ámbito de la ganadería. El PM puede ir asociado a numerosos microorganismos y la inhalación de los mismos puede tener un efecto perjudicial para la salud. Los objetivos de este estudio fueron estudiar la distribución espacial de bacterias aerobias mesófilas en el aire de una granja de broilers (granja de cría de pollos para la obtención de carne), cuantificar la concentración de bacterias y de PM en el aire y su evolución a lo largo de un ciclo de producción, evaluar la relación entre el tamaño de partícula y las bacterias aerobias mesófilas, y correlacionar la evolución de las concentraciones de PM con la evolución de las concentraciones de bacterias aerobias mesófilas. Para ello se muestreó semanalmente, utilizando diferentes métodos, el aire en dos salas de una misma nave experimental de broilers durante un ciclo de 42 días. Se observó un gradiente espacial ($p < 0,001$) en la concentración de bacterias aerobias mesófilas, entre la altura de los animales y alturas mayores al comienzo del ciclo (día 3). La concentración de bacterias aerobias mesófilas en el aire varió entre 3 y 6,53 log UFC/m³. Entre el 42% y el 96% de las bacterias aerobias mesófilas se encontraron en los rangos de tamaño de partícula entre 3,3 y más de 7 μm . La concentración media de PM en el aire fue de 0,019 mg/m³ para PM_{2,5} y 0,189 mg/m³ para PM₁₀. Las concentraciones de PM y bacterias aerobias mesófilas en el aire evolucionaron de forma similar a lo largo del ciclo de producción (coeficiente de correlación entre 0,78 y 0,89), produciéndose para ambos un máximo en el día 24 del ciclo y disminuyendo a partir de entonces, coincidiendo con un incremento en la tasa de ventilación.

Palabras clave: bioaerosoles, calidad del aire, material particulado, avicultura.

Summary

Concentration, spatial and size distribution of airborne aerobic mesophilic bacteria in broiler farms

In livestock houses, particulate matter (PM) and airborne microorganism are two of the most relevant air pollutants. Particulate matter may carry microorganisms, the inhalation of which can cause detrimental health effects. The aim of this study was to study the spatial distribution of airborne aerobic mesophilic bacteria in the air of a broiler farm (rearing poultry for meat production), to quantify the concentration of airborne aerobic mesophilic bacteria and PM in the air and to study their evolution

1. Autor de correspondencia: María Cambra-López, macamlo@upvnet.upv.es

in time, as well as to evaluate the relationship between particle size and airborne aerobic mesophilic bacteria, and to correlate the evolution of PM concentrations and aerobic mesophilic bacteria concentrations. For this purpose, the air of two broiler rooms in an experimental broiler farm was sampled weekly using different methods during 42 days. There was a spatial gradient ($p < 0.001$) in aerobic mesophilic bacteria concentrations between animal height and higher heights, at the beginning of the production cycle (day 3). The concentration of aerobic mesophilic bacteria in the air ranged from 3 to 6.53 log CFU/m³. Between 42% and 96% of aerobic mesophilic bacteria in the air were found in the particle size ranges between 3.3 to more than 7 μm . The PM concentration in the air was equal to 0.019 mg/m³ for PM_{2.5} and equal to 0.189 mg/m³ for PM₁₀. The PM and bacteria concentrations followed a similar evolution during the production cycle (correlation coefficient between 0.78 and 0.89), showing a maximum concentration on day 24 and decreasing thereafter, coinciding with an increase in the ventilation rate.

Key words: bioaerosols, particulate matter, air quality, poultry.

Introducción

El material particulado (del inglés, Particulate Matter; PM) suspendido en el aire en alojamientos ganaderos se compone principalmente de partículas fecales, pienso, partículas de piel, pelo, plumas y polvo mineral en diferentes proporciones (Cambra-López et al., 2011a y b). Estas partículas pueden ir solas o asociadas a numerosos microorganismos, en ocasiones patógenos, pudiendo facilitar su transmisión entre animales y humanos dentro de las explotaciones y ocasionando problemas sanitarios (Chinivasagam et al., 2009). Se denomina bioaerosol al conjunto de partículas en suspensión con un diámetro que varía entre 0,5 y 100 μm , de origen o actividad biológica que pueden afectar a seres humanos causándoles algún tipo de patología (Cox y Wathes, 1995). En este sentido, el PM y los bioaerosoles son dos de los principales contaminantes aéreos en el ámbito de la ganadería (Seedorf et al., 1998; Takai et al., 1998).

De entre las partículas biológicas que pueden ir asociadas a los bioaerosoles se encuentran esporas, hongos, virus, bacterias, toxinas y alérgenos. La principal fuente generadora de bioaerosoles en alojamientos ganaderos son los propios animales a través

de sus secreciones y excreciones; además del pienso y la cama, en aquellas explotaciones en las que esté presente (Cox y Wathes, 1995). La concentración de bioaerosoles en el aire varía con el sistema de alojamiento, el animal y los factores ambientales.

La inhalación de bioaerosoles puede afectar a seres humanos causándoles algún tipo de patología, ya sea de tipo alérgico, tóxico, infeccioso u otros (Cox y Wathes, 1995). Los problemas de salud más frecuentemente asociados a la exposición a bioaerosoles son los problemas respiratorios y las enfermedades infecciosas (Douwes et al., 2003). Además, la exposición aguda y crónica de los animales a los bioaerosoles puede ocasionar una disminución en el rendimiento productivo (Donham, 1991).

La frecuencia y gravedad de los posibles problemas respiratorios y enfermedades infecciosas ocasionados por los bioaerosoles depende del tipo, tamaño, cantidad y supervivencia de los microorganismos. Además, se ha demostrado que el PM puede actuar como sustrato para los microorganismos ya que proporciona un ambiente adecuado para su supervivencia (Millner, 2009). Las partículas pueden proteger a los microorganismos de condiciones climáticas adversas como por ejemplo de la temperatura, la

humedad relativa y la radiación ultravioleta (Cox y Wathes, 1995), que pueden provocar su inactivación. La forma y el tamaño del PM también determinan el periodo de supervivencia de los microorganismos en el aire. El tamaño de partícula determina el tiempo que la partícula permanecerá suspendida en el aire (Cox y Wathes, 1995) de manera que, a menor tamaño permanecerá más tiempo suspendida.

En general, entre los diferentes alojamientos ganaderos, las granjas de broilers (granja de cría de pollos para la obtención de carne) son las que mayores concentraciones de PM y bioaerosoles presentan (Takai et al., 1998). Estas diferencias se deben a las particularidades de este tipo de animales y del alojamiento: a la presencia de plumas jóvenes en broilers (plumón) que fácilmente pueden ser aerotransportadas, a la excreción de ácido úrico encapsulado en forma de partículas esféricas, así como al tipo de alojamiento (sobre suelo) con material de cama (Cambra-López et al., 2011a). Los microorganismos más comúnmente aislados en los alojamientos ganaderos son las bacterias Gram positivas, siendo las bacterias de los géneros *Staphylococcus* y *Streptococcus* las que predominan (Matkovic et al., 2007). Entre las bacterias Gram negativas, las bacterias de la familia *Enterobacteriaceae* son las más abundantes (Zucker et al., 2000). Sin embargo, todavía se desconoce cuál es el comportamiento de las bacterias suspendidas en el aire de granjas, su distribución y cómo se relacionan con el PM. Esta información podría ser útil para predecir sus niveles, evaluar los posibles riesgos para la salud y así contribuir a desarrollar medidas para reducir sus efectos perjudiciales en granjas de broilers.

En este contexto, los objetivos de este trabajo son:

1. Estudiar la distribución espacial de bacterias aerobias mesófilas en el aire durante un ciclo de producción de broilers.
2. Cuantificar la concentración de bacterias aerobias mesófilas y de PM en el aire de granjas de broilers y estudiar su evolución a lo largo de un ciclo de producción.
3. Evaluar la relación entre el tamaño de partícula y las bacterias aerobias mesófilas en el aire de granjas de broilers.
4. Identificar la correlación entre la evolución de las concentraciones de PM y las concentraciones de bacterias aerobias mesófilas en el aire de granjas de broilers.

Material y métodos

Instalaciones y animales

La experiencia se llevó a cabo en dos salas piloto (sala 1 y sala 2) de la nave experimental de cebo aviar del Centro de Investigación y Tecnología Animal perteneciente al Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), situado en Segorbe (Castellón). Cada sala tenía unas dimensiones de 13 x 6 metros. Las salas disponían de un mecanismo de ventilación forzada controlado mediante un sistema copilot (Copilot System®, Barcelona), con dos ventiladores situados en el techo de cada sala. El sistema de refrigeración empleado fue de refrigeración evaporativa, a partir de unos paneles humidificadores por los que se hace pasar el aire procedente del exterior a través de una película de agua que lo enfría.

Para la experiencia se utilizaron un total de 576 pollos macho (línea Hubbard) de un día de vida y 42 ± 3 g de peso. Al comienzo del ciclo, los pollos se dividieron de forma aleatoria en ambas salas. Se utilizó viruta de madera como cama (de 10 cm de espesor). El ciclo de crecimiento se desarrolló en verano, y duró 42 días durante los cuales los animales fueron alimentados con piensos comerciales.

Parámetros productivos

Los pollos se pesaron al inicio y al final del ciclo. El consumo de pienso se valoró al final del ciclo productivo. Con estos datos se calculó el consumo medio diario de pienso (CMD), la ganancia media diaria de peso (GMD) y el índice de conversión (IC; kg pienso consumido/kg peso) de los animales. La mortalidad fue supervisada diariamente y se tuvo en cuenta para el cálculo de los parámetros productivos.

Parámetros ambientales

Se registró la temperatura y la humedad relativa de forma continua durante todo el ciclo cada 5 minutos en 2 puntos diferentes en el interior de cada sala. Para ello se utilizaron sensores de temperatura y humedad relativa (HOBO H8-007-02, Onset Computer Crp, Pocasset, Mass, EEUU; HOBO U12-O13 Onset Computer Crp, Pocasset, Mass, EEUU). Además el caudal de ventilación se calculó en cada sala a partir de un balance de dióxido de carbono (CO₂) utilizando sondas con sensores de CO₂ (Vaisala GMT-222, 0-1000 ppm) y un datalogger (HOBO U12-O13 Onset Computer Crp, Pocasset, Mass, EEUU) para la recogida de datos en continuo. La emisión de CO₂ de los animales se estimó según valores obtenidos por Calvet *et al.* (2010). El día 29 del ciclo se incrementó la tasa de ventilación y se puso en marcha el sistema de refrigeración evaporativa en cada sala.

Muestreo de bacterias aerobias mesófilas en el aire

Para cumplir con los objetivos de este estudio, se utilizaron tres sistemas de muestreo de bacterias en el aire: el sistema de sedimentación en placa (método pasivo); el sistema de borboteadores de aire o "impingement" y el sistema de impactación en cascada (los dos últimos, métodos inerciales).

La diferencia entre estos sistemas de muestreo radica en el método de captación de la muestra (sin aire forzado para el método pasivo y con aire forzado para los métodos inerciales), además del diámetro de corte y por lo tanto, el tamaño de partícula muestreado. Mediante la sedimentación en placa se obtuvieron, principalmente, bioaerosoles adheridos a tamaños de partícula grande o conglomerados de partículas que se depositaban sobre la placa con agar por gravedad. Los borboteadores captaron, en un medio líquido mediante aspiración del aire, partículas superiores a 0,3 µm de diámetro. El impactador en cascada recogía la muestra directamente en agar mediante aspiración del aire y separaba por tamaños de partículas; permitiendo posteriormente, evaluar la relación entre el tamaño de partícula y los microorganismos en el aire.

Así, el sistema de sedimentación en placa permitió estudiar la distribución espacial de las bacterias aerobias mesófilas cultivables en las salas, el sistema de borboteador de aire permitió cuantificar la evolución de las concentraciones de estas bacterias en el aire a lo largo del ciclo de producción, mientras que el sistema de impactación en cascada permitió relacionar las bacterias aerobias mesófilas cultivables en el aire con el tamaño de partícula. El aire se muestreó semanalmente los días 3, 17, 24, 31 y 38 del ciclo.

Distribución espacial de las bacterias aerobias mesófilas cultivables medida mediante sedimentación en placa

Para estudiar la distribución en el aire de bacterias aerobias mesófilas se utilizó la técnica de sedimentación en placa. Para ello se colocaron en cada sala un total de 36 placas con un medio de cultivo para bacterias aerobias mesófilas (PCA, del inglés Plate Count Agar) (Liofolchem, TE, Italia), en tres alturas (12 placas por altura y sala): de 10 a 30 cm del suelo (altura de respiración de los

animales, que varió debido al crecimiento de los animales), a 150 cm del suelo (altura de respiración de personas) y a 200 cm del suelo (altura de la salida de la ventilación).

Semanalmente, las placas con PCA se colocaron abiertas durante tiempos variables para obtener un número de colonias entre 30 y 300 para su recuento. Este tiempo varió entre 5 y 30 minutos según la semana del ciclo de engorde de los pollos. Tras la exposición, las placas se incubaron en estufa a 30°C durante 48 horas. Tras la incubación, las unidades formadoras de colonias (UFC) fueron contadas. Este muestreo se realizó únicamente durante las primeras 3 semanas del ciclo de producción ya que a partir del día 17, el elevado número de microorganismos en el aire imposibilitó la lectura de las placas.

Concentración y evolución de las bacterias aerobias mesófilas cultivables medidas mediante el sistema de borboteadores

Para el recuento de bacterias aerobias mesófilas en el aire, éste se muestreó en un medio líquido utilizando un sistema de frascos borboteadores "impingers" (AGI-30, Ace Glass, Inc., Vineland, NJ, EEUU). Éstos funcionaban recogiendo un volumen de aire conocido en un medio de captación líquido. El medio de captación utilizado estaba compuesto por 20 mL de agua de peptona tamponada estéril, 0,01% de Tween y 0,005% de antiespumante. El muestreo se hizo por triplicado en cada sala (3 impingers/sala). El caudal de aire muestreado fue 12,5 L/min por cada impinger, que se obtenía mediante una bomba de succión de caudal constante calibrada (75 Mb, Ilmivac, Ilmenau, Alemania). El diámetro de corte de los borboteadores de aire fue de 0,3 µm. Todos los microorganismos por encima de este diámetro fueron recogidos.

El muestreo se llevó a cabo en el centro de cada sala en un punto próximo a la salida del aire, a 1,5 m de altura. Las muestras de

aire se recogieron semanalmente en cada sala durante un tiempo de 15 minutos. Las muestras recogidas se mantuvieron refrigeradas (4°C) durante su transporte hasta el laboratorio.

La muestra se procesó en el laboratorio antes de 2 horas. Se realizaron diluciones seriadas de cada muestra y la solución líquida se sembró en placa con medio de cultivo PCA. Las placas se incubaron en estufa a 30°C durante 48 horas.

El número de unidades formadoras de colonias por placa se calculó en relación al volumen de aire muestreado, el tiempo de muestreo y el flujo de aire, tal y como muestra la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{UFC}}{\text{m}^3} = \frac{\text{UFC} \times \text{V.muestra} \times 1000}{\text{V.sembrado} \times \text{Flujo aire} \times t}$$

Siendo:

UFC: Unidades formadoras de colonias contadas en la placa

V. muestra: Volumen de la muestra (20 mL)

V. sembrado: Cantidad de muestra sembrada en placa (0,1 mL)

Flujo aire: Flujo de aspiración de la bomba (12,5 L/min)

t: Tiempo de muestreo (15 min)

Distribución según el tamaño de partícula de las bacterias aerobias mesófilas cultivables en el aire mediante impactación en cascada

Para muestrear bacterias aerobias mesófilas en el aire en función del tamaño de partícula al que podrían estar adheridas, se utilizó un impactador en cascada en agar (Six Stage Viable, Andersen Cascade Impactor, Thermo Scientific, EEUU). Este impactador separaba las partículas de acuerdo a su diámetro aerodinámico, desde un mínimo de

0,65 μm hasta un máximo de 7 μm , haciendo pasar la muestra por diferentes tamaños de poro (Tabla 1). El caudal de aire muestreado fue 28,1 L/min que se obtenía mediante una bomba de succión de caudal constante calibrada.

Este impactador constaba de seis plataformas consecutivas perforadas con tamaños de poro decrecientes. Sobre cada una de las plataformas se colocó una placa de vidrio (DURAN Group GmbH, Alemania) con 27 mL de medio de cultivo PCA.

Tabla 1. Rango de tamaños de partículas del impactador en cascada
Table 1. Particle size ranges for the cascade impactor

	Rango de tamaño de partículas (μm)
Nivel 1	0,65 – 1,1
Nivel 2	1,1 – 2,1
Nivel 3	2,1 – 3,3
Nivel 4	3,3 – 4,7
Nivel 5	4,7 – 7,0
Nivel 6	≥ 7

El muestreo se realizó semanalmente en cada sala. El tiempo de muestreo varió entre 10 y 90 segundos y fue ajustado para obtener un número de colonias entre 30 y 300 por placa según la semana del ciclo de crecimiento de los pollos, así como para evitar la desecación del agar debido a la corriente de aire forzado que se hace pasar por las placas durante el muestreo.

Entre muestreos, el impactador se desinfectó con una solución de etanol al 70%. Las placas de agar se transportaron en refrigeración (4°C) al laboratorio antes de haber transcurrido 2 horas desde el muestreo.

Después del muestreo, estas placas se incubaron en estufa a 30°C durante 48 horas. Tras la incubación, las unidades formadoras de colonias fueron contadas. El número de unidades formadoras de colonias en el aire ambiente se calculó en relación al flujo de aire y el tiempo de muestreo para obtener las unidades formadoras de colonia por metro cúbico de aire muestreado, según la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{UFC}}{\text{m}^3} = \frac{\text{UFC} \times 1000}{\text{Flujo aire} \times t}$$

Siendo:

UFC: Unidades formadoras de colonias contadas en la placa

Flujo aire: Flujo de aire absorbido (28,1 L/min)

t: Tiempo de muestreo (min)

A partir del día 31 del ciclo, debido al elevado número de microorganismos en el aire en la explotación, las placas fueron lavadas para diluir la concentración de colonias según la metodología propuesta por Zhao et al. (2011a y b). El lavado se realizó añadiendo 2 mL de agua de peptona estéril a cada una de las placas y mediante un asa de siembra se rascó la superficie del agar, sin dañarlo. Los 2 mL de agua de peptona se vertieron en un frasco estéril. Esta operación se repitió tres veces, obteniendo un total de 6 mL por placa. A partir de esta solución, se realizó el recuento en placa.

Para estas placas, el número de unidades formadoras de colonia en el aire ambiente se calculó en relación al flujo de aire, el tiempo de muestreo y el volumen de agua de peptona añadida, para obtener las unidades formadoras de colonia por metro cúbico de aire muestreado.

Concentración y evolución de material particulado en el aire

Semanalmente, se registraron en continuo las concentraciones de dos fracciones de partículas en el aire en cada sala: PM10 (material particulado de 10 μm de diámetro o inferior) y PM2,5 (material particulado de 2,5 μm de diámetro o inferior) con el sistema "Tapered element oscillating microbalance", TEOM (TEOM®, modelo 1405-D Thermo Fisher Scientific, EEUU). De esta forma fue posible relacionar la evolución del PM a lo largo del ciclo, con la evolución de las bacterias aerobias mesófilas. El TEOM mide la masa de PM mediante determinación de la frecuencia propia de vibración de un dispositivo de vidrio de forma tubular anclado en uno de sus extremos.

Las muestras de PM se tomaron a 2 m de altura. El muestreo fue semanal en ambas salas. El tiempo de muestreo fue de 24 horas por sala y semana. El equipo se programó para registrar concentraciones cada minuto.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos a partir de la sedimentación en placa se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el paquete estadístico SAS System Software (Version 9.1, SAS Institute Inc., Cary, Carolina del Norte, EEUU) para determinar la variación en el número de colonias por altura en cada sala. Los valores medios de recuento por alturas, salas y semanas fueron comparados mediante el test de compara-

ción de medias tukey para un nivel de significación estadística del 5%.

Los resultados obtenidos semanalmente mediante cada uno de los métodos de muestreo se presentan como medias por sala y semana.

Para identificar la correlación entre la evolución de las concentraciones de PM y las concentraciones de bacterias aerobias mesófilas en el aire, se calculó el coeficiente de correlación entre la concentración de PM2,5 y PM10 y la de bacterias aerobias mesófilas, utilizando los recuentos de bacterias aerobias mesófilas medidos con los borboteadores y utilizando el paquete estadístico SAS System Software (Version 9.1, SAS Institute Inc., Cary, Carolina del Norte, EEUU).

Resultados y discusión

Parámetros productivos

Los parámetros productivos de los animales se encontraron dentro de los rangos habituales en broilers. Los valores medios de CMD, GMD e IC durante todo el ciclo se presentan en la Tabla 2 para cada sala.

Parámetros ambientales

La Tabla 3 resume la temperatura y la humedad relativa media para todo el ciclo de producción. Éstas fueron similares a lo largo del ciclo en ambas salas y se encontraron dentro de los rangos normales para el adecuado crecimiento de los animales.

En la Figura 1 se presenta la evolución de la tasa de ventilación a lo largo del ciclo para cada sala. La ventilación fue similar durante la primera mitad del ciclo en ambas salas, sin embargo, la tasa de ventilación de la sala 1 fue superior a la de la sala 2 en la segunda mitad del ciclo, debido al control de la

Tabla 2. Valores medios de ganancia media diaria (GMD), consumo medio diario (CMD), e índice de conversión (IC) durante todo el ciclo de producción de broilers en cada sala
 Table 2. Average weight gain (GMD), feed intake (CMD), and feed conversion (IC) in each room during the broiler production cycle

	GMD (g/día)	CMD (g/día)	IC (kg pienso/kg peso)
Sala 1	63,2	103,7	1,64
Sala 2	67,6	110,5	1,63

Tabla 3. Media de temperatura (T^a), humedad relativa (HR) y desviación estándar (Desvest) a lo largo del ciclo de producción de broilers en cada sala
 Table 3. Average temperature (T^a), relative humidity (HR) and standard deviation (Desvest) in each room during the broiler production cycle

	T^a (°C)	Desvest T^a	HR (%)	Desvest HR
Sala 1	28,0	2,1	44,8	15,6
Sala 2	27,6	1,5	46,5	13,4

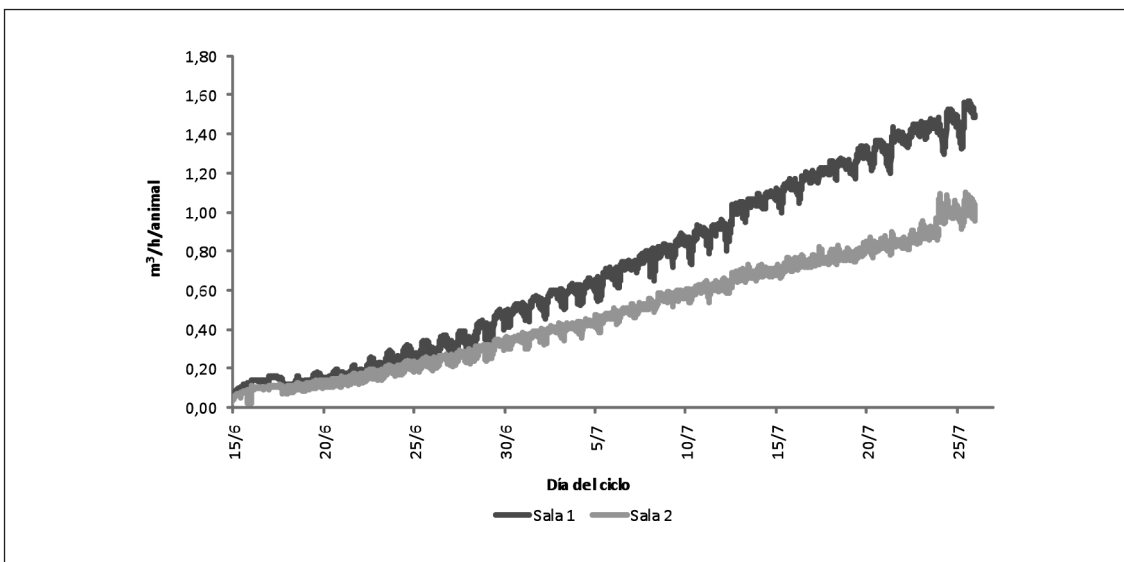


Figura 1. Tasa de ventilación ($m^3/h/animal$) durante el ciclo de producción de broilers en cada sala.
 Figure 1. Ventilation flow rate ($m^3/h/animal$) in each room during the broiler production cycle.

climatización. No obstante, la tasa de ventilación media en la sala 1 para todo el ciclo ($0,7 \pm 0,5 \text{ m}^3/\text{h}/\text{animal}$) fue comparable con la tasa de ventilación media en la sala 2 ($0,5 \pm 0,3 \text{ m}^3/\text{h}/\text{animal}$).

Distribución espacial de las bacterias aerobias mesófilas en el aire

En la Tabla 4 se presenta el recuento medio de los 12 puntos en cada una de las alturas muestreadas mediante la técnica de sedimentación pasiva, por día de muestreo y sala. En general, se observó que la concentración bacteriana aumentó del día 3 al día 17 de ciclo en ambas salas.

En cuanto a la distribución de las bacterias, en el muestreo realizado el día 3 del ciclo se

observó un gradiente significativo de bacterias entre las tres alturas ($p < 0,001$), encontrándose un mayor número de bacterias aerobias mesófilas a la altura de los animales (30 cm) en ambas salas, tal y como describieron Saleh et al. (2005). Esto es debido a que los animales y sus deyecciones son la principal fuente de microorganismos al aire (Seedorf et al., 1998). Sin embargo, dos semanas después (día 17 del ciclo), se observó un incremento en el número de bacterias respecto al muestreo anterior, aunque no se observaron diferencias significativas en el recuento de bacterias aerobias mesófilas entre las tres alturas. Estos resultados indican una distribución más homogénea de las bacterias aerobias mesófilas en el aire a partir de este momento, probablemente debido a una mayor concentración de bacterias aero-

Tabla 4. Media del logaritmo de unidades formadoras de colonia (log UFC), error estándar de la media (EEM) y p-valor del recuento de bacterias aerobias mesófilas a diferentes alturas por día de del ciclo, sala y altura
 Table 4. Average logarithm of colony forming units (log UFC), standard error of the mean (EEM) and p-value of the aerobic mesophilic bacteria counts at different heights per day in the cycle, room and height

	Día del ciclo	Altura	N muestras	Log UFC/placa	EEM	P-VALOR
Sala 1	3	30 cm	12	3,02a	0,038	<0,001
		150 cm	12	2,56b		
		200 cm	12	2,17c		
	17	30 cm	12	3,18	0,040	0,179
		150 cm	12	3,28		
		200 cm	12	3,24		
Sala 2	3	30 cm	12	2,54a	0,029	<0,001
		150 cm	12	2,21b		
		200 cm	12	2,29b		
	17	30 cm	12	3,33	0,037	0,252
		150 cm	12	3,27		
		200 cm	12	3,25		

bias mesófilas y a un incremento de la ventilación que favoreció la homogeneización del aire en las salas.

Concentración y evolución de las bacterias aerobias mesófilas en el aire

La Figura 2 muestra el recuento de bacterias aerobias mesófilas obtenido utilizando la técnica de borboteadores de aire a lo largo del ciclo para cada sala. El promedio de concentración de UFC en el aire teniendo en cuenta las dos salas fue $6,28 \pm 1,14$ log UFC/m³, muy similar al recuento obtenido en otros estudios. Por ejemplo, Seedorf et al. (1998) obtuvieron un recuento de 6,43 log UFC/m³, y Bakutis et al. (2004), obtuvieron 6,67 log UFC/m³ en broilers.

En ambas salas, la evolución en el tiempo de la concentración de bacterias aerobias mesófilas fue similar. Se mostró un incremento semanal en el número de UFC desde el comienzo de la experiencia hasta alcanzar el máximo de concentración el día 24 del ciclo, en el que se obtuvo el recuento de 6,53 log UFC/m³ en la sala 1 y de 6,41 log UFC/m³ en la sala 2 (ambos equivalen a 10⁶ UFC/m³). A partir de entonces, los recuentos disminuyeron aunque los valores se mantuvieron elevados respecto a los valores iniciales, entre 5,7 y 6 log UFC/m³.

En la bibliografía se describe que el recuento de bacterias en el aire incrementa con la edad de los pollos (Saleh et al., 2005; Oppliger, 2008), mostrando su concentración máxima alrededor de la cuarta semana del ci-

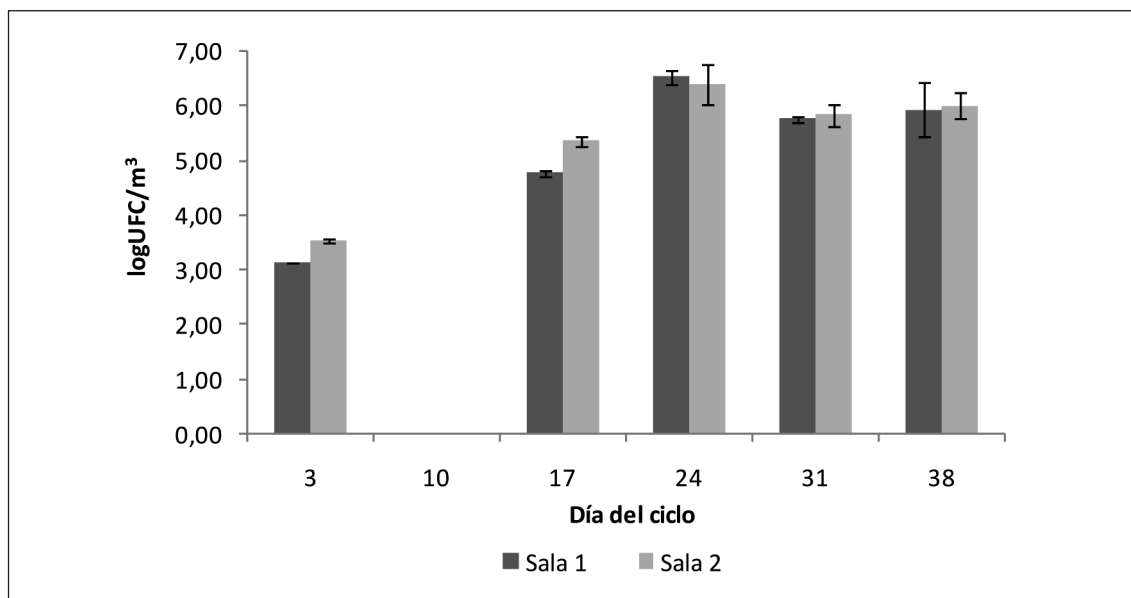


Figura 2. Recuento de bacterias aerobias mesófilas de la muestra obtenida mediante los borboteadores de aire a lo largo del ciclo de producción de broilers en cada sala.

Figure 2. Aerobic mesophilic bacteria concentrations in each room during the broiler production cycle, using impingers.

clo (Cox y Wathes, 1995), tal y como sucede en nuestro estudio. Después, puede descender ligeramente debido al aumento en la tasa de ventilación, considerando los valores elevados de ventilación que normalmente se alcanzan a finales del ciclo de producción de broilers.

Relación entre el tamaño de partícula y las bacterias aerobias mesófilas

En la Tabla 5 se observa el recuento de bacterias aerobias mesófilas a lo largo del ciclo, recogidas mediante la técnica de impactación en cascada. Se presenta para cada sala el logaritmo de UFC medio obtenido en cada uno de los 6 niveles del equipo de muestreo, correspondientes a los distintos tamaños de partículas. Esta tabla muestra un incremento semanal de bacterias durante el

ciclo para todos los tamaños de partícula en ambas salas. El promedio del logaritmo de la concentración de UFC en el aire teniendo en cuenta las dos salas fue $7,11 \pm 1,60 \log \text{UFC/m}^3$, siendo ligeramente superior en la sala 2.

La Figura 3 y la Figura 4 muestran los resultados de la Tabla 5 expresados en porcentaje de bacterias para cada uno de los 6 niveles del equipo de muestreo y en cada sala, a lo largo del ciclo de producción. Se observa que el recuento máximo de bacterias aerobias mesófilas en general se encontró en los rangos de partículas gruesas. La Figura 3 muestra que entre el 42% y el 96% de las bacterias aerobias mesófilas se encontraron en los rangos de tamaño de partícula entre 4,7 y 7 μm en la sala 1. La Figura 4 muestra que entre el 57% y el 83% de las bacterias aerobias mesófilas se encontraron en los

Tabla 5. Recuento de bacterias aerobias mesófilas ($\log \text{UFC/m}^3$) obtenidos mediante impactación en cascada según rango de tamaño de partículas a lo largo del ciclo de producción de broilers en cada sala

Table 5. Aerobic mesophilic bacteria counts ($\log \text{UFC/m}^3$) according to particle size range in each room, during the broiler production cycle using the cascade impactor

Día del ciclo	Rango de tamaño de partículas (μm)						
	0,65–1,1	1,1–2,1	2,1–3,3	3,3–4,7	4,7–7	>7	
Sala 1	3	1,67	2,37	3,11	3,27	3,11	3,07
	10	–	–	–	–	–	–
	17	3,39	3,97	4,40	4,50	4,66	4,44
	24	4,79	4,95	5,07	5,15	5,37	5,33
	31	6,88	6,88	6,92	5,80	6,71	8,76
	38	6,60	6,89	7,22	6,71	6,41	7,41
Sala 2	3	1,37	2,58	3,18	3,37	3,40	3,41
	10	–	–	–	–	–	–
	17	4,47	4,30	4,40	4,54	4,52	4,50
	24	5,10	5,45	5,45	5,71	5,34	5,46
	31	5,80	5,80	6,28	7,03	6,10	6,58
	38	7,74	6,27	6,53	6,62	6,64	7,22

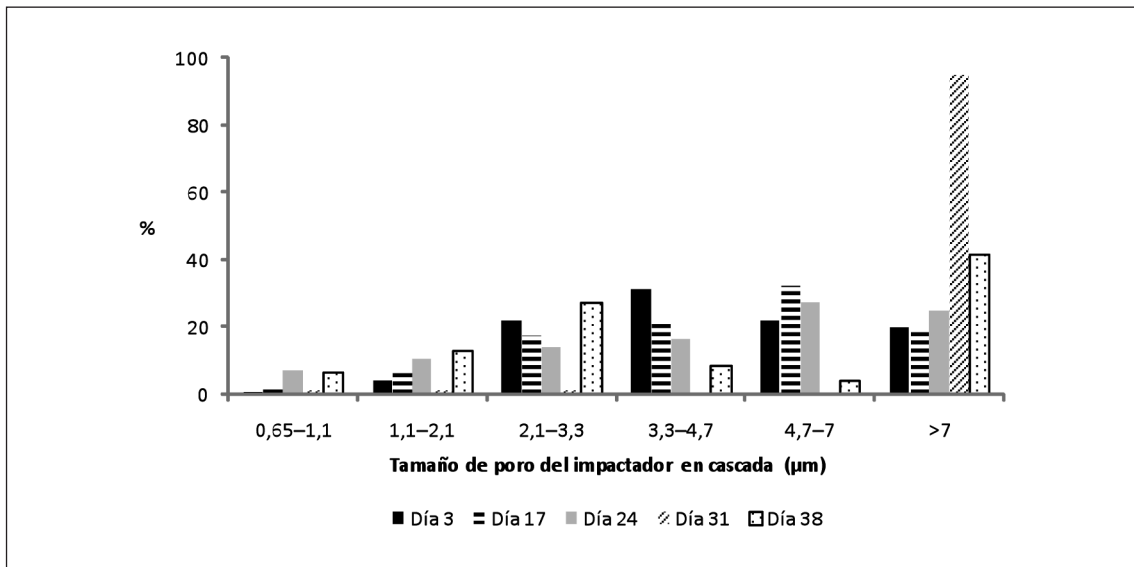


Figura 3. Porcentaje de microorganismos según el tamaño de poro del impactador en cascada durante el ciclo de producción de broilers en la sala 1.
 Figure 3. Percentage of microorganism depending on particle size collecting with cascade impactor during the broiler production cycle in room 1.

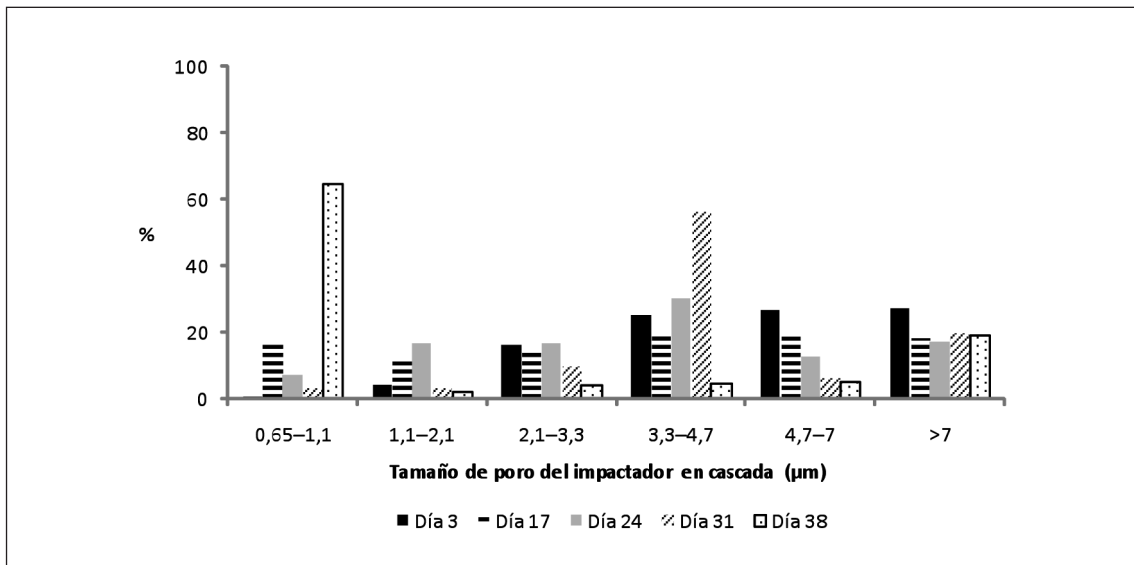


Figura 4. Porcentaje de microorganismos en cada uno de los niveles del andersen durante el ciclo de producción de broilers en la sala 2.
 Figure 4. Percentage of microorganism depending on particle size collecting with cascade impactor during the broiler production cycle in room 2.

rangos de tamaño de partícula entre 3,3 y 7 μm en la sala 2, excepto el día 38 en el que se obtuvo un 64% de bacterias aerobias mesófilas en los rangos de tamaño de partícula más pequeños (entre 0,65 y 1,1 μm).

Estos resultados indican una mayor asociación de las bacterias aerobias mesófilas a las partículas de tamaños entre 3,3 y 7 μm o superior, comparado con las más pequeñas (entre 0,65 y 3,3 μm). Lee et al. (2006) también encontraron una tendencia a la asociación de microorganismos con partículas de tamaños grandes.

Concentración y evolución del material particulado en el aire

Como se observa en la Figura 5 y Figura 6, las concentraciones de PM medidas con el TEOM tanto de PM_{2,5} como de PM₁₀ variaron en el tiempo en ambas salas. La concentración media para ambas salas fue de 0,019 mg/m³ para PM_{2,5} y 0,189 mg/m³ para PM₁₀. En todos los casos, la concentración del PM₁₀ fue superior a la concentración del PM_{2,5}, indicando una mayor concentración de partículas gruesas que finas.

Los niveles de PM fueron bajos durante toda la experiencia, aunque se observó una elevada variación diaria en las concentraciones que se refleja en una amplia desviación estándar de la media (Figura 5 y Figura 6). Esta variación es habitual y se debe a la fluctuación horaria de las concentraciones de PM a lo largo de un día. Los niveles de PM fueron muy inferiores a los valores máximos propuestos para protección de la salud de los tra-

bajadores y de los animales: (CIGR, 1992). Igualmente, no se superaron los valores máximos de concentración según criterios de salud humana en el ámbito laboral (HSE, 2007).

Además, la concentración de PM total obtenida en este estudio es inferior a la mayoría de resultados aportados por otros autores para el mismo tipo de alojamiento. La PM₁₀ indicada en los diferentes estudios es de 0,69 mg/m³ (Roumeliotis y Van Heyst, 2007) y de 1,21 mg/m³ (Cambra-López et al., 2009), y la PM_{2,5} es de 0,19 mg/m³ (Roumeliotis y Van Heyst, 2007) y de 0,079 mg/m³ (Cambra-López et al., 2009). Esta diferencia en las concentraciones puede ser debido a la baja densidad de animales de nuestro estudio en condiciones experimentales, comparado con otros estudios.

La concentración de PM aumentó a lo largo del ciclo. A partir del día 29 del ciclo, aumentó la tasa de ventilación (especialmente en la sala 1) y se puso en marcha la refrigeración evaporativa, disminuyendo la concentración de partículas, sobre todo la fracción más gruesa (PM₁₀). Esta evolución coincide con el comportamiento de las bacterias aerobias mesófilas obtenido con los borboteadores de aire (Figura 2). Se obtuvo una correlación positiva (Tabla 6) entre la concentración de PM y la concentración de bacterias aerobias mesófilas en el aire medida con los borboteadores. Los coeficientes de correlación variaron entre 0,78 y 0,89, para PM_{2,5} y PM₁₀, siendo superiores para PM_{2,5}. Estos resultados confirman la relación positiva entre estas variables descrita por otros autores (Bakutis et al., 2004).

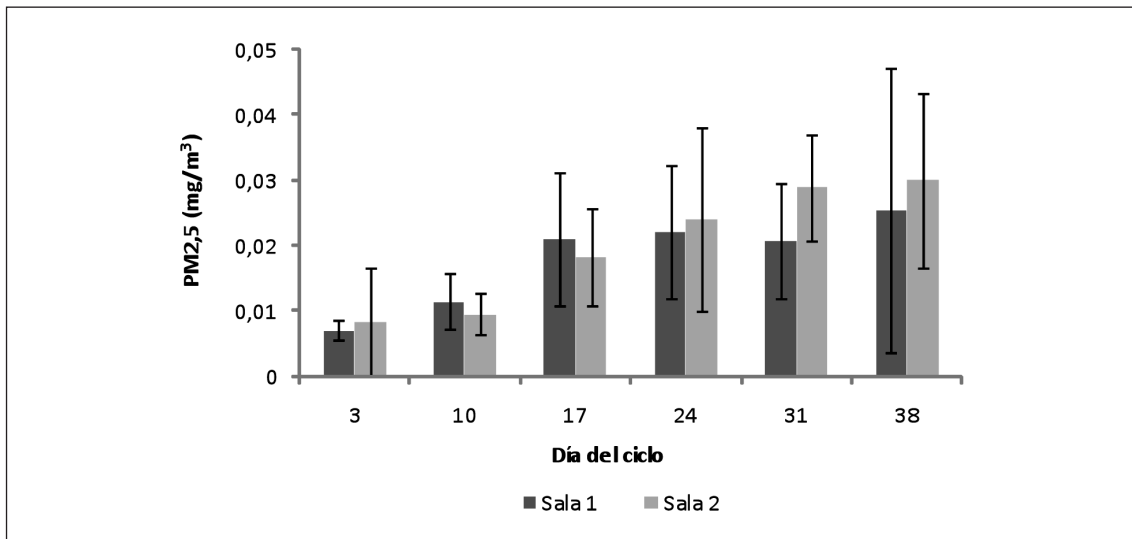


Figura 5. Concentración de PM_{2,5} medido con el equipo de muestreo en continuo de material particulado (TEOM) a lo largo del ciclo de producción de broilers en cada sala. Las barras de error indican desviación estándar.

Figure 5. Average concentration of PM_{2.5} in each room during the broiler production cycle using the continuous monitoring system TEOM. Error bars indicate standard deviation.

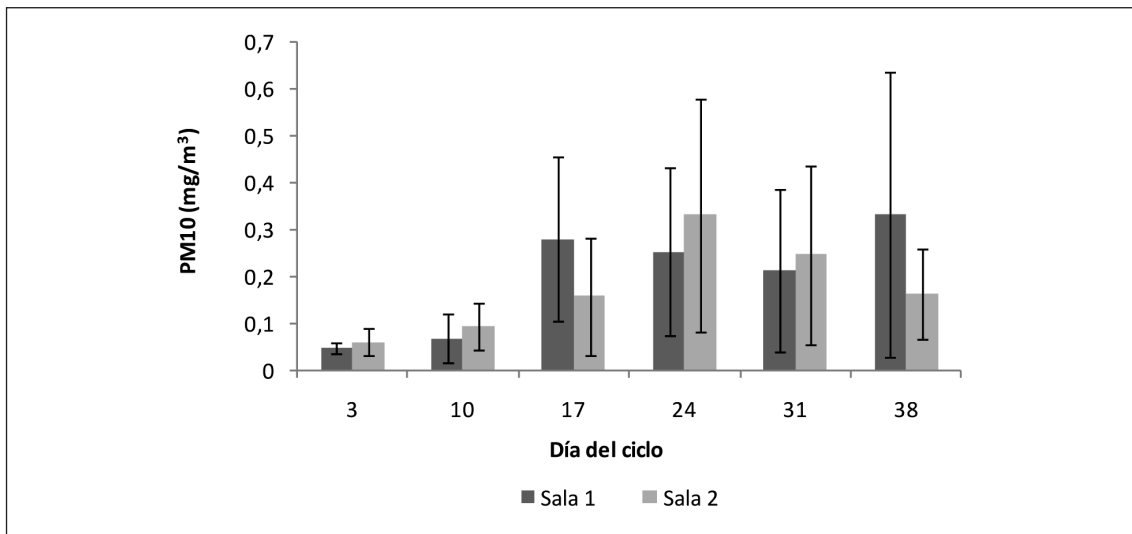


Figura 6. Concentración de PM₁₀ medido con el equipo de muestreo en continuo de material particulado (TEOM) a lo largo del ciclo de producción de broilers en cada sala. Las barras de error indican desviación estándar.

Figure 6. Average concentration of PM₁₀ in each room during the broiler production cycle, using the continuous monitoring system TEOM. Error bars indicate standard deviation.

Tabla 6. Coeficiente de correlación entre la concentración de material particulado (PM2,5 y PM10) y el recuento de bacterias aerobias mesófilas medido con los borboteadores
 Table 6. Correlation coefficient between PM concentration (PM2.5 and PM10) and aerobic mesophilic bacteria concentration using impingers

	Sala 1	Sala 2
PM2.5	0,89	0,89
PM10	0,78	0,86

Conclusiones

La distribución espacial de las bacterias aerobias mesófilas en el aire varió a lo largo del ciclo. Al comienzo del ciclo (día 3), se observó un mayor número de bacterias ($p < 0,001$) a la altura de los animales (30 cm del suelo) respecto a alturas mayores (entre 150 y 200 cm del suelo) indicando un gradiente en su concentración. Sin embargo, estas diferencias desaparecieron a partir del día 17 del ciclo, probablemente debido a un aumento de las concentraciones de bacterias aerobias mesófilas totales y a una distribución más homogénea de éstas en el aire.

Las concentraciones de bacterias aerobias mesófilas medidas en el aire variaron entre 3 log UFC/m³ y 6,53 log UFC/m³. Las concentraciones aumentaron semanalmente, hasta alcanzar el máximo el día 24 del ciclo. A partir de entonces, y probablemente debido al aumento de la tasa de ventilación, los recuentos disminuyeron aunque se mantuvieron con valores elevados.

Entre el 42% y el 96% de las bacterias aerobias mesófilas se encontraron en los rangos de tamaño de partícula entre 3,3 y más de 7 µm, comparado con las más pequeñas (entre 0,65 y 3,3 µm).

La concentración media de PM en el aire fue de 0,019 mg/m³ para PM2,5 y 0,189 mg/m³ para PM10. La evolución de las concentra-

ciones de PM a lo largo del ciclo fue similar a la de las bacterias aerobias mesófilas en el aire. A partir del día 24, y probablemente debido al aumento de la tasa de ventilación, las concentraciones, especialmente de la fracción más gruesa (PM10) disminuyeron. Existe una correlación positiva (coeficiente de correlación entre 0,78 y 0,89) entre las concentraciones de PM2,5 y PM10 y las de bacterias aerobias mesófilas.

Los resultados de este estudio son útiles para el desarrollo de medidas de reducción del PM así como de bioaerosoles en granjas de broilers, y contribuyen a entender su comportamiento en el aire.

Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación recibida a través del Proyecto GASFARM-2 (AGL2008-04125) del Ministerio de Ciencia e Innovación, coordinada por el prof. Antonio Torres. También agradecen al Centro de Investigación y Tecnología Animal del IVIA por ofrecernos las instalaciones y por el apoyo durante el ensayo. Los autores expresan su agradecimiento al Dr. Fernando Estellés por su ayuda en el cálculo del balance de CO₂ y al grupo de Wageningen UR Livestock Research (Países Bajos) por la cesión del impactador en cascada.

Bibliografía

- Bakutis B, Monstvilienė E, Januskeviciene G, 2004. *Analyses of airborne contamination with bacteria, endotoxins and dust in livestock barns and poultry houses*. Acta Veterinaria Brno 73(2), 283-289.
- Calvet S, Cambra-López M, Estellés F, Torres AG, Van den Weghe H, 2010. *The influence of animal activity and litter on carbon dioxide balances to determine ventilation flow in broiler production*. XVIIth World congress of the International Commission of Agricultural Engineering (CIGR) Quebec, Canadá (Junio 13-17, 2010).
- Cambra-López M, Hermosilla T, Lai HTL, Aarnink AJA, Ogink NWM, 2011a. *Particulate matter emitted from poultry and pig houses: source identification and quantification*. Transactions of the ASABE 54(2), 629-642.
- Cambra-López M, Torres AG, Aarnink AJA, Ogink NWM, 2011b. *Source analysis of fine and coarse particulate matter from livestock houses*. Atmospheric Environment 45, 694-707.
- Cambra-López M, Winkel A, van Harn J, Ogink NWM, Aarnink AJA, 2009. *Ionization for reducing particulate matter emissions from poultry houses*. Transactions of the ASABE 52(5), 1757-1771.
- Chinivasagam HN, Tran L, Maddock L, Gale A, Blackall PJ, 2009. *Mechanically ventilated broiler sheds: a possible source of aerosolized Salmonella, Campylobacter, and Escherichia coli*. Applied and Environmental Microbiology 75(23), 7417-7425.
- CIGR, 1992. *Climatization of animal houses*. Second Report of the Working Group on Climatization of Animal Houses, Centre for Climatization of Animal Houses., 1-147. Ghent, Bélgica.
- Cox CS, Wathes C, 1995. *Bioaerosols handbook*. Editors: Cox, C.S. y Wathes, C. CRC Press, Boca Raton, Florida, U.S.A.
- Donham KJ, 1991. *Association of environmental air contaminants with disease and productivity in swine*. American Journal of Veterinary Research 52(10), 1723-1730.
- Douwes J, Thorne P, Pearce N, Heederik D, 2003. *Bioaerosol health effects and exposure assessment: Progress and prospects*. Annals of Occupational Hygiene 47(3), 187-200.
- HSE, 2007. *List of approved workplace exposure limits*. Health & Safety Executive, 1-18.
- Lee SA, Adhikari A, Grinshpun SA, McKay R, Shukla R, Reponen T, 2006. *Personal exposure to airborne dust and microorganisms in agricultural environments*. Journal of Occupational and Environmental Hygiene 3(3), 118-130.
- Matkovic K, Vucemilo M, Vinkovic B, Seol B, Pavicic Z, Matkovic S, 2007. *Qualitative structure of airborne bacteria and fungi in dairy barn and nearby environment*. Czech Journal of Animal Science 52, 249-254.
- Millner PD, 2009. *Bioaerosols associated with animal production operations*. Bioresource Technology 100(22), 5379-5385.
- Oppliger A, 2008. *Exposure to bioaerosols in poultry houses at different stages of fattening; use of real-time PCR for airborne bacterial quantification*. Annals of occupational hygiene 52(5), 405-412.
- Roumeliotis TS, Van Heyst BJ, 2007. *Size fractionated particulate matter emissions from a broiler house in Southern Ontario, Canada*. Science of the Total Environment 383, 174-182.
- Saleh M, Seedorf J, Hartung J, 2005. *Influence of animal age and season on bioaerosol concentrations in a broiler house*. Animals and Environment, Volume 2: Proceedings of the XIIth ISAH Congress on Animal Hygiene, Warsaw, Poland, 4-8 September 2005.
- Seedorf J, Hartung J, Schroder M, Linkert KH, Phillips VR, Holden MR, Sneath RW, Short JL, White RP, Pedersen S, Takai H, Johnsen JO, Metz JHM, Koerkamp PWGG, Uenk GH, Wathes CM, 1998. *Concentrations and emissions of airborne endotoxins and microorganisms in livestock buildings in Northern Europe*. Journal of Agricultural Engineering Research 70(1), 97-109.
- Takai H, Pedersen S, Johnsen JO, Metz JHM, Koerkamp PWGG, Uenk GH, Phillips VR, Hol-

- den MR, Sneath RW, Short JL, White RP, Hartung J, Seedorf J, Schroder M, Linkert KH, Wathes CM, 1998. *Concentrations and emissions of airborne dust in livestock buildings in Northern Europe*. Journal of Agricultural Engineering Research 70(1), 59-77.
- Zhao Y, Aarnink AJA, Doornenbal P, Huynh TTT, Koerkamp PWGG, de Jong MCM, Landman WJM, 2011a. *Investigation of the efficiencies of bioaerosol samplers for collecting aerosolized bacteria using a fluorescent tracer. I: effects of non-sampling processes on bacterial Culturability*. Aerosol Science and Technology 45(3), 423-431.
- Zhao Y, Aarnink AJA, Doornenbal P, Huynh TTT, Koerkamp PWGG, Landman WJM, de Jong MCM, 2011b. *Investigation of the efficiencies of bioaerosol samplers for collecting aerosolized bacteria using a fluorescent tracer. II: sampling efficiency and half-life time*. Aerosol Science and Technology 45(3), 432-442.
- Zucker BA, Trojan S, Muller W, 2000. *Airborne gram-negative bacterial flora in animal houses*. Journal of Veterinary Medicine Series B, Infections Diseases and Veterinary Public Health 47(1), 37-46.

(Aceptado para publicación el 13 de mayo de 2011)

Concentración sérica de macrominerales de terneros en producción ecológica¹

J. Álvarez-Rodríguez, D. Villalba, D. Cubiló y E. Molina

Departamento de Producción Animal, Universidad de Lleida, Av. Rovira Roure 191, 25198 Lleida (España)

Resumen

Los desequilibrios en el metabolismo mineral pueden causar retrasos en el crecimiento y una alteración de diversas funciones fisiológicas. El objetivo de este estudio fue evaluar el metabolismo mineral de terneros de engorde en producción ecológica (41 machos o castrados, 23 hembras). La dieta fue a base de heno de alfalfa y concentrado energético, pasto de montaña y concentrado o mezcla completa con subproducto de soja ecológica como materia prima principal. Se tomaron entre 1 y 4 muestras de sangre por animal a intervalos mensuales, y se determinó paralelamente el peso de los terneros (291 ± 63 kg). Se determinó la concentración sérica de los minerales calcio, fósforo y magnesio y de los electrolitos sodio, cloro y potasio. Los datos se analizaron por análisis de varianza considerando el sexo, la dieta y la época de engorde como efectos fijos y el peso en el muestreo como covariable. El sexo del ternero únicamente afectó a la relación calcio/fósforo, que fue inferior en las hembras que en los machos (0,93 vs. 1,06; $P < 0,05$). Por su parte, los niveles de sodio y potasio fueron superiores en hembras que en machos (153,9 y 6,5 vs. 148,6 y 6,0 mmol/L, respectivamente, $P < 0,05$). La dieta ejerció un efecto significativo sobre la concentración de magnesio, que fue inferior en el grupo de animales alimentados con la mezcla completa que en el resto (0,7 vs. 1,1 mmol/L, $P < 0,05$). Así mismo, la relación calcio/fósforo fue inferior con heno y concentrado que en pasto con concentrado (0,92 vs. 1,06; $P < 0,05$), mientras que el grupo de la mezcla completa no se diferenció del resto ($P > 0,05$). La época de engorde afectó a la concentración de calcio y magnesio sanguíneo, con valores inferiores en primavera que en verano en ambos minerales (3,7 y 0,8 vs. 4,8 y 1,1 mmol/L, respectivamente, $P < 0,01$). La concentración de electrolitos no se vio afectada por la dieta o la estación ($P > 0,05$). En conclusión, la época de engorde y el sistema de alimentación son factores de variación de los minerales sanguíneos que deben ser considerados para detectar deficiencias nutricionales.

Palabras clave: vacuno, engorde, micronutrientes, minerales, electrolitos.

Summary

Macromineral serum concentration in beef calves under organic production

Imbalances in mineral metabolism may cause delayed growth and alter several physiological functions. The aim of this study was to evaluate mineral metabolism in growing calves under organic production (41 males or neutered, 23 females). The diets were based on alfalfa hay plus concentrate supplement, mountain pasture plus concentrate supplement or total mixed ration with organic soybean by-product as main raw material. Blood samples were collected between spring and summer (1 to 4 samples/animal), and weight of calves was determined (291 ± 63 kg). The serum concentration of calcium, phosphorus, magnesium minerals and sodium, chloride and potassium electrolytes were analyzed. The data were analyzed by ANOVA considering sex, diet and fattening season as fixed effects and

1. Autor para correspondencia: J. Álvarez-Rodríguez, jalvarez@prodan.udl.cat

the weight as a covariate. Calf sex only affected the calcium:phosphorus ratio, which was lower in females than in males (0.93 vs. 1.06, $P < 0.05$). Also, sodium and potassium levels were higher in females than in males (153.9 and 6.5 vs. 148.6 and 6.0 mmol/L, respectively, $P < 0.05$). The diet had a significant effect on magnesium concentration, which was lower in the group of animals fed with complete mixed ration than in the rest (0.7 vs. 1.1 mmol/L, $P < 0.05$). Likewise, the calcium:phosphorus ratio was lower when calves fed hay plus concentrate than when they fed pastures plus concentrate (0.92 vs. 1.06, $P < 0.05$), while the group fed the complete mixed ration was not different from the rest ($P > 0.05$). The fattening season affected the blood concentration of calcium and magnesium, with lower values in spring than in summer in both minerals (3.7 and 0.8 vs. 4.8 and 1.1 mmol/L, respectively, $P < 0.01$). Electrolyte levels were not affected by diet or season ($P > 0.05$). In conclusion, the growing season and feeding system are factors affecting blood minerals, which may be considered when conducting nutritional deficiency appraisal.

Key words: cattle, fattening, micronutrients, minerals, electrolytes.

Introducción

El balance mineral del organismo depende de las necesidades del animal debidas a su edad y estado productivo y de los aportes realizados a través de los alimentos. Según el National Research Council (NRC) (2000), el contenido mineral de los alimentos depende del área geográfica de procedencia, variando con el tipo de suelo de cultivo, su tipo y grado de fertilización, y con la pluviometría.

En España, el engorde de terneros para la producción de carne se realiza con una dieta a base de concentrado energético (mezcla de cereales y leguminosas en harina o gránulo) y paja como elemento fibroso, ofreciendo ambos componentes de la ración a voluntad. De esta forma, la relación entre concentrado y forraje en la dieta se sitúa entorno a 90:10, asumiendo que la paja sólo contribuye a diluir la concentración de nutrientes y aporta fibra efectiva a la ración total (Ferret *et al.*, 2008).

Este sistema de producción no aprovecha la fermentación de la pared vegetal que llevan a cabo las enzimas producidas por la microbiota pre-gástrica de los rumiantes, que posee la capacidad de extraer más energía de las fuentes fibrosas que los enzimas digestivos del resto de los mamíferos, y les permite convertir

el nitrógeno no proteico en proteína microbiana de alto valor biológico (Allen, 1996). Este es uno de los motivos por el que las normas de producción en ganadería ecológica establecen un máximo de consumo de alimento concentrado del 40% de la ración total en materia seca (Reglamento CE 889/2008). Por otro lado, en este tipo de producción existe una deficiente oferta de alimentos para abastecimiento del ganado fuera de la propia explotación, que en general va ligada a una deficiente calidad nutritiva de dichas materias primas (Molina *et al.*, 2010).

La nutrición mineral y vitamínica contribuye de forma importante a la regulación del sistema inmune, los resultados reproductivos y la ganancia de peso de los animales en crecimiento (NRC, 2000). En los sistemas de explotación convencionales, estas necesidades se cubren con el aporte de correctores minerales. En producción ecológica, también está autorizado el uso de algunas de estas materias primas de origen mineral (Reglamento CE 889/2008), pero es necesario racionalizar su uso y establecer un adecuado programa alimenticio que considere la nutrición mineral, a través de la evaluación de la concentración de dichos micronutrientes en los alimentos suministrados (dieta) y a nivel sanguíneo de los animales.

Desde un punto de vista funcional, los minerales necesarios en mayor cantidad para el animal son el calcio, fósforo, magnesio, sodio, cloro y potasio (Underwood y Suttle, 1999). El calcio y el fósforo juegan un papel importante en la mineralización de los huesos y los dientes, estando su concentración extracelular regulada por factores hormonales, por la absorción intestinal y por la excreción urinaria. Además, el metabolismo de ambos elementos está muy relacionado entre sí, siendo de gran importancia el equilibrio de la relación calcio:fósforo para la absorción intestinal. Así mismo, el magnesio es otro macromineral importante en el esqueleto con funciones sobre la activación de complejos enzimáticos y la transmisión del impulso nervioso en los músculos (García-Belenguer, 1992). Por su parte, dentro del metabolismo electrolítico, el sodio (Na) y el potasio (K) son los iones más importantes encargados de mantener la presión osmótica del líquido extracelular e intracelular, respectivamente, puesto que están en mayor concentración (Palacio *et al.*, 1997a).

El objetivo de este estudio fue evaluar el metabolismo mineral de terneros de engorde sometidos a distintos sistemas de alimentación en producción ecológica.

Materiales y métodos

Animales, manejo y muestreo

El estudio se realizó entre la primavera y el verano de 2009 en 64 terneros de engorde (41 machos o castrados, 23 hembras) procedentes de la época de partos de otoño de 3 explotaciones comerciales del Pirineo de Lleida (Pallars Jussà y Pallars Sobirà, Lleida, España). El clima en estas localidades es de influencia mediterránea, con una precipitación de entre 700 y 1000 mm anuales. Los terneros eran de raza "Bruna dels Pirineus"

o resultado de su cruzamiento con toros cárnicos (Limusín y Charolés, principalmente), y su edad al inicio del estudio estaba comprendida entre 5-7 meses.

Las dietas utilizadas eran a base de:

1. Heno de alfalfa y concentrado energético suministrado *ad libitum*.
2. Pasto de montaña *ad libitum* y una mezcla de cereales (cebada y maíz 50:50) suministrada a razón de 2 a 3 kg/animal y día.
3. Mezcla completa (avena entera henificada, concentrado energético y un subproducto de soja ecológica) suministrada *ad libitum*.

El grupo de terneros de la estrategia de alimentación (1) fue el único que recibió corrector vitamínico mineral en la dieta, formulado a base de carbonato cálcico (1,7% sobre el total de materia fresca), fosfato monocálcico (0,4%), sal común (0,5%) y bicarbonato sódico (0,7%).

Se tomaron entre 1 y 4 muestras de sangre por animal a intervalos mensuales en tubos de vacío sin anticoagulante (hora del día: entre 12:00 y 13:00). Las muestras se centrifugaron a 2500 x g durante 15 minutos a 4° C y se extrajo el suero para conservarlo a -20° C hasta su análisis. La toma de muestras comenzó al menos dos semanas después del destete. Las dietas utilizadas fueron suministradas durante al menos 2 semanas antes de la toma de la primera muestra de sangre.

Paralelamente a la extracción sanguínea, se determinó el peso de los terneros con una balanza electrónica de 0,5 kg de precisión.

Métodos analíticos

Se midió la concentración (mmol/l) de los minerales calcio, fósforo, magnesio y de los electrolitos sodio, cloro y potasio. El sodio y el potasio sérico se determinaron con un fotómetro de llama (ION – 3 SP, RAL, Barce-

lona, España) y el resto de minerales séricos se determinaron con un analizador automático (GernonStar, RAL, Barcelona, España): calcio total (método arsenazo), fósforo (método fotométrico UV), magnesio (método colorimétrico) y cloruro (método mercurio tiocinato). Los coeficientes de variación intra- e inter-ensayo fueron <4% y <3%, respectivamente. El balance electrolítico sanguíneo se calculó como mmol/l ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$)/mmol/l (Cl^-) (Ross *et al.*, 1994).

Análisis estadístico

Los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS (SAS, 2002), con un análisis de varianza con el procedimiento GLM. Se consideraron como factores fijos la raza, el sexo, la dieta y la época de engorde, y sus interacciones de segundo grado (en los casos en que permitían mantener un modelo equilibrado: época de engorde x sexo, época de engorde x raza, sexo x raza). Además, se consideró como covariable el peso del animal en el momento del muestreo. El nivel de significación se estableció en 0,05.

Resultados

Peso vivo de los terneros

El peso de los terneros a lo largo de los 4 meses de control (mayo-agosto) osciló entre los 228 kg y los 354 kg (rango a partir de la media \pm desviación estándar).

Efecto de la raza

La concentración de minerales sanguíneos en los terneros se expone en la Tabla 1. En ésta, se omiten los resultados relativos a la raza, dado que no fue un factor de variación de los minerales sanguíneos ($P > 0,05$).

La única interacción estadística detectada fue en el parámetro de sodio sérico, que fue superior en las hembras que en los machos cruzados (156,6 vs. 147,3 mmol/L, $P < 0,05$), mientras que ésta no se diferenció entre sexos en los animales de raza pura (151,1 vs. 150,0 mmol/L, respectivamente, $P > 0,05$).

Efecto del sexo del ternero

El sexo del ternero afectó a la relación calcio/fósforo, que fue inferior en las hembras (♀) que en los machos o castrados ($\text{♂}/\text{♂}$) (0,93 vs. 1,06; $P < 0,05$). Por otro lado, los niveles de sodio y potasio fueron superiores en hembras que en machos (153,9 y 6,5 vs. 148,6 y 6,0 mmol/L, respectivamente, $P < 0,05$).

Efecto de la época de engorde-estación del año

La época de engorde afectó a la concentración de calcio y magnesio sanguíneo, con valores inferiores en primavera que en verano en ambos minerales (3,7 vs. 4,8 mmol/L y 0,8 vs. 1,1 mmol/L, respectivamente, $P < 0,01$). Los niveles de electrolitos (sodio, potasio y cloruro) no se vieron afectados por la dieta o la estación ($P > 0,05$).

Efecto del sistema de alimentación

La dieta ejerció un efecto significativo sobre la concentración de magnesio, que fue inferior en el grupo de animales alimentados con la mezcla completa que en el resto (0,7 vs. 1,1 mmol/L, $P < 0,05$). Así mismo la relación calcio/fósforo fue inferior en heno con concentrado que en pasto con concentrado (0,92 vs. 1,06; $P < 0,05$), mientras que el grupo de la mezcla completa no se diferenció del resto ($P > 0,05$).

Tabla 1. Concentración sérica de minerales en terneros de engorde en producción ecológica
 Table 1. Serum concentration of minerals in fattening calves raised under organic production rules

Iones (mmol/L)	Sexo (S)		Fase de engorde (F)			Dieta (D) ¹			Error estándar		Efectos ²	
	♀	♂/♂	Primavera	Verano	(1)	(2)	(3)	S	F	D		
n	34	83	42	76	52	24	42					
Calcio (Ca)	4,1	4,3	3,7 ^b	4,8 ^a	4,2	4,3	4,1	0,2	NS	***	NS	
Fósforo (P)	5,2	4,6	4,6	5,1	5,2	4,8	4,6	0,3	NS	NS	NS	
Magnesio (Mg)	1,0	0,9	0,8 ^b	1,1 ^a	1,0 ^a	1,1 ^a	0,7 ^b	0,1	NS	**	***	
Ca/P	0,93 ^b	1,06 ^a	0,95	1,05	0,92 ^a	1,06 ^b	1,02 ^{ab}	0,04	*	NS	*	
Sodio (Na)	153,9 ^a	148,6 ^b	153,0	149,5	150,6	151,5	151,6	1,7	*	NS	NS	
Cloruro (Cl)	100,3	99,5	99,9	99,9	99,4	99,5	100,9	1,0	NS	NS	NS	
Potasio (K)	6,5 ^a	6,0 ^b	6,2	6,3	6,4	6,2	6,2	0,2	**	NS	NS	
Diferencia iónica ³	60,1	55,1	59,3	55,9	57,6	58,2	56,9	1,8	NS	NS	NS	

Dentro de cada factor, distinta letra indica diferencias significativas (P < 0,05).

¹ (1) Heno de alfalfa y concentrado energético, (2) Pasto de montaña y una mezcla de cereales (cebada y maíz 50:50) a razón de 2 a 3 kg/animal y día, (3) Mezcla completa.

² La raza (pura vs. cruce) no influyó sobre ningún parámetro (P > 0,05).

³ Diferencia iónica = Sodio (Na) – Cloruro (Cl) + Potasio (K).

Discusión

El calcio, mineral más abundante en el organismo, se vio afectado únicamente por el efecto temporal de la época de engorde (primavera vs. verano), debido probablemente a que la determinación de calcio total en suero incluye la fracción unida a proteínas, que a su vez podrían reflejar la variación estacional de la calidad nutritiva de las materias primas utilizadas. Este mineral realiza el 98% de sus funciones como componente estructural de los huesos y la dentadura, aunque también está implicado en funciones fisiológicas como la coagulación sanguínea, la permeabilidad de membrana, la contracción muscular, la transmisión del impulso nervioso, la regulación cardíaca, la secreción de ciertas hormonas, y la activación y estabilización de ciertas enzimas (NRC, 2000).

En algunos estudios, se ha sugerido que el nivel de calcio sanguíneo no refleja la concentración de calcio en la dieta, debido a la baja absorción intestinal de la mayoría del calcio ingerido (NRC, 2000). Por tanto, los niveles sanguíneos de calcio deberían reflejar en este caso la resorción ósea de este mineral. En sistemas de producción ecológica de terneros de engorde procedentes de la época de partos de otoño, debería valorarse el aporte de calcio en un corrector mineral en los meses de primavera, para contrarrestar la menor calidad nutritiva de algunos forrajes (especialmente gramíneas) (Calsamiglia *et al.*, 2004) y cubrir así las necesidades de los terneros recién destetados.

El fósforo se evalúa normalmente en conjunto con el calcio, dado que ambos minerales actúan a la vez en la formación ósea. Además, la deficiencia de este mineral ha sido descrita como la de mayor prevalencia en animales en pastoreo en todo el mundo (McDowell, 1992). Aproximadamente el 80% del fósforo corporal se encuentra en los huesos y la dentadura, localizándose el res-

tante en los tejidos blandos. Este mineral actúa también en el crecimiento celular y su diferenciación como componente del ácido desoxirribonucleico (ADN) y el ácido ribonucleico (ARN), la utilización de la energía y su transferencia, la formación de fosfolípidos y el mantenimiento del balance ácido-base y la presión osmótica. Así mismo, el fósforo es requerido por los microorganismos ruminales para su crecimiento y metabolismo celular (NRC, 2000).

En este trabajo no se observaron diferencias en la concentración de fósforo atribuibles a la raza, el sexo, la estación o el sistema de alimentación. Sin embargo, la relación calcio/fósforo fue menos favorable en hembras que en machos y en los terneros alimentados con heno de alfalfa y concentrado que en el resto. Dado que el contenido de fósforo de los concentrados energéticos (cereales grano y oleaginosas) es en general mayor que en los forrajes (NRC, 2000), la menor relación calcio/fósforo en los terneros alimentados con heno de alfalfa y concentrado podría deberse al mayor consumo de concentrado en este grupo de animales, que duplicó la ingestión de forraje (Molina *et al.*, 2010). Los niveles de calcio y fósforo y su relación podrían considerarse adecuados en todos los casos, encontrándose dentro del rango descrito en la bibliografía (Payne y Payne, 1987; Palacio *et al.*, 1997a).

La concentración de magnesio sérico fue inferior en primavera que en verano e inferior en los terneros alimentados con la mezcla completa con subproducto de soja ecológica como materia prima principal. Este mineral está implicado en diversas rutas metabólicas al activar un gran número de enzimas, siendo esencial en el metabolismo energético, la transmisión del código genético, el transporte de membrana y la transmisión del impulso nervioso. La mayoría del magnesio corporal se encuentra en el tejido óseo (65-70%) y muscular (15%) (NRC, 2000).

La deficiencia de magnesio es frecuente en los pastos tempranos de primavera, que pueden dar lugar a la aparición de tetania pratense (García-Belenguer, 1992). El NRC (2000) sugiere que niveles de magnesio en sangre <1 mmol/L indican deficiencia de este mineral en la dieta. Aunque se ha descrito una hipomagnesemia subclínica en terneros lactantes de aptitud cárnica en respuesta al pobre contenido de este mineral en la leche materna (Palacio *et al.*, 1997a), en el presente trabajo todos los terneros habían sido destetados con anterioridad (al menos 2 semanas antes de la primera muestra del estudio). Por tanto, la deficiencia de magnesio en los animales alimentados con la mezcla completa habría que atribuirla a un deficiente contenido en sus materias primas. En este sentido, el NRC (2000) recomienda como suplemento el uso de óxido de magnesio y sulfato de magnesio como fuentes de magnesio de elevada digestibilidad, ambas al amparo del Reglamento CE 889/2008 de producción ecológica.

Los electrolitos sanguíneos de los terneros se vieron menos afectados por la estación del año o la dieta que los macrominerales sanguíneos. El sodio es el mayor catión, mientras que el cloruro es el mayor anión en el líquido extracelular. Ambos minerales están implicados en el mantenimiento de la presión osmótica, el control del balance hídrico, y la regulación del balance ácido-base. El sodio también está implicado en las contracciones musculares, la transmisión del impulso nervioso, y el transporte de glucosa y aminoácidos. El cloruro es necesario para la formación del ácido clorhídrico del jugo gástrico y para la activación de la amilasa pancreática. Por su parte, el potasio es el tercer mineral más abundante en el organismo y el mayor catión en el líquido intracelular. Este mineral es importante en el balance ácido-base, la regulación de la presión osmótica, el balance hídrico, la contracción muscular, la

transmisión del impulso nervioso y de ciertas reacciones enzimáticas (NRC, 2000).

Aunque la mayoría de los pastos son deficientes en sodio y en condiciones de pastoreo el sodio sérico disminuye gradualmente (Payne y Payne, 1987; Palacio *et al.*, 1997b), en el presente trabajo no se ha observado deficiencia de este elemento, posiblemente porque todos los terneros tuvieron otras fuentes de sodio a través de la fracción de concentrado energético de la dieta.

En terneros de engorde en producción ecológica, la fase de engorde (estación del año) afectó a la concentración de calcio y magnesio sanguíneo, mientras que el sistema de alimentación únicamente ejerció un efecto significativo sobre la concentración sérica de magnesio. Estas diferencias sugieren que dichos factores de variación deberían ser considerados para la detección de deficiencias nutricionales. Por el contrario, los electrolitos sanguíneos apenas se vieron afectados por dichos factores.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por los proyectos UdL-PUL2008A e INIA RTA2010-00057-C03-02. J. Álvarez-Rodríguez disfrutaba en el momento de realización del estudio de una beca predoctoral INIA-DGA.

Bibliografía

- Allen MS, 1996. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *J Anim Sci* 74: 3063-3075.
- Calsamiglia S, Ferret A, Bach A, 2004. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de Forrajes. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA), Madrid, España.

- Ferret A, Calsamiglia S, Bach A, Devant M, Fernández C, García-Rebollar P, 2008. Necesidades nutricionales para rumiantes de cebo. Federación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA), Madrid, España.
- García-Belenguer S, 1992. Valoración del metabolismo mineral y de los principios inmediatos. En: J Gómez, (Eds) Manual práctico de análisis clínicos en Veterinaria. Mira Editores, Zaragoza, España, 291-314.
- McDowell LR, 1992. Minerals in animal and human nutrition. Academic Press Inc, San Diego, Estados Unidos.
- Molina E, Cubiló D, Tor M, Villalba D, 2010. Seguiment productiu i de qualitat d' una explotació de boví de carn ecològic del Pallars Sobirà, Pla Anual de Transferència Tecnològica (PATT) del Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural (DAR) de Catalunya. Informe final. Universidad de Lleida.
- NRC, 2000. National Research Council Nutrient Requirements of Beef Cattle (7th Edition). National Academy Press, Washington, DC, Estados Unidos de América.
- Palacio J, García-Belenguer S, Ramos JJ, Aceña MC, Gascón M, Revilla R, 1997a. Influencia del ejercicio sobre el perfil mineral sanguíneo (Ca, P y Mg) del ganado vacuno criado en régimen semiextensivo. ITEA Vol Extra 18 (II): 585-587.
- Palacio J, García-Belenguer S, Ramos JJ, Aceña MC, Gascón M, Revilla R, 1997b. Influencia del ejercicio sobre las concentraciones sanguíneas de Na y K en el ganado vacuno criado en régimen semiextensivo. ITEA Vol Extra 18 (II): 582-584.
- Payne JM, Payne S, 1987. The metabolic profile test. Oxford University Press, London, Reino Unido.
- Reglamento (CE) 889/2008 de la Comisión de 5 de septiembre de 2008, por el que se establecen disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) 834/2007 del Consejo sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos, con respecto a la producción ecológica, su etiquetado y su control (DOCE L 250 de 18/09/2008).
- Ross JG, Spears JW, Garlich JD, 1994. Dietary electrolyte balance effects on performance and metabolic characteristics in growing steers. J Anim Sci 72: 1842-1848.
- SAS, 2002. SAS/STAT User's Guide, Version 9.1. SAS Institute Inc., Cary, NC, Estados Unidos de América.
- Underwood EJ, Suttle NF, 1999. The mineral nutrition of livestock. 3rd Ed. CABI Publishing, Wallingford, Reino Unido.

(Aceptado para publicación el 31 de mayo de 2011)

Valoración social del carácter multifuncional de la agricultura andaluza

M. Arriaza*,** y J.A. Gómez-Limón*

* Área de Economía y Sociología Agrarias. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA). Centro "Alameda del Obispo". Apdo 3092. 14080 Córdoba

** Autor al que debe dirigirse la correspondencia, E-mail: manuel.arriaza@juntadeandalucia.es

Resumen

El presente estudio analiza las preferencias de la sociedad andaluza por las diferentes funciones que debe cumplir la agricultura. A través de una encuesta realizada a la población andaluza y siguiendo la técnica multicriterio del Proceso Analítico Jerárquico, se comparan tres funciones genéricas (económica, ambiental y social) y siete específicas. De forma general, los andaluces valoran en primer lugar las funciones económicas de la agricultura (con una ponderación del 59%), seguidas por las funciones ambientales (27%) y las sociales (14%). Los resultados indican que las características socioeconómicas de los andaluces determinan en gran medida la ponderación que hacen de estas funciones, siendo el lugar de residencia la variable de mayor influencia.

Palabras clave: multifuncionalidad, Proceso Analítico Jerárquico, bienes públicos, externalidades, opinión pública.

Summary

Social valuation of the Andalusian agricultural multifunctionality

The present study analyses the social preferences of the Andalusian population for the functions that the agriculture should provide. Based on a regional survey through a multicriteria technique, the Analytic Hierarchy Process, three generic functions (economic, environmental and social) and seven specific are evaluated. The results show that the economic functions are most valued (59%), followed by the environmental (27%) and social functions (14%). The results suggest that the socio-economic characteristics of the citizens determine the valuation of these functions, being the place of residence (rural versus urban) the most important variable.

Key words: multifunctionality, Analytic Hierarchy Process, public goods, externalities, public opinion.

Introducción

Desde el punto de vista macroeconómico la agricultura es una actividad con un peso específico relativamente reducido. En efecto, en Andalucía la contribución del sector agrario (agricultura, ganadería, caza y actividades de los servicios relacionadas) al Producto Interior Bruto regional ha pasado del 7,3% en el

año 2000 al 4,1% en 2009 (IEA, 2010). A la vista de esta contribución pequeña y decreciente cabría preguntarse cuáles son las razones que justifican el apoyo que esta actividad económica recibe por parte de las autoridades de ámbito regional, nacional y europeo. Entre ellas podemos destacar tres (Gómez-Limón *et. al.*, 2007; Cooper *et al.*, 2009):

1. *Generación de valor añadido en zonas rurales.* En más de la mitad de los municipios andaluces la agricultura y la ganadería es la principal actividad económica y la primera fuente de renta de las familias. Asimismo este sector constituye la base de la industria agroalimentaria regional¹, la cual, si bien supone sólo el 2,1% del PIB regional (IEA, 2010), es la actividad industrial más importante de Andalucía con un 20,3% del volumen de negocio y un 21,5% del número de empleados (Analistas Económicos de Andalucía, 2009). En este sentido, cabe destacar igualmente que las exportaciones agroalimentarias representan el 34,8 por ciento de la exportación total andaluza² (CAP, 2009a).
2. *Fijación de la población.* El empleo generado en Andalucía por la actividad agraria y la agroindustrial, unos 240 mil y 66 mil, respectivamente (IEA, 2010), se localiza casi en su totalidad en zonas rurales en donde otras alternativas son mínimas, lo cual contribuye de forma decisiva a reducir el riesgo de despoblamiento de estas zonas.
3. *Uso del territorio y de los recursos naturales.* Dos recursos naturales son de vital importancia para España en general y Andalucía en particular: el suelo y el agua. Respecto al primero, las tierras de cultivos ocupan el 42% del territorio andaluz (MARM, 2010). En relación con el segundo, la agricultura consume el 78% de los recursos hídricos disponibles de la región (AAA, 2007). Ambos elementos implican

que cualquier ejercicio de optimización del uso del territorio y de sus recursos naturales debe pasar por la consideración de esta actividad fundamental.

Éstos, entre otros aspectos, sugieren que la agricultura no sólo cumple una función económica, sino también social y ambiental. Debe aclararse, no obstante, que el desempeño por parte del sector agrario de dichas funciones puede ser muy heterogéneo. En el mejor de los casos, los diferentes roles que se le ha asignado a la agricultura puede desarrollarse conforme a las demandas de la sociedad: suministros de alimentos y materias primas en la cantidad y calidad deseada, generación de empleo necesario para la ocupación de la población rural y uso sostenible de los recursos naturales utilizados para la producción. Sin embargo, lo contrario también es posible, y la agricultura puede ser igualmente ineficiente a la hora de garantizar la seguridad alimentaria, el desarrollo rural o la sostenibilidad ambiental. Esta es la base de la concepción multifuncional de la actividad agraria, la cual produce bienes privados intercambiables en los mercados y, de forma conjunta, una serie de bienes (o "males") de carácter público, también conocidos como externalidades positivas (o negativas), cuya provisión no es remunerada (ni penalizada) por parte del mercado (Atance y Tió, 2000; Atance, 2003; Reig, 2007). Precisamente la ausencia de mercado para este tipo de bienes y servicios justifica la intervención pública con el objeto de potenciar la provisión de externalidades positivas, como por ejemplo la viabilidad de

1. Compuesta por la Industria cárnica; Elaboración y conservación de pescados y productos a base de pescados; Preparación y conservación de frutas y hortalizas; Fabricación de grasas y aceites; Industrias lácteas; Fabricación de productos de molinería, almidones y productos amiláceos; Fabricación de productos para la alimentación animal; Fabricación de otros productos alimenticios; Industria del tabaco; Elaboración de vinos y alcoholes; Elaboración de cervezas y bebidas no alcohólicas.

2. En este contexto, se entiende por "exportación" el flujo comercial de productos con origen en la Comunidad Autónoma Andaluza y destino fuera de la misma, bien hacia otras comunidades autónomas españolas, otros países de la Unión Europea o países terceros.

las comunidades rurales o la conservación de la biodiversidad, y reducir aquellas de carácter negativo, como la erosión o contaminación de acuíferos (OECD, 2001; Cooper *et al.*, 2009).

El estudio de la multifuncionalidad de los sistemas agrarios puede realizarse desde una doble perspectiva. Por un lado, se requiere analizar este concepto siguiendo un enfoque de oferta, tratando de establecer el conjunto de bienes y servicios que potencialmente pueden producirse en la actividad agraria, y analizando las relaciones de complementariedad y sustitución existente entre bienes públicos y privados. Por otro lado, siguiendo un enfoque de demanda, se precisa determinar las preferencias de la sociedad sobre el conjunto de bienes y servicios producidos. Sólo combinando ambos enfoques puede realizarse un análisis integral que permita orientar la instrumentación de las políticas adecuadas al objeto de maximizar el bienestar social derivado del desempeño del sector agrario³.

Los cambios esperados en el tipo de apoyo que percibirá el sector agrario a partir de 2013 y una mayor discrecionalidad de las ayudas por parte de cada Estado Miembro de la Unión Europea justifican el análisis de este tipo de funciones que no son remuneradas por el mercado. En efecto, es probable que una parte del apoyo público a la agricultura se produzca por la provisión de este tipo de bienes y servicios no comerciales (García Álvarez-Coque y Gómez-Limón, 2010). Teniendo en cuenta esta necesidad, en el presente estudio se trata de cuantifi-

car la importancia relativa que, para la sociedad, tienen las diferentes funciones comerciales y no comerciales desempeñadas por la agricultura andaluza, así como analizar en qué medida esta valoración viene determinada por las características socioeconómicas de los ciudadanos.

El trabajo se estructura en cinco secciones. Tras la introducción, se plantea el estado de la cuestión acerca del concepto de multifuncionalidad agraria y se desarrolla la metodología empleada en el análisis empírico de la demanda de las diferentes funciones desempeñadas por el sector agrario. En la tercera sección se describe el caso de estudio considerado: la agricultura andaluza. En la cuarta se ofrecen los resultados obtenidos, primero describiendo la opinión pública sobre la multifuncionalidad agraria a nivel agregado para el conjunto de la sociedad analizada y, segundo, analizando la heterogeneidad observada en las respuestas en función de las variables socio-demográficas y económicas de los individuos. Por último, la quinta sección presenta las conclusiones más relevantes.

Metodología

Definición y antecedentes de la multifuncionalidad agraria

Según la OCDE (2001), el concepto de multifuncionalidad caracteriza a los sistemas productivos en los que se verifican las siguientes tres circunstancias: a) la existencia de

3. La presente investigación se basa en la *Economía del Bienestar* clásica, que asume que las decisiones públicas deben tomarse al objeto de mejorar las condiciones generales de vida de todos los ciudadanos (maximización del bienestar colectivo). En este sentido, se asume que la intervención pública en la vida socioeconómica de un país/región tiene su fundamento en dos supuestos básicos: primero, que se dispone de información completa que permite proponer instrumentos que optimicen el bienestar social y, segundo, que la política pública es diseñada por técnicos objetivos que se mueven a favor de la búsqueda del interés común.

procesos de *producción conjunta*, por los cuales se obtienen tanto bienes privados como otros bienes y servicios con características de externalidades, b) el carácter *bienes públicos*⁴ de estas externalidades, y c) la existencia de *fallos de mercado* derivados de una asignación de los factores productivos basada únicamente en la producción de los bienes privados (aquellos que remuneran la actividad productiva), circunstancia que puede traducirse en una infra(sobre)-producción de los bienes (“males”) públicos asociados a dichos bienes privados a través de los procesos de producción conjunta. Esta conceptualización de la multifuncionalidad ha sido aplicada en primera instancia a determinados sectores económicos, en especial a la agricultura.

La multifuncionalidad puede considerarse desde un doble punto de vista: positivo y normativo. La multifuncionalidad interpretada de manera *positiva* hace referencia a las características objetivas de los sectores analizados en cuanto a las funciones que estos desempeñan y sus efectos sobre el bienestar social. Si bien existe un gran número de funciones específicas que desempeñan los sistemas agrarios según su localización y sistema de gestión, la mayoría de los autores las agrupan en funciones genéricas de tipo económico, social y ambiental (Abler, 2001; Kallas et al., 2007a; Reig, 2007; Cooper, 2009).

Basándose en la literatura comentada, se ha establecido un catálogo inicial de las múltiples funciones específicas que desempeñan los agroecosistemas en Andalucía dentro de cada una de las funciones genéricas anteriormente enumeradas. La estructura jerár-

quica resultante (funciones genéricas y específicas) ha sido discutida con un panel de ocho expertos en temas agrarios de la región procedentes tanto del mundo académico como de la administración autonómica. Entre los primeros cabe señalar la participación de especialistas de diferentes disciplinas científicas: economía agraria (2), sociología y desarrollo rural (2), ecología y gestión medioambiental (2). Por su parte, como representantes de la administración, han estado presentes en este panel dos técnicos pertenecientes a las consejerías de agricultura y medioambiente. Las aportaciones de este panel de expertos se realizaron durante una única sesión de trabajo conjunta organizada monográficamente sobre el tema. Fruto de este debate se pudo consensuar, en primer lugar, la idoneidad de la estructura jerárquica propuesta para la realización de un trabajo encaminado a cuantificar las demandas de la sociedad sobre la multifuncionalidad agraria. En segundo lugar, este debate ha permitido seleccionar las funciones específicas más relevantes para el caso de estudio, que serán las que se consideren en la aplicación empírica a realizar. Tales funciones específicas son las que aparecen en la figura 1.

Así, dentro las funciones económicas a desempeñar por la agricultura cabe diferenciar entre aquéllas relacionadas con la generación de bienes privados, que son remunerados por los mercados y permiten garantizar la “viabilidad de las explotaciones agrarias”, y aquéllas generadoras de bienes semi-públicos como son el “garantizar la suficiencia alimentaria y la generación de riqueza”⁵. Por su parte, la función genérica ambiental

4. Los *bienes públicos* son caracterizados por la Teoría Económica como aquéllos que cumplen los principios de la no-rivalidad (el consumo del bien por parte de un individuo no priva al resto de consumirlo, puesto que el coste marginal de provisión es nulo) y la no-exclusión (un individuo no puede ser excluido de su disfrute o perjuicio).

5. En carácter de bien público/privado de la seguridad alimentaria y la generación de riqueza para el conjunto de la sociedad ha sido ampliamente debatido por la literatura. En cualquier caso cabe concluir que éstas deben caracterizarse como *bienes públicos impuros*, en la medida que sí cumplen la característica no-exclusión, pero no la de no-rivalidad (el consumo de alimentos/riqueza por parte de un individuo priva al resto de consumirlos). Así, la

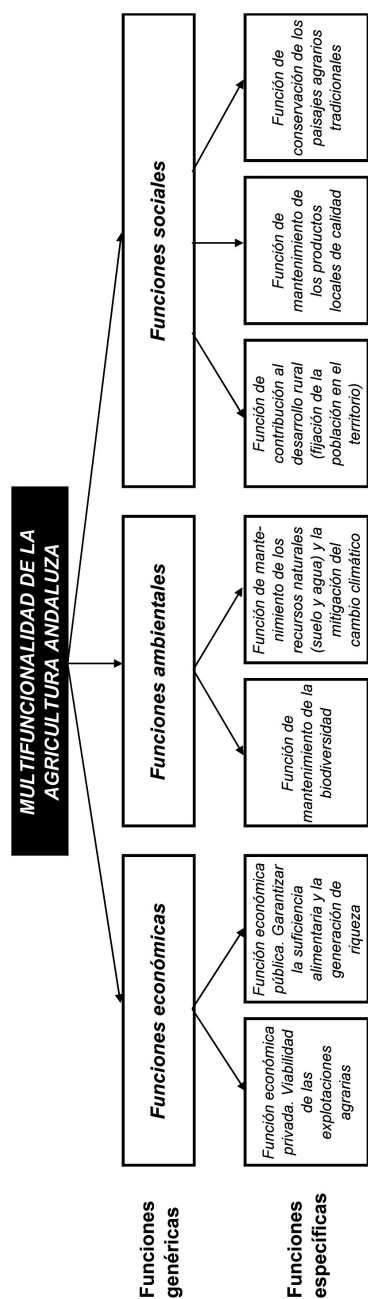


Figura 1. Estructura jerárquica de las funciones de la agricultura andaluza: funciones genéricas y específicas.
 Figure 1. Hierarchical structure of the functions of the Andalusian agriculture: generic and specific functions.

se ha considerado conveniente desglosarla en dos funciones específicas: a) mantenimiento de la biodiversidad y b) mantenimiento de los recursos naturales (suelo y agua) y la mitigación del cambio climático. Finalmente, en el ámbito social se han tipificado tres funciones específicas: a) contribución al desarrollo rural, b) mantenimiento de los productos locales de calidad y c) conservación de paisajes agrarios tradicionales. En este sentido debe señalarse que el desempeño de todas las funciones ambientales y sociales permite proveer a la sociedad de bienes y servicios de carácter público, de ahí su apelativo de “funciones no comerciales”.

Por otro lado la multifuncionalidad agraria también puede abordarse desde una visión *normativa*, asociada a un conjunto de juicios de valor sobre la importancia que debe asignarse a estas funciones. Esta investigación analiza cómo se entiende esta acepción de la multifuncionalidad agraria en Andalucía hoy en día, partiendo de la máxima de que es el conjunto de la sociedad regional el que debe establecer de forma democrática los juicios de valor en que ha de apoyarse esta conceptualización normativa.

Para finalizar este apartado deben mencionarse algunos antecedentes relevantes para esta investigación. En primer lugar deben citarse los estudios de opinión pública realizados por organismos oficiales. En este sentido destaca el *Eurobarómetro* especial de agricultura, realizado anualmente por la Comisión Europea (EC, 2010) para conocer la opinión de los ciudadanos de la UE respecto a los diversos temas relacionados con la política agraria y de desarrollo rural. Asimismo cabe resaltar el *Agrobarómetro de Andalucía*, realizado por el Instituto de Es-

seguridad alimentaria y la generación de riqueza entran dentro de la categoría de bienes denominados técnicamente como “de acceso libre”. Tal circunstancia ha motivado que en este documento dicha función sea tratada como intermedia entre la función comercial o privada “viabilidad de las explotaciones agrarias” y las funciones no comerciales o públicas de carácter ambiental y social.

tudios Sociales Avanzados del CSIC para la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía (IESA, 2009), a través del cual se analiza la opinión de los andaluces respecto a temas relacionados con la agricultura y el mundo rural en esta comunidad autónoma. En ambos estudios de opinión se recoge información sobre las funciones que deberían desarrollar la agricultura en Europa y Andalucía, respectivamente. Sin embargo, por el formato de las preguntas realizadas, los encuestados responden a estas cuestiones valorando de manera aislada dichas funciones, puntuándolas en escalas de van de 1 a 10 en el Eurobarómetro o de 1 (poco importante) a 5 (muy importante) en Agrobarómetro. Por este motivo de sus resultados no se puede extraer la función de demanda social que necesitaría el legislador para poder diseñar de manera eficiente la política. Efectivamente, el encuestado no se enfrenta a las restricciones reales que existen en el diseño de una política, por las cuales, perseguir un determinado objetivo, merma la capacidad de alcanzar el resto (conflicto y *trade-off* entre objetivos). Por este motivo, creemos que este tipo de estudios no son adecuados para la definición precisa de las prioridades políticas que deben articular la implementación de las políticas agrarias (Hall *et al.*, 2004).

Entre los trabajos de opinión pública que abordan la multifuncionalidad agraria andaluza, podemos mencionar como antecedentes los trabajos de Gómez-Limón *et al.* (2007) y Salazar *et al.* (2009). El primero de ellos utiliza datos procedentes del Agrobarómetro de Andalucía, presentando las limitaciones antes apuntadas (medición de las preferencias sociales a través de simples escalas likert). Por su parte, el segundo se basa en los datos de una encuesta realizada *ad hoc* que permite emplear la metodología AHP para la estimación de las preferencias sociales, técnica que se aplica igualmente en la presente investigación. Asimismo, deben señalarse otros

trabajos relacionados que abordan el análisis de la demanda de la multifuncionalidad agrarias desde una perspectiva más local o meramente sectorial, como el de Sayadi y Calatrava (2001), que analizan el caso de la agricultura de la Alpujarra granadina, los de Parra *et al.* (2005) y Arriaza y Nekhay (2010), centrados en el olivar andaluz, y el de Kallas *et al.* (2008), que compara las preferencias sociales en relación con distintos sistemas agrarios marginales.

A la luz de estos antecedentes, debe señalarse que la relevancia del trabajo ahora presentado no reside en una innovación de carácter metodológico ni en el ámbito geográfico analizado, sino que éste se justifica por el interés actual de la temática abordada. Efectivamente, los resultados de la investigación planteada deberían servir, en primer lugar, para confirmar si las preferencias sociales sobre la multifuncionalidad agraria cambian significativamente con el paso del tiempo, máxime cuando en los últimos años se ha producido un cambio radical en el ciclo económico; mientras que los estudios antes citados se realizaron en un contexto de expansivo de la economía, la presente investigación recoge la opinión ciudadana en una época de profunda crisis. En segundo lugar, la información derivada del análisis planteado puede resultar pertinente durante el actual período de reflexión y propuestas de cara a la próxima reforma de la Política Agraria Común (PAC), que se espera se aplique a partir del año 2013.

Cuantificación de las preferencias sociales:
el proceso analítico jerárquico

Existen varias metodologías disponibles para determinar la importancia o peso relativo que un centro de decisión (el conjunto de la sociedad en nuestro caso) otorga a cada criterio a considera en la toma su toma de decisiones (funciones desempeñadas por la

agricultura en nuestro caso). Estas metodologías incluyen los sistemas de asignación de puntos, el proceso analítico jerárquico (en inglés *Analytical Hierarchy Process* o, abreviadamente, AHP), la estimación de tasas de intercambio (*trade-offs*), el método SMART, la ponderación *swing* o modelos de regresión (Weber y Borchering, 1993). Varios autores han intentando evaluar cuál de estos métodos ofrece mejores resultados. Sin embargo, como apuntan Pöyhönen y Hämäläinen (2001), no se han revelado diferencias significativas en estos estudios comparativos, por lo recomiendan que sean los investigadores los que elijan el método a emplear en función de las características particulares del estudio empírico a implementar. En este sentido, para esta investigación se ha optado por un método de ponderación que se ajuste adecuadamente a la estructura jerárquica de las funciones desempeñadas por la agricultura (funciones genéricas y específicas) y que sea aplicable de forma realista a una muestra grande de personas que no tienen entrenamiento específico en este tipo de métodos. Ambas circunstancias justifican que se haya elegido finalmente el método del AHP, siguiendo asimismo las recomendaciones de Hall *et al.* (2004).

Para una presentación detallada de la metodología AHP, remitimos al lector interesado a Saaty (1980). En todo caso a continuación realizamos una breve explicación de este método.

La metodología AHP fue creada por Saaty (1980) como técnica estructurada pero flexible para la toma de decisiones en contexto multicriterio. Ésta se basa en la formalización de problemas de decisión complejos empleando una estructura jerárquica. Dentro de esta estructura jerárquica, la importancia relativa o ponderaciones (w_i) de las funciones genéricas y las funciones específicas se obtienen mediante una serie de comparaciones por pares, que determinan la in-

tensidad de preferencia entre cada par de opciones consideradas. Para ello, como propone Saaty (1980), se ha utilizado una escala lineal que va de 1 (igual importancia entre funciones) a 9 (importancia absoluta de una función sobre la otra). De esta forma, para determinar la importancia relativa de cada una de las funciones propuestas, los encuestados (individuos muestreados como representantes del conjunto de la sociedad) deben realizar dos tipos de comparaciones: (a) comparaciones por pares de las tres funciones genéricas, y (b) comparaciones por pares entre las funciones específicas consideradas dentro de cada función genérica. La estructura jerárquica del AHP motiva que los pesos obtenidos en cada nivel sumen siempre la unidad. Por ello, para poder comparar posteriormente la importancia relativa de las diferentes funciones específicas propuestas, se hace necesario obtener los correspondientes pesos normalizados. Estos pesos normalizados resultan de multiplicar los pesos de cada función específica por la ponderación de la función genérica correspondiente.

En principio esta técnica del AHP se pensó para decisores individuales, pero pronto se extendió como técnica válida para la decisión de grupos (Easley *et al.*, 2000). Este último es el caso que nos afecta, en la medida que la ponderación de las funciones debe hacerla el conjunto de la muestra extraída de la sociedad analizada. En este sentido, cabe señalar que la síntesis de la opinión pública de la sociedad andaluza se ha realizado siguiendo el procedimiento propuesto por Forman y Peniwati (1998), que para decisiones de grupo en el ámbito social sugieren como más adecuado el método de agregación de ponderaciones individuales estimado a través de la media geométrica:

$$w_i = \sqrt[m]{\prod_{k=1}^{k=m} w_{ik}} \quad \forall i$$

donde w_i es el peso agregado de la función i , w_{ik} representa el peso que el individuo k otorga a la función i y m es el tamaño del grupo de individuos considerados.

Estudio de opinión pública

Para recoger información acerca de la opinión pública de la sociedad de la Comunidad Autónoma Andaluza, se ha realizado una encuesta *ad hoc*. Así, se ha elaborado un cuestionario específico⁶, en el cual se han incluido 8 preguntas en la que se plantean las comparaciones por pares (a_{ijk}) requeridas para la aplicación de la metodología AHP

propuesta. A partir de estas respuestas se han podido obtener las ponderaciones individuales de cada función desempeñadas por la agricultura andaluza (w_{ik}). Adicionalmente se han añadido otras 8 cuestiones para la caracterización sociodemográfica y económica de los encuestados, que como posteriormente se comentará, han sido empleadas para el análisis de la heterogeneidad de la opinión pública a este respecto.

Al objeto de lograr resultados representativos del conjunto de la sociedad andaluza, se extrajo una muestra de 513 individuos entre la población regional mayor de 18 años. La ficha técnica de la encuesta se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Ficha técnica de la encuesta
Table 1. Survey technical information

Población objeto de estudio	Personas residentes en Andalucía con edades iguales o superiores a 18 años (6.540.286 personas según el Padrón de habitantes de 2009 del Instituto de Estadística de Andalucía).
Tamaño de la muestra	513 entrevistas.
Tipo de entrevista	Presencial mediante cuestionario, realizada en lugares públicos.
Tipo de muestreo	Polietápico, estratificado por conglomerados (afijación proporcional al tamaño del hábitat), con selección de las unidades primarias de muestreo (municipios) mediante un procedimiento aleatorio proporcional, y selección de las unidades últimas de muestreo (individuos) mediante rutas aleatorias y cuotas de sexo y edad.
Error	El nivel de error absoluto máximo esperado de los resultados de la encuesta, para las frecuencias de cada variable, es de $\pm 4,4\%$, para un nivel de confianza del 95%, 2 sigmas $p = q = 0,5$.
Fechas de trabajo de campo	Entre los meses de mayo y julio de 2010.

Fuente: Elaboración propia.

Source: Own elaboration.

6. Al objeto de que los lectores interesados puedan profundizar en la metodología seguida en esta investigación, los autores ponen a su disposición, a través de una petición expresa, los materiales de encuestación empleados (cuestionario y tarjetas).

Tabla 2. Caracterización sociodemográfica y económica de la muestra
 Table 2. Economic and social characterization of the sample

Variables sociodemográficas y económicas		Muestra	Andalucía	Estadístico χ^2	
				Valor	p-valor
Edad (años)	18-35	33,3%	34,6%	0,41	0,815
	36-55	36,6%	36,3%		
	>55	30,0%	29,1%		
Sexo	Varón	49,9%	49,5%	0,03	0,862
	Mujer	50,1%	50,5%		
Tamaño del municipio residencia (habitantes)	<10.000	23,4%	20,3%	3,68	0,159
	10.000-50.000	29,4%	29,1%		
	>50.000	47,2%	50,7%		
Nivel de estudios	Sin estudios	10,1%			
	Primarios	28,5%			
	Secundarios	40,5%			
	Universidad	17,9%			
	NS/NC	2,9%			
Ingresos unidad familiar (euros/mes)	<1.000	15,0%			
	1.000-2.000	34,1%			
	2.001-3.000	21,1%			
	3.001-4.000	5,8%			
	>4.000	1,4%			
	NS/NC	22,6%			
Número de hijos	0	39,0%			
	1	22,8%			
	2	24,0%			
	3 o más	14,2%			
Relación mundo rural (sólo para municipios >50.000 habitantes)	Mínima	15,4%			
	Reducida	7,4%			
	Moderada	10,7%			
	Importante	5,7%			
	Muy importante	1,9%			
	NS/NC	58,9%			
Relación con la actividad agraria	Mínima	73,5%			
	Reducida	11,1%			
	Moderada	6,6%			
	Importante	6,2%			
	Muy importante	1,9%			
	NS/NC	0,6%			

Fuente: Elaboración propia.

Source: Own elaboration.

En la tabla 2 se describe de forma sumaria la caracterización sociodemográfica y económica de la muestra de la población finalmente considerada⁷. Éstas son las variables que posteriormente se emplearán para el análisis de la heterogeneidad de la opinión pública en relación con la multifuncionalidad agraria.

Análisis de conglomerados

El análisis de conglomerados o de grupos (*cluster* en su terminología anglosajona) es una técnica de análisis multivariante ampliamente utilizada para la detección de grupos homogéneos a partir de determinadas variables clasificatorias. Dicha técnica se ha empleado en este trabajo para determinar, en primer lugar, la existencia de grupos homogéneos de ciudadanos en función de las ponderaciones otorgadas a cada una de las funciones que debe cumplir la agricultura. Esta tipificación permitirá, en una segunda fase, determinar qué variables socioeconómicas presentan diferencias estadísticamente significativas entre grupos. De esta manera podrá confirmarse (o no) la hipótesis de que las opiniones de los individuos sobre la multifuncionalidad agraria están condicionadas por su lugar de residencia y por otras características personales.

Los procedimientos de agregación de conglomerados de *k*-medias y jerárquicos son los habitualmente utilizados para la obtención de los grupos, a pesar de los problemas que estos presentan en relación con la selección inicial de los núcleos centrales (centroides) y el número de grupos, respectivamente (Bacher, 2000; Everitt *et al.*, 2001). No obstante, cuando las variables clasificatorias son continuas, como en nuestro caso ocurre con los pesos de las funciones de la agricul-

tura, y el número de casos no es muy elevado, la mayoría de los autores se inclinan por el procedimiento de agregación jerárquico, el cual permite "controlar" la evolución de las sucesivas particiones del conjunto de casos. Alternativamente, en el caso de muestras de gran tamaño (miles de casos) y/o la consideración simultánea de variables continuas y categóricas como variables clasificatorias, se recomienda el procedimiento de extracción de conglomerados de dos fases, basado en el Criterio de Información de Akaike (AIC) o el Criterio de Información Bayesiana (BIC) (Chiu *et al.*, 2001).

Teniendo en cuenta el tamaño de la muestra, 513 casos, y el tipo de variables clasificatorias del presente estudio, hemos optado por tipificar a los elementos de la muestra (personas entrevistadas) en función de sus opiniones sobre las funciones que debe cumplir la agricultura siguiendo el procedimiento de agregación jerárquico. Así, como variables clasificatorias se han utilizado los pesos de las siete funciones específicas, como método de agregación se ha seguido el método de vinculación inter-grupos, y como medida de la distancia se ha empleado la euclídea al cuadrado.

Si bien existen algoritmos específicos que ayudan a decidir el número óptimo de grupos (Jung *et al.*, 2003), como hemos indicado, es habitual realizar el análisis con diferentes número de grupos y, posteriormente, en función de la distribución de los casos y de los valores medios que alcanzan las variables relevantes para el estudio en cada grupo decidir qué número de grupos es el más adecuado. Este procedimiento para decidir el número de conglomerados a considerar finalmente ha sido el seguido igualmente en este trabajo.

7. Las pruebas estadísticas de representatividad de la muestra indican que, en relación con las variables edad, sexo y tamaño del municipio de residencia, no hay diferencias estadísticamente significativas entre ésta y la población objetivo.

Caso de estudio: la agricultura andaluza

Los usos agrarios del suelo resultan ser, de largo, los más importantes en Andalucía. Así la Superficie Útil Agraria (SAU) ocupa el 58% del territorio andaluz (el 42% son tierras de cultivo y el 12% prados y pastizales). Le siguen gran distancia los usos forestales

(30%) y otras superficies (16%) (MARM, 2010). La tabla 3 muestra cómo se distribuyen las 3,65 millones de hectáreas cultivadas de la región según grupos de cultivos, diferenciado entre secano y regadío, así como su contribución a la Producción Final Agraria (PFA) de Andalucía.

Tabla 3. Distribución de las tierras de cultivo y contribución a la PFA en Andalucía
Table 3. Crop land distribution and Agricultural Product Value contribution in Andalusia

Cultivo	Secano	Regadío	Total	PFA
Olivar	37,4%	55,7%	42,3%	23,1%
Cereales	25,0%	9,9%	21,0%	9,1%
Girasol	12,8%	2,0%	9,9%	3,3%
Barbechos	12,4%	1,1%	9,3%	0,0%
Frutales	7,0%	11,4%	8,2%	19,6%
Hortícolas	0,1%	9,0%	2,5%	36,2%
Forrajeras	1,9%	1,1%	1,7%	1,6%
Algodón	0,2%	5,7%	1,6%	0,9%
Viñedo	1,2%	0,4%	1,0%	1,1%
Leguminosas	1,3%	0,1%	1,0%	0,1%
Resto de cultivos	0,9%	3,5%	1,6%	5,1%
Total Andalucía	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
	2.671.215 ha	980.135 ha	3.651.351 ha	8.093 M€

Fuentes: CAP (2010) y MARM (2009).

Source: CAP (2010) and MARM (2009).

Atendiendo al tipo de agricultura, cabe comentar cómo el regadío andaluz, con aproximadamente un cuarto de la superficie cultivada, constituye un sector estratégico para la agricultura regional, el cual genera casi el 60% de la PFA y del empleo del sector agrario. Más de la mitad de la superficie regada en Andalucía corresponde al olivar (55,7%), seguido a mucha distancia por los cultivos frutales, con el 11,4% de la superficie regada. A estos beneficios sociales y económicos

hay que añadir su importancia ambiental, ya que el regadío consume casi el 80% de los recursos hídricos de la región.

En términos de ocupación del territorio, el cultivo estrella en Andalucía es el olivar, con el 42,3% del total de superficie cultivada (el 95% de este olivar se destina a la producción de aceite de oliva y el resto a aceituna de mesa), seguido por los cereales (21,0%), representando ambos grupos de cultivos

casi dos tercios de las tierras cultivadas andaluzas. La relevancia del olivar va más allá del valor absoluto de tierras ocupadas, ya que más del 40% de esta superficie, esto es, más de medio millón de hectáreas, se localiza en zonas con más de un 15% de pendiente, en las cuales no existen otras alternativas productivas. Es en estas zonas en donde el olivar juega un papel clave tanto desde el punto de vista social, contribuyendo a la fijación de la población, como ambiental, siendo un cultivo que reduce el riesgo de erosión y minimiza el riesgo de incendio.

En términos económicos, si analizamos la contribución de los diferentes cultivos a la PFA de Andalucía, más de un tercio de ésta proviene de los cultivos hortícolas, los cuales sólo ocupan el 2,5% de la superficie cultivada andaluza. Destaca la contribución de los invernaderos de Almería, cuya producción representa aproximadamente la mitad del total del valor de los hortícolas de Andalucía. Le sigue en importancia el olivar, con casi un cuarto de la PFA andaluza (23,1%), seguida de cerca por la producción frutícola (19,6%), si bien su ocupación territorial es cinco veces menor. La mayor importancia económica de los cultivos hortícolas (incluyendo los cultivos protegidos) queda reflejada en términos de ingresos por hectárea: mientras una hectárea de cultivos hortícolas en 2009 generó, por término medio, 32.350 euros, una de frutal se quedó en 5.315 euros y una de olivar en 1.212 euros.

La extensión del sector agrario en Andalucía antes comentada permite afirmar que se trata de la única actividad económica que está presente en todos los municipios de la región, generando empleo y fijando población a lo largo y ancho de todo el territorio andaluz. Para cuantificar la importancia del papel social de la actividad agraria, además de las cifras de empleo generadas mencionadas en la introducción (240 mil empleos directos), cabe comentar la existencia de

360 mil explotaciones, de las cuales el 75% están gestionadas por sus propietarios, de los cuales dos tercios tienen la agricultura como principal actividad laboral (INE, 2008). Asimismo, puede comentarse en esta línea que en Andalucía, un 70% de su SAU se encuentra clasificada como "zona desfavorecida", predominando la superficie incluida en "zonas de montaña" (38% de la SAU andaluza). En estas zonas desfavorecidas es precisamente donde la actividad del sector primario resulta más relevante desde una perspectiva social, en la medida que en estos territorios éste supone, junto con el sector servicios, la única posibilidad de ocupación laboral de la población. Así, y a pesar de la elevada tasa de desempleo agrario (31% de media en el último lustro), la agricultura resulta ser un elemento decisivo de fijación de la población al territorio. Prueba de ello es que el riesgo de despoblación rural en el ámbito andaluz es muy inferior al nacional (CAP, 2009b).

La extensión territorial de la agricultura en Andalucía refleja también su relevancia desde una perspectiva ambiental, generando importantes impactos, tanto positivos como negativos. Respecto a los primeros, cabe apuntar que una parte significativa de la SAU andaluza se corresponde con sistemas agrarios de alto valor ambiental (*High Natural Value Farming*, EEA, 2004), sustentados en prácticas agrícolas y ganaderas extensivas que permiten compatibilizar actividad productiva y conservación del medioambiente. En concreto, las estadísticas oficiales señalan que el 35,3% de la SAU andaluza está destinada a actividades agrarias extensivas, porcentaje significativamente superior a la media española (19,9%) (CAP, 2009b). En ese mismo sentido debe señalarse que aproximadamente una tercera parte de la extensión de la Red Natura 2000 en Andalucía (2,59 millones de hectáreas; el 29,6% del territorio de la comunidad autónoma) está

dedicada a usos agrarios (CAP, 2009b): dehesas, como sistemas agro-silvo-pastorales (482.225 ha; el 18,62% de la Red Natura 2000 andaluza), pastos (380.116 ha; 14,68%) y cultivos (217.999 ha; 8,41%). En esta misma línea, además de la conservación de estos espacios agrarios de valor ambiental, debe indicarse como impacto positivo de la agricultura andaluza los pasos que recientemente está dando en favor de una mayor sostenibilidad de la producción. Así, Andalucía es actualmente líder nacional en agricultura ecológica (537 mil ha; el 58% de la superficie nacional de este tipo de agricultura) e integrada (256 mil ha; el 40% de la superficie nacional de este tipo de gestión agraria).

Desde otra perspectiva debe indicarse que la agricultura andaluza también genera externalidades ambientales negativas. Así como cabe indicar que la intensificación de la actividad productiva del sector en las últimas décadas está detrás de importantes problemas ambientales de la región (CAP, 2009b): a) la erosión del suelo ligada a laboreos inapropiados, b) la utilización de recursos hídricos por encima de su disponibilidad, que está originando desecación de humedales y sobreexplotación y agotamiento de acuíferos, c) la contaminación de aguas y suelo por un uso inadecuado de fertilizantes y fitosanitarios, d) la fragmentación del territorio, deforestación y degradación paisajística por transformaciones intensas del medio, y e) la reducción en la diversidad y variedad genética de especies agrícolas cultivadas y de las razas ganaderas, que está conduciendo a la pérdida de algunas de las especies autóctonas más rústicas.

Como indican los datos anteriores, queda claro el carácter multifuncional (funcionalidad económica, social y ambiental) de la agricultura andaluza, circunstancia que justifica su elección como caso de estudio.

Resultados

Resultados agregados

Las ponderaciones agregadas para cada una de las funciones analizadas (media geométrica de las ponderaciones individuales de los encuestados), representativas de la opinión del conjunto de la sociedad andaluza, se recogen en la tabla 4. De tales resultados se deduce de manera nítida la gran importancia relativa de las funciones económicas que debe cumplir la agricultura, con una ponderación del 58,6%, frente a las funciones ambientales y sociales, con un peso del 27,1% y 14,3%, respectivamente, pesos que son estadísticamente diferentes según indica el análisis de la varianza⁸.

Analizando las funciones específicas, *Garantizar la suficiencia alimentaria y generación de riqueza*, con una ponderación del 33,0%, se presenta como la función más valorada por la población andaluza, seguida por la otra función económica, contribuir a la *Viabilidad de las explotaciones agrarias*, con un 25,6%. Destaca asimismo la importancia atribuida a la función ambiental de *Mantenimiento de los recursos naturales suelo y agua y mitigación del cambio climático*, con un 16,2%. Las funciones específicas de tipo social son poco valoradas, presentando un máximo del 6,7%

8. La prueba de comparación de medias *post-hoc* F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch indica que las tres funciones genéricas tienen medias estadísticamente diferentes, al igual que ocurre con las cinco primeras funciones específicas. En el caso de las dos últimas funciones sociales (mantenimiento de los productos locales de calidad y conservación de los paisajes tradicionales) la diferencia en las medias (4,1% y 3,5%, respectivamente) no fue estadísticamente significativa, esto es, la población no las valora de manera diferente.

Tabla 4. Ponderación de las funciones genéricas y específicas de la agricultura andaluza
 Table 4. Generic and specific functions weights of the Andalusian agriculture

Funciones genéricas	Funciones específicas	Ponderación
ECONÓMICAS	Viabilidad de las explotaciones agrarias	25,6%
Ponderación agregada = 58,6%	Garantizar la suficiencia alimentaria y generación de riqueza	33,0%
AMBIENTALES	Mantenimiento de la biodiversidad	10,9%
Ponderación agregada = 27,1%	Mantenimiento de los recursos naturales (suelo y agua) y mitigación del cambio climático	16,2%
SOCIALES	Contribución al desarrollo rural	6,7%
Ponderación agregada = 14,3%	Mantenimiento de los productos locales de calidad	4,1%
	Conservación de paisajes agrarios tradicionales	3,5%

Fuente: Elaboración propia a partir de 513 entrevistas personales en 2010.

Source: Own elaboration from 513 personal interviews in 2010.

para la *Contribución al desarrollo rural* y un mínimo del 3,5% para la *Conservación de paisajes agrarios tradicionales*.

Las ponderaciones de las funciones arriba indicadas apuntan la importancia que para la población de Andalucía tiene la provisión de bienes públicos y semi-públicos procedentes de la agricultura. En efecto, la suma de los pesos que otorgan los ciudadanos andaluces a las funciones ambientales y sociales alcanza el 41,4% del total. A ello habría que sumar la importancia relativa otorgada la función semi-pública de garantizar la suficiencia alimentaria y generación de riqueza (33,0%). Estas funciones, por definición, son las encargadas de suministrar bienes (y "males") públicos, que no son remunerados por el mercado y corren el peligro de derivar en fallos de mercado. Tal circunstancia justifica la intervención del sector público para asegurar su adecuada provisión a la sociedad.

A pesar de lo comentado anteriormente, también debe resaltarse la idea de que los resultados de la aplicación realizada evidencia que la sociedad andaluza considera igualmente a

la agricultura como una actividad básicamente productiva, en la medida que la importancia relativa del conjunto de funciones económicas, encargadas de proveer bienes y servicios privados o semi-públicos alcanza hasta el 58,6%.

Estos resultados pueden compararse con los obtenidos en estudios previos de opinión en relación con las funciones de la agricultura, tal y como se describe en la tabla 5.

Los resultados del presente estudio muestran una alta similitud con los obtenidos por Gómez-Limón *et al.* (2007), basados en el Agrobarómetro de Andalucía, y UAP (2010), basados en el Eurobarómetro de la Comisión Europea. Estos tres estudios sugieren que la población, andaluza en los dos primeros casos, y española en el tercero, priorizan las funciones económicas de la agricultura frente a las funciones ambientales y sociales. El peso ligeramente superior en el presente estudio de las funciones ambientales (27,1%) puede deberse a una mayor especificidad de las funciones planteadas al ciudadano (*Mantenimiento de la biodiversidad* y *Mantenimiento de los recursos natu-*

Tabla 5. Comparación de resultados con los obtenidos en estudios previos
 Table 5. Comparison of results with previous studies

		Presente estudio (2010)	Gómez-Limón <i>et al.</i> (2007)	UAP (2010)	Arriaza y Nekhay (2010)
Descripción del estudio	Ámbito de estudio	Andalucía	Andalucía	España	Prov. de Córdoba
	Objeto de análisis	Agricultura	Agricultura	Agricultura	Olivar de montaña
	Metodología	Comparación por parejas (AHP)	Selección de funciones	Selección de funciones	Comparación por parejas (AHP)
	Tamaño de la muestra	513	3.192	1.000	480
Ponderación de las funciones	Económicas	58,6%	58,8%	63,7%	18,3%
	Ambientales	27,1%	20,3%	19,9%	42,2%
	Sociales	14,3%	20,9%	16,4%	39,5%

Fuente: Elaboración propia.

Source: Own elaboration.

rales (suelo y agua) y mitigación del cambio climático), frente al Agrobarómetro y Eurobarómetro, que engloban estas funciones en una única denominada "Protección del Medio Ambiente".

En síntesis, los resultados del presente trabajo vienen a ratificar evidencias anteriores que apuntan a que la sociedad andaluza percibe al sector agrario como un sector principalmente económico, si bien tiene relevantes efectos colaterales de carácter ambiental y social.

Por último, como muestra de la idoneidad del enfoque metodológico seleccionado para determinar las preferencias de la sociedad, el método AHP, en la última columna se recogen los pesos asignados por los ciudadanos a las funciones de un sistema agrario concreto, el olivar de montaña, el cual se caracteriza por su baja productividad y alto valor ambiental (control de la erosión y prevención de incendios) y social (fijación de la población y valor paisajístico). Consecuentemente, el peso

que la sociedad asigna a las funciones económicas de este sistema agrario extensivo (18,3%) es mucho menor que el obtenido para el conjunto de la agricultura en Andalucía (58,6%), valorando para este sistema específico en mayor medida las funciones ambientales (42,2%) y sociales (39,5%).

Ponderación de las funciones genéricas según las características socioeconómicas de los entrevistados

Las relaciones estadísticamente significativas entre los pesos asignados a las funciones genéricas de la agricultura y las variables socioeconómicas aparecen en la tabla 6.

Como muestra esta tabla, las características socioeconómicas del ciudadano influyen de forma decisiva en la ponderación que los individuos asignan a las funciones de la agricultura. En el caso de la edad, los ciudadanos de mayor edad ponderan en mayor medida las funciones económicas de la agricultura y en menor medida las sociales. También es significativa la diferente ponderación

Tabla 6. Relaciones estadísticamente significativas entre funciones genéricas de la agricultura y variables socioeconómicas
 Table 6. Statistically significant relationships between generic functions of the agriculture and socio-economic variables

	Tamaño del municipio (coef. K)	Sexo (media)	Edad (coef. K)	Nivel de estudios (coef. K)	Número de hijos (coef. K)
Funciones económicas	-0,09		0,09		0,09
Funciones ambientales	0,06				
Funciones sociales	0,07	V = 12,9% M = 15,7%	-0,07	-0,10	-0,11

Nota: Relaciones estadísticamente significativas al 95% de confianza. Coeficientes de correlación de Kendall-Tau (K).

Fuente: Elaboración propia.

Source: Own elaboration.

ración de las funciones sociales entre hombres y mujeres, siendo estas últimas quienes dan más importancia a dichas funciones (con un peso de 12,9% y 15,7%, respectivamente). Contrariamente, los ciudadanos que declaran un mayor nivel educativo y los que tienen un mayor número de hijos valoran en menor medida estas mismas funciones sociales. En general, en los grandes núcleos urbanos, aunque las funciones económicas siguen siendo las más valoradas, lo son con menor intensidad que en las zonas rurales, incrementándose la importancia relativa de las funciones ambientales y sociales de la agricultura. No se encontraron relaciones estadísticamente significativas entre estas funciones y las variables socioeconómicas "nivel de ingresos" y "relación con la agricultura".

Si se analiza la relación entre estas variables socioeconómicas y las funciones específicas de la agricultura (ver tabla 7), se aprecia cómo los habitantes de municipios de mayor tamaño tienen una percepción de la importancia del mantenimiento de los recursos

naturales (agua y suelo) y la mitigación del cambio climático, así como de la conservación de paisajes agrarios tradicionales, por encima de la media de la población andaluza. Esta última función estética de la agricultura es menos valorada por los ciudadanos de mayor edad, siendo estas personas las que ponderan en mayor medida la viabilidad de las explotaciones agrarias, al igual que aquellos que tienen una estrecha vinculación con la agricultura, tienen mayores ingresos y número de hijos. No se encontraron relaciones estadísticamente significativas entre las funciones específicas de la agricultura y las variables socioeconómicas "sexo" y "nivel de estudios".

Como muestran las tablas anteriores, la opinión de la multifuncionalidad de la agricultura de los ciudadanos está estrechamente ligada a sus características socioeconómicas. Teniendo en cuenta esta heterogeneidad, en el siguiente apartado se clasifica a la población de Andalucía a partir de sus preferencias por estas funciones.

Tabla 7. Relaciones estadísticamente significativas al 95% de confianza entre funciones específicas de la agricultura y variables socioeconómicas
 Table 7. Statistically significant relationships at 95% confidence between specific functions of the agriculture and socio-economic variables

Funciones	Tamaño del municipio (coef. K)	Edad (coef. K)	Relación con la agricultura (coef. K)	Nivel de ingresos (coef. S)	Número de hijos (coef. K)
F. económ. Viabilidad de las explotaciones agrarias		0,09	0,12	0,10	0,08
Garantizar la suficiencia alimentaria y generación de riqueza			-0,16		
F. ambient. Mantenimiento de la biodiversidad					-0,08
Mantenimiento de los recursos naturales (suelo y agua) y mitigación del cambio climático	0,08				
Contribución al desarrollo rural				-0,12	
F. sociales Mantenimiento de los productos locales de calidad					
Conservación de paisajes agrarios tradicionales	0,08	-0,08			

Nota: Coeficientes de correlación de Kendall-Tau (K) y Spearman (S).

Fuente: Elaboración propia.

Source: Own elaboration.

Análisis de conglomerados

Siguiendo el procedimiento explicado anteriormente, a partir del análisis de conglomerados se obtuvieron cuatro grupos de ciudadanos basándonos en la ponderación que realizan de las siete funciones específicas que debe cumplir la agricultura andaluza. Un resumen de las características de los ciudadanos "tipo" de cada conglomerado, tanto en relación con su opinión acerca de la multifuncionalidad agraria (coordinadas de los centroides de los cluster) como sobre sus datos sociodemográficos (pruebas de significación de diferencias entre grupos), puede apreciarse en la tabla 8.

Estos grupos, mediante el análisis de frecuencias, presentan diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95% con el tamaño del municipio, el grado de relación del entrevistado con la agricultura, los ingresos de la unidad familiar y el tamaño de la misma. Por el contrario, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos y el resto de variables socioeconómicas (edad, sexo, nivel de estudios y relación con el mundo rural). A partir del peso medio de cada una de las funciones en cada grupo y de los valores que alcanzan las variables socioeconómicas estadísticamente significativas, cabe describir cada uno de los cuatro grupos obtenidos como sigue:

Tabla 8. Valores medios de las funciones específicas para cada cluster (centroides) y variables socioeconómicas estadísticamente significativas
Table 8. Means of specific functions for each cluster (centroids) and statistically significant socioeconomic variables

Funciones específicas de la agricultura	Agraristas	Productiv.	Humanistas	Ambiental.	F ANOVA (p-valor) Pruebas F post-hoc R-E-G-W
Viabilidad de las explotaciones agrarias	0,613 ^a	0,110 ^b	0,130 ^b	0,121 ^b	1.641,0 (0,0000) <i>a > b</i>
Garantizar la suficiencia alimentaria y generación de riqueza	0,103 ^c	0,583 ^a	0,151 ^b	0,102 ^c	1.644,8 (0,0000) <i>a > b > c</i>
Mantenimiento de la biodiversidad	0,089 ^b	0,085 ^b	0,276 ^a	0,098 ^b	61,2 (0,0000) <i>a > b</i>
Mantenimiento de los recursos naturales (suelo y agua) y mitigación del cambio climático	0,113 ^c	0,136 ^b	0,081 ^c	0,405 ^a	201,9 (0,0000) <i>a > b > c</i>
Contribución al desarrollo rural	0,044 ^c	0,051 ^c	0,162 ^a	0,092 ^b	53,8 (0,0000) <i>a > b > c</i>
Mantenimiento de los productos locales de calidad	0,032 ^c	0,028 ^c	0,090 ^a	0,061 ^b	33,0 (0,0000) <i>a > b > c</i>
Conservación de paisajes agrarios tradicionales	0,006 ^b	0,007 ^b	0,110 ^a	0,122 ^a	115,0 (0,0000) <i>a > b</i>

Fuente: Elaboración propia.

Source: Own elaboration.

Tabla 8. Valores medios de las funciones específicas para cada cluster (centroides) y variables socioeconómicas estadísticamente significativas (continuación)
 Table 8. Means of specific functions for each cluster (centroids) and statistically significant socioeconomic variables (continuation)

Variables socioeconómicas	Pruebas de sig. de diferencias entre grupos			
	Agraristas	Productiv.	Humanistas	Ambiental.
Tamaño del municipio	31%	21%	26%	14%
residencia (habitantes)	23%	35%	21%	30%
>50.000	46%	44%	53%	57%
<i>Total cluster</i>	100%	100%	100%	100%
Relación con la agricultura	62%	84%	70%	67%
Mínima	13%	8%	14%	15%
Reducida	8%	6%	7%	5%
Moderada	13%	1%	9%	8%
Importante	3%	1%	0%	4%
Muy imp.	100%	100%	100%	100%
Ingresos de la unidad familiar (euros/mes)	12%	25%	26%	9%
<1.000	41%	42%	35%	63%
1.000-2.000	33%	25%	28%	23%
2.001-3.000	11%	7%	9%	2%
3.001-4.000	2%	1%	2%	4%
>4.000	100%	100%	100%	100%
Número de hijos	30%	42%	44%	43%
Sin hijos	27%	18%	33%	22%
1	24%	26%	11%	27%
2	19%	14%	12%	8%
3 o más hijos	100%	100%	100%	100%
<i>Total cluster</i>	100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia.
 Source: Own elaboration.

- *Productivistas*. Es el grupo más numeroso, con casi la mitad de la muestra (46%). Para ellos el principal objetivo es garantizar la suficiencia alimentaria y la generación de riqueza, el cual alcanza un peso del 58% frente a un peso general del 33% para este objetivo. En este grupo hay una mayor concentración relativa de ciudadanos residentes en municipios de entre 10.000 y 50.000 habitantes, cuya relación con la agricultura es mínima en el 84% de los casos.
- *Agraristas*. Es el segundo grupo en importancia, con el 28% de la muestra. Los integrantes de este grupo ponderan en mayor medida la viabilidad de las explotaciones agrarias (61% frente al general del 26%). Existe una mayor representación de ciudadanos que viven en municipios con menos de 10.000 habitantes, con una relación importante o muy importante con la agricultura y con ingresos familiares entre 2.000 y 3.000 euros. Es el grupo con un mayor número de hijos (1,33 frente a la media global de 1,13).
- *Ambientalistas*. Este conglomerado agrupa al 14% de la muestra. Para ellos, la función más importante que debe cumplir la agricultura es el mantenimiento de los recursos naturales (suelo y agua) y la mitigación del cambio climático, con un peso del 40% frente a un peso general del 16%. Asimismo, la importancia de la conservación de los paisajes agrarios tradicionales triplica la ponderación general. Se caracterizan por una mayor representación de ciudadanos que residen en municipios con más de 50.000 habitantes y con niveles de ingresos de entre 1.000 y 2.000 euros.
- *Humanistas*. Éste es el grupo menos numeroso (11% de los casos), que se caracteriza por su especial interés por las funciones sociales de la agricultura (contribución al desarrollo rural, mantenimiento de los productos locales de calidad y conservación de los paisajes agrarios tradiciona-

les), con un peso agregado de estas funciones del 25% frente a un peso general del 14%. También presentan una alta sensibilidad ambiental, con un peso del objetivo de mantenimiento de la biodiversidad del 28%. En este grupo tienen una mayor representación los ciudadanos con ingresos familiares inferiores a 1.000 euros.

Si bien el conjunto de variables socioeconómicas que determinan la percepción de los ciudadanos sobre la multifuncionalidad agraria varía según el sistema agrario analizado y su localización geográfica, el presente trabajo comparte con un gran número de estudios nacionales (Gómez-Limón y Gómez-Ramos, 2007; Kallas *et al.*, 2007b; Vera-Toscano *et al.*, 2007) la elección del lugar de residencia como una de las variables fundamentales a la hora de determinar las preferencias de la sociedad sobre las funciones que deben cumplir los sistemas agrarios.

Conclusiones

Ante una previsible regionalización del apoyo que el sector público concede a la agricultura europea es fundamental conocer qué funciones demanda la sociedad de este sector. El estudio analiza la ponderación que la sociedad andaluza hace de tres funciones genéricas del sector agrario (económica, ambiental y social), y siete específicas derivadas de las anteriores. Los resultados indican que la función económica del sector agrario es la más importante, con una ponderación del 59%, seguida por la función ambiental (27%) y la social (14%). Así, se pone de manifiesto cómo la sociedad andaluza demanda realmente un sector agrario multifuncional, que proporcione tanto productos comercializables de naturaleza privada (alimentos y materias primas) como bienes y servicios de naturaleza pública de carácter ambiental y social.

Si se analizan las funciones específicas de la agricultura, las dos más importantes son garantizar la suficiencia alimentaria, con una ponderación del 33%, y asegurar la viabilidad económica de las explotaciones (26%). Asimismo, el mantenimiento de los recursos naturales (agua y suelo) y la mitigación del cambio climático (16%) se presenta como una función relevante para los andaluces. Cabe mencionar la valoración, si bien menor, de otro tipo de funciones relacionadas con el patrimonio cultural de las zonas rurales como son el mantenimiento de productos locales de calidad y la conservación de paisajes agrarios tradicionales (ambos con un 4% de ponderación).

No obstante, los resultados indican la existencia de cierto grado de heterogeneidad dentro de la sociedad andaluza en relación con el grado de importancia que le dan a las distintas funciones de la agricultura. El análisis de esta heterogeneidad es de gran interés para conocer qué demanda cada grupo social, para posteriormente articular las medidas e instrumentos necesarios que cubran tales demandas. En este sentido puede destacarse que la característica sociodemográfica más determinante ha resultado ser el lugar de residencia, de manera que los ciudadanos urbanos, que *a priori* encarnan en mayor grado los valores postmaterialistas de las sociedades más desarrolladas, presentan una actitud más favorable a las nuevas funciones de la agricultura en los ámbitos ambiental y social.

Asimismo, cabe destacar la utilidad práctica de los resultados obtenidos para la evaluación de la política agraria. En este sentido cabría comenzar señalando que la existencia de una demanda a favor de una agricultura multifuncional, por sí sola, no justifica la existencia de un régimen de apoyo (subvenciones) al sector. Efectivamente, de los resultados obtenidos se deriva que el apoyo público al sector agrario está justificado

socialmente sólo en la medida que éste contribuya favorablemente al bienestar del conjunto de la sociedad que lo soporta; es decir, sólo en la medida que dicho apoyo incentive un mejor desempeño de las funciones más demandadas por los ciudadanos, tal y como aquí se ha detallado. Teniendo en cuenta esta consideración general, cabría hacer un juicio crítico sobre las propuestas de cambio de la PAC a partir de 2013 ya presentadas por la Comisión, que defienden la remuneración de la actividad agraria casi exclusivamente por la provisión de bienes públicos de tipo ambiental. En este sentido, los resultados de la investigación realizada han puesto de manifiesto cómo este giro de la política agraria no respondería plenamente a las preferencias de los ciudadanos andaluces. En efecto, los ciudadanos de esta comunidad autónoma estarían a favor de nuevos instrumentos políticos que mejoren la provisión de bienes ambientales (y sociales), pero no defenderían un tipo de apoyo público al sector agrario que estuviera totalmente desligado de su nivel productivo, ya que es precisamente esta actividad de generación de alimentos y materias primas la que contribuye a garantizar la suficiencia alimentaria y generación de riqueza en las zonas rurales, así como a mantener la viabilidad económica de las explotaciones agrarias, funciones económicas que tienen un respaldo muy importante por parte de la sociedad andaluza (peso agregado del 59%).

Para terminar cabría hacer alguna reflexión sobre el marco conceptual en que se basa la investigación. Como se comentó en la introducción, esta investigación parte del supuesto básico de que las decisiones públicas deben tomarse al objeto de mejorar las condiciones generales de vida de todos los ciudadanos (maximización del bienestar colectivo), siguiendo los dictados de la *Economía del Bienestar* clásica. Sin embargo, como

analiza la moderna *Teoría de la Elección Pública*, la toma de decisiones políticas en el mundo real de hoy en día no se corresponde verdaderamente con esta lógica. Efectivamente, cabe poner en duda la "benevolencia" y búsqueda del "interés común" de los gobiernos, en la medida que éstos están compuestos por políticos que se comportan como agentes que defienden sus propios intereses legítimos, bien sea partidistas (defender los intereses de sus votantes) o electoralistas (permanecer en el gobierno). Así, como se evidencia en numerosas ocasiones, cuando el Estado interviene, no siempre se puede asegurar que dicha intervención mejore el bienestar social; todo depende de la naturaleza y de las reglas del proceso político seguido para la toma de las decisiones, y especial de la capacidad de influencia de los diferentes grupos de presión involucrados. Por estos motivos, que exista un fallo de mercado no implica necesariamente que sea deseable la intervención pública.

Dentro de este contexto, debe quedar claro que la investigación aquí desarrollada ha tratado de establecer una serie de directrices para el diseño e implementación de la política agraria desde una perspectiva exclusivamente científica y objetiva, con el propósito de que ésta sea realmente una política realmente al servicio del conjunto de la ciudadanía. La consideración o no de las propuestas planteadas corresponden legítimamente a las instituciones encargadas del diseño de la política agraria, sobre las cuales influyen numerosos grupos de presión (partidos políticos, organizaciones profesionales agrarias, grupos ambientalistas, sindicatos, etc.). Con ello tan sólo se quiere hacer notar las limitaciones existentes para que los nuevos conocimientos generados (idealistas) puedan dar lugar a políticas concretas (pragmáticas) que mejoren el desempeño del sector agrario de cara a la sociedad.

Agradecimientos

Los autores agradecen los comentarios y sugerencias de los revisores anónimos, en la medida que han permitido una mejora sustancial del artículo. Esta investigación ha sido cofinanciada por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), el Ministerio de Ciencia e Innovación (MICIN) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través de los proyectos RTA2008-00022 y AGRIGOBERSOS (AGL2010-17560-C02-01).

Bibliografía

- AAA (Agencia Andaluza del Agua), 2007. *El agua en Andalucía. Horizonte 2020*. Fundación Centro de Estudios Andaluces, Sevilla.
- Abler D, 2001. *A synthesis of country reports on jointness between commodity and non-commodity outputs in OCDE agriculture*. Workshop on multifunctionality, Directorate for Food, Agriculture and Fisheries, OCDE, Paris.
- Analistas Económicos de Andalucía, 2009. *Informe anual del sector agrario en Andalucía 2008*. Unicaja, Málaga.
- Arriaza M, Nekhay O, 2010. Evaluación social multicriterio del territorio agrícola: El caso del olivar de baja producción. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 226: 36-69.
- Atance I, 2003. La provisión de bienes ambientales en el contexto de la multifuncionalidad agraria. En: C. Tió (ed.) *Las subvenciones agrarias europeas a debate*. Edición Akal, Madrid.
- Atance I, Tió C, 2000. La multifuncionalidad de la agricultura: Aspectos económicos e implicaciones sobre la política agraria. *Revista de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 189: 29-48.
- Bacher J, 2000. A probabilistic clustering model for variables of mixed type. *Quality and Quantity*, 34: 223-235.

- CAP (Consejería de Agricultura y Pesca), 2009a. *Plan estratégico para la agroindustria andaluza. Horizonte 2013*. Junta de Andalucía, Sevilla.
- CAP (Consejería de Agricultura y Pesca), 2009b. *Programa de Desarrollo Rural de Andalucía 2007-2013. Actualización febrero 2009*. Junta de Andalucía, Sevilla.
- CAP (Consejería de Agricultura y Pesca), 2010. *Avance macromagnitudes agrarias Andalucía 2009*. Junta de Andalucía, Sevilla.
- Chiu T, Fang D, Chen J, Wang Y, Jeris C, 2001. A robust and scalable clustering algorithm for mixed type attributes in large database environment. Proceedings of the 7th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining 2001, pp. 263-268.
- Cooper T, Hart K, Baldock D, 2009. *The provision of public goods through agriculture in the European Union*. Report Prepared for DG Agriculture and Rural Development, Contract No 30-CE-0233091/00-28, Institute for European Environmental Policy. London.
- Easley R, Valacich J, Venkataramanan M, 2000. Capturing group preferences in a multicriteria decision. *European Journal of Operational Research*, 125(1): 73-83.
- EC (European Commission), 2010. *Europeans, Agriculture and the Common Agricultural Policy*, Special Eurobarometer 336 / Wave 72.5, European Opinion Research Group (EEIG) - European Commission. Brussels.
- EEA (European Environment Agency), 2004. *High nature value farmland. Characteristics, trends and policy challenges*. EEA report No. 1. European Environment Agency, Copenhagen.
- Everitt BS, Landau S, Leese M, 2001. *Cluster analysis*. London: Arnold.
- Forman E, Peniwati K, 1998. Aggregating individual judgments and priorities with the Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, 108(1): 165-169.
- García Álvarez-Coque JM, Gómez-Limón JA (coords.), 2010. *"Chequeo Médico" de PAC y perspectivas de la Política Agraria Común tras 2013*. Eumedia-Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid.
- Gómez-Limón JA, Gómez-Ramos A, 2007. Opinión pública sobre la multifuncionalidad del regadío: el caso de Castilla y León. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 7(13): 3-25.
- Gómez-Limón JA, Moyano E, Vera-Toscano E, Garrido F, 2007. Actitudes y percepciones sociales sobre la multifuncionalidad agraria: El caso de Andalucía. *Revista de Estudios Regionales*, 80: 71-101.
- Hall C, McVittie A, Moran D, 2004. What does public want from agriculture and the countryside? A review of evidence and methods. *Journal of Rural Studies*, 20(2): 211-225.
- IEA (Instituto de Estadística de Andalucía). Contabilidad Regional Anual de Andalucía. Serie 1995-2009. Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa. Junta de Andalucía.
- IESA (Instituto de Estudios Sociales de Andalucía), 2009. *Opinión Pública, Agricultura y Sociedad Rural en Andalucía. (Agrobarómetro-2009). Informe Síntesis*, Informes y Monografías E-0932, IESA-CSIC. Córdoba.
- INE (Instituto Nacional de Estadística), 2008. *Encuesta sobre la estructura de las explotaciones agrícolas año 2007*. INE, Madrid.
- Jung Y, Park H, Du D, Drake BL, 2003. A decision criterion for the optimal number of clusters in hierarchical clustering. *Journal of Global Optimization*, 25: 91-111.
- Kallas Z, Gómez-Limón JA, Barreiro J, 2007a. Oferta y demanda de bienes y servicios públicos en la agricultura española. En J.A. Gómez-Limón y J. Barreiro. (coord.) *La multifuncionalidad de la agricultura en España. Concepto, aspectos horizontales, cuantificación y casos prácticos*, Madrid, Eumedia – Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Kallas Z, Gómez-Limón JA, Arriaza M, 2007b. Are citizens willing to pay for agricultural multifunctionality? *Agricultural Economics*, 36(3): 405-419.
- Kallas Z, Gómez-Limón JA, Arriaza M, 2008. Demand for non-commodity outputs from extensive agricultural systems. *New Medit. Mediterranean Journal of Economics, Agriculture and Environment*, VII(1): 4-12.

- MARM (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino), 2009. *Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid.
- MARM (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino), 2010. *Anuario de estadística 2009*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid.
- OECD (Organization for Economic Cooperation and Development), 2001. *Multifunctionality: Towards an analytical framework*. OCDE Publications, Paris.
- Parra C, Calatrava J, Haro T, 2005. Evaluación comparativa multifuncional de sistemas agrarios mediante AHP: aplicación al olivar ecológico, integrado y convencional de Andalucía. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 5(9): 27-55.
- Pöyhönen M, Hämäläinen RP, 2001. On the convergence of multiattribute weighting methods. *European Journal of Operational Research*, 129(3): 569-585.
- Reig E, 2007. Fundamentos económicos de la multifuncionalidad agraria. En J.A. Gómez-Limón y J. Barreiro. (coord.) *La multifuncionalidad de la agricultura en España. Concepto, aspectos horizontales, cuantificación y casos prácticos*, Madrid, Eumedia - Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Saaty TL, 1980. *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw Hill, New York.
- Salazar M, Sayadi S, Vázquez MJ, 2009. *Opiniones y demandas de la sociedad andaluza hacia la agricultura y la política agraria común: calidad alimentaria, medio ambiente y desarrollo rural*. Analistas Económicos de Andalucía, Málaga.
- Sayadi S, Calatrava J, 2001. *Análisis funcional de los sistemas agrarios para el desarrollo rural sostenible: Las funciones productiva, recreativa y estética de la agricultura en la Alta Alpujarra*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- UAP (Unidad de Análisis y Prospectiva-MARM), 2010. *Percepción social sobre agricultura y PAC*. Serie Agrinfo 18. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Vera-Toscano E, Gómez-Limón JA, Moyano Estrada E, Garrido Fernández F, 2007. Individuals' opinion on agricultural multifunctionality. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 5(3): 271-284.
- Weber M, Borcherding K, 1993. Behavioral influences on weight judgments in multiattribute decision making. *European Journal of Operational Research*, 67: 1-12.
- (Aceptado para publicación el 23 de febrero de 2011)

Estimación de los costes totales de los operadores logísticos de frío. ¿Son relevantes los costes externos en el transporte de alimentos perecederos?

S. Andrés

Grupo de Economía Internacional. Universidad Politécnica de Valencia. Dept. Economía y Ciencias Sociales. E.T.S. Ingenieros Agrónomos. Edificio 3B (2º planta). Camino de Vera, s/n. 46022 Valencia.
E-mail: silangle@upvnet.upv.es

Resumen

En este trabajo se analizan los costes totales que genera a los operadores logísticos de frío su actividad de transporte de alimentos perecederos en carga fraccionada. Utilizando datos para el año 2008, obtenidos directamente de una muestra de empresas porteadoras, se cuantifican socialmente dichos costes y se formula la estructura de precios, al objeto de detallar las divergencias que existen entre los costes externos y los costes privados del productor y compararlos con el precio final al que se ofrece el servicio. Se constata que el actual sistema de tarificación genera recursos suficientes para soportar los costes externos del transporte.

Palabras clave: carga fraccionada, mercancías perecederas, costes del productor, costes externos, precios.

Abstract

Low-temperature distribution companies: producer costs, external costs and prices at transport in part load of perishable freight. Is the externality value important?

In this paper we analyze the total costs generated to low-temperature distribution companies by the transport in part load of perishable freight. Using the data of 2008, which have been directly obtained from a sample of transport companies, the social costs and the tariff system are estimated with the aim of accentuating the difference between the external costs and producer costs, and comparing them with final prices. According to those calculations we can state that current tariff system offers enough resources to cover the external costs.

Key words: part load, perishable freight, producer costs, external costs, prices.

Introducción

Siguiendo la notación empleada en De Rus (2003), la función de producción de servicios de transporte de perecederos en carga fraccionada puede ser representada como una función matemática del tipo:

$$Q = f(K, V, L, G, RN, t) \quad [1]$$

donde Q es una cierta cantidad de servicios de transporte frigorífico que para ser producida requiere del uso de infraestructuras (K), como la carretera; vehículos (V), como los camiones frigoríficos articulados o de reparto; conductores y otro personal de apoyo (L), como comerciales y administrativos; energía, combustibles y repuestos (G); otros activos (RN), que se refieren principalmente

a los recursos naturales como el suelo; y tiempo (t) mientras las mercancías son trasladadas de un lugar a otro.

En la mayoría de los casos, los recursos naturales son bienes para los que no existe mercado. Por ello, el *input* RN es habitualmente aportado por la sociedad (pagado por el sistema público), de manera que las empresas porteadoras no asumen el coste de su utilización. Aquí subyace el problema de las externalidades que se generan en esta actividad de transporte: el impacto derivado de su producción, cuyo coste recae sobre la sociedad en su conjunto. Fundamentalmente son cinco los tipos de externalidad a los que nos referimos: polución, ruido, accidentes de tráfico, congestión y daños a la carretera. Mientras tanto, los costes asociados al resto de los *inputs* recaen sobre las empresas cargadoras (t) o porteadoras (K, V, L y G). En consecuencia, podemos afirmar que el transporte de alimentos genera tres tipos de costes en función de sobre quién recaen los mismos: costes del productor (costes privados asumidos por el transportista), C_p , costes del propietario de la mercancía (costes de tiempo asumidos por el cargador), C_C y costes externos (asumidos por agentes terceros ajenos al servicio de transporte), C_E . Así, el coste total del transporte (denominado habitualmente *coste social*) será:

$$CT = C_p + C_C + C_E \quad [2]$$

De acuerdo a lo anterior, el objetivo del presente trabajo es la identificación y estimación de los principales componentes que integran el coste total (C_p y C_E) y el precio final en la actividad de transporte por carretera en carga fraccionada realizada por operadores logísticos de frío (OLF)¹. Una vez determinados, se detallarán las divergencias que existen entre los costes externos y los costes privados del productor y se compararán con el precio final al que se ofrece el servicio.

En el transporte de perecederos el tiempo invertido es realmente importante, ya que la rapidez y fiabilidad de las entregas está inversamente relacionada con el coste de mantener un stock determinado de mercancía². Se trata de un consumo de tiempo cuyo coste recae sobre los propietarios de las mercancías que son transportadas. Dicho coste se define como la valoración monetaria del tiempo transcurrido entre la recepción y la entrega, incluyendo no sólo el tiempo de permanencia en el camión, sino también los tiempos de carga y descarga, los tiempos de espera y los tiempos de manipulación en las plataformas logísticas del operador. Para obtener una aproximación monetaria del valor del tiempo se enfrentan

1. El transporte de mercancías por carretera conforma un mercado tremendamente complejo, por dos razones fundamentales: el elevado número de empresas con acusado grado de atomización, lo que provoca la existencia de rendimientos a escala constantes o ligeramente crecientes (Blauwens *et al.*, 2007), y los altos niveles de competencia en que se basa el desarrollo de su actividad (Quinet y Vickerman, 2004; De Rus *et al.*, 2003). Dado el entramado de distintas empresas que ofrecen servicios de transporte por carretera (autónomos, agencias de transporte...), este trabajo enfoca su atención en la figura que más se ha consolidado en los últimos años en el sector de la alimentación perecedera, el operador logístico de frío, que es una empresa especializada en la realización de una amplia gama de actividades relacionadas con la logística a temperatura controlada: servicios de transporte y de gestión de transporte, servicios de gestión de la cadena de suministro, servicios de gestión de almacenes, gestión de sistemas de información...

2. Andrés y Compés (2009) han demostrado que en el transporte frigorífico de alimentos las especificidades temporales (asociadas tanto a las exigencias de los consignatarios como al carácter altamente perecedero del producto) son las más relevantes, incluso se anteponen en importancia a las inversiones en activos dedicados y localizados en las que en ocasiones incurre el OLF para realizar su actividad.

problemas, ya que el valor del tiempo difiere entre cargadores, pues depende de las condiciones particulares del producto (fecha de caducidad y variabilidad en sus cotizaciones) y de los requerimientos de los consignatarios de la mercancía (especialmente exigentes en el caso de la gran distribución, con horarios muy rígidos para la recepción y descarga y stock cero), y no es posible encontrar un valor como medida única. En consecuencia, a efectos de este trabajo se considerará como coste total a la suma de los costes privados del productor más los costes externos. El último componente del coste total, los costes del cargador, dado que no es posible atribuirle un valor único, queda excluido de nuestro análisis empírico.

Los análisis relativos a los costes de las actividades de transporte y a su tarificación han suscitado el desarrollo de una notable literatura en la que el lector interesado puede profundizar. Una revisión completa de los costes del transporte se encuentra en el trabajo de Pels y Rietveld (2000). La importancia de las economías de densidad y de escala ha sido abordada en diversos trabajos empíricos, entre los que puede consultarse Berechman (1987) y Caves y Christensen (1988). En la estimación de funciones de costes, los principales estudios sectoriales se resumen en Oum y Waters (1997). Aplicaciones específicas al transporte de mercancías se hallan en Daughety *et al.* (1985) y Harmatuck (1991).

Originados en los aportes de Newbery, son también numerosos los trabajos que analizan la tarificación, para cualquier tipo de usuario, por el uso de las infraestructuras en presencia de externalidades. Los primeros estudios de Newbery (1988, 1989, 1991) desarrollaron el análisis de la tarificación específica de las carreteras y, posteriormente, se han publicado trabajos que determinan las ventajas e inconvenientes de cualquier cambio tarifario en el sistema de transporte por carretera (Greene *et al.*, 1997; Ahlstrand,

2001), que permita adecuar los niveles de tráfico y reducir los actuales problemas derivados de las externalidades. Si bien es cierto que la mayoría de estos trabajos se refieren al análisis del transporte urbano, también los hay que han analizado esta cuestión a nivel interurbano (Sansom *et al.*, 2001; Vermeulen *et al.*, 2004). Sin embargo, resulta mucho más escasa la literatura económica que con carácter académico aborda los principios de la tarificación en el tráfico de mercancías, pues su análisis empírico conlleva graves dificultades prácticas, destacando la existencia de algunos estudios empíricos que se han planteado la necesidad de regular precios (Hurley, 1995) o las implicaciones económicas que la introducción de un impuesto especial (tonelada-kilómetro) al transporte de mercancías por carretera supondría para la economía europea (Barker y Köhler, 2000).

El problema de las externalidades y sus mecanismos de corrección se tratan habitualmente en el análisis microeconómico general, pero una definición específica para el caso del transporte se recoge en De Rus *et al.* (2003). Aplicaciones recientes para el caso español son el trabajo de Álvarez *et al.* (2007), que estima la estructura de precios óptimos (diferenciando por tipo de vehículo, vía y momento del tiempo) por el uso de la infraestructura para el transporte interurbano por carretera, fundamentándose en la valoración de las distintas externalidades, y el trabajo de Lera *et al.* (2007), que evalúa los costes medioambientales y de seguridad en el caso específico del transporte de mercancías por carretera. Diversos estudios en el ámbito europeo han estimado periódicamente los diferentes costes externos asociados a los distintos medios de transporte; los más significativos son el Proyecto INFRAS/IWW (2004) y UNITE (Betancor y Nombela, 2003). En otros países europeos destacan las estimaciones desarrolladas para el caso británico en Sansom *et al.* (2001) y para el caso holandés en Dings *et al.* (2003).

Después de esta introducción, la sección 2 describe los rasgos básicos de la recogida de la información primaria. En las secciones 3 y 4 se estiman los diferentes componentes que aproximan el coste social. En la sección 5 se formula el modelo de tarificación en la provisión de transporte frigorífico a carga fraccionada. La sección 6 integra todos los resultados, ofreciendo un análisis comparado entre costes externos, privados y precios. Finalmente, en la sección 7 se discuten las principales conclusiones del trabajo.

Generación de la información primaria

Como buena parte de la información requerida para alcanzar el objetivo planteado en este trabajo no se encuentra recopilada en fuentes estadísticas ni bases de datos acudiríamos a recogerla directamente de las empresas, que es donde se genera. Con ello, además de dotar a la investigación de una base empírica, se consigue disponer de unos datos fiables y actualizados que no podrían ser hallados de otro modo. En consecuencia, la investigación realizada se basa en un *estudio de casos*³: se ha seleccionado una muestra de 8 OLF que trabajan en carga fraccionada para el sector de la alimentación y se ha realizado una estructuración de sus costes unitarios (por palé), tarifas y precios. La información correspondiente a cada empresa⁴ se ha obtenido mediante la técnica de la entrevista en profundidad mediante pre-

guntas abiertas, dado que son mejores para que el OLF revele su auténtica experiencia.

En la elección de los OLF que conforman la muestra se ha seguido un procedimiento compuesto por varias etapas: recogida de información sobre los OLF existentes, depuración de la información y selección de las empresas a entrevistar. Se ha considerado que el estudio de casos sería ilustrativo en función de los objetivos de la investigación siempre que la elección se realice adecuadamente. Por tanto, en la designación de los OLF a analizar se ha privilegiado que todos ellos estén incluidos en el ranking de las 20 primeras empresas del sector por volumen de ventas en servicios frigoríficos⁵, que se muestra en el Cuadro 1. Un segundo criterio de selección ha sido que al menos seis de los OLF entrevistados estén dentro del top 10 en dicho ranking. De esta manera se ha conseguido que los OLF considerados en este trabajo representen el 50 por ciento de la facturación total del sector en servicios frigoríficos⁶. Todos los OLF entrevistados disponen de delegaciones en la Comunidad Valenciana, que es el ámbito geográfico al que queda restringido el trabajo de campo. Dicha restricción geográfica es imprescindible, pues habría dificultado enormemente la recopilación de los datos (evidentemente, todos los OLF entrevistados disponen también de base de operaciones en otras CCAA). Respecto al tipo de mercados se ha comprobado que los OLF entrevistados abastecen, como mínimo, a los mercados local y nacional.

3. Véase en el libro de Yin (1994) un análisis de la naturaleza del método del caso.

4. Las entrevistas se realizaron entre los meses de junio y diciembre de 2008.

5. La facturación por servicios frigoríficos de las 20 empresas del ranking se distribuye entre 7 y 120 millones de euros anuales.

6. La representatividad de la muestra es todavía más alta si consideramos que incluye mayoritariamente OLF especializados en dar servicio al sector de la alimentación, por tanto el 100 por cien de su facturación procede de la manipulación de alimentos perecederos, mientras que en otros casos el OLF también transporta otros productos que precisan refrigeración como medicamentos, material fotográfico, etc.

Se ha seguido un único procedimiento para la recogida de la información. Tras hablar por teléfono con los directivos de las empresas a entrevistar, para explicarles la finalidad de la investigación y solicitar su colaboración, se les ha pedido una cita a las 8 compañías que se mostraron dispuestas a colaborar. El trabajo de campo se realizó sobre la población objetivo que muestra el Cuadro 1, por lo que la tasa de rechazo para participar en el estudio resulta ser similar a lo establecido previamente en el Libro Blanco de los Operadores Logísticos en España (2005). Toda la información se ha obtenido por la autora del trabajo a partir de entrevistas personales con los directivos de las 8 empresas⁷. En este ámbito es necesario aclarar, para aproximar la fiabilidad interna de la investigación, que los perfiles de los directivos entrevistados han sido los de responsable comercial y responsable de operaciones y/o director de delegación.

Por lo que respecta a las variables cuantitativas, se han registrado observaciones a dos niveles distintos. El primer nivel se corresponde con el *coste medio del productor por palé (CMepalé)* de cada OLF. Las observaciones de primer nivel incluyen un valor por palé en función del número de palés y del trayecto; de esta manera, se dispone de un *CMepalé* para envíos de 1 palé, 2/3 palés, 4/6 palés y 7/10 palés⁸, con origen en los principales puntos de expedición de mercancía (Madrid, Barcelona, Valencia, Sevilla y Bilbao) y destino en cualquier capital española (49 destinos). Se han registrado 980 observaciones de primer nivel por cada uno de los 8 OLF entrevistados. El segundo nivel

se corresponde con el *precio final por palé (PFpalé)* ofrecido a cada cliente. Las observaciones de segundo nivel incluyen un valor por palé en función del número de palés y del destino; de esta manera, se dispone para cada cliente (300 clientes) de un *PFpalé* para envíos de 1 palé, 2/3 palés, 4/6 palés y 7/10 palés, con origen del trayecto en Valencia y destino en cualquier capital española⁹ (49 destinos). Se han registrado 196 observaciones de segundo nivel por cada uno de los 300 clientes. Todas las observaciones recogidas se refieren al año 2008, pues es el año en el que se dispone de un mayor volumen de información, para servicios de transporte a temperatura controlada con mercancía paletizada sobre Palé EUR (0,80 x 1,20 m.), con una altura máxima del palé de 1,80 m. y peso máximo 800 Kg. En el caso de que las condiciones anteriores no fueran respetadas, la tarifa correspondiente sufre un incremento del 25 por ciento. Otra posible modificación tarifaria procede de la aplicación trimestral, por parte de los OLF, de una cláusula automática de revisión del precio del transporte en función de la evolución del precio del gasoil. Todas las tarifas y precios son independientes del tipo de alimento, refrigerado o congelado.

La estimación de los costes del productor (c_p)

Los costes del productor engloban los asociados a la adquisición, operación y mantenimiento de los vehículos utilizados para el traslado de la carga, o el gasto generado por la subcontratación de los mismos, así como

7. No se citan en este trabajo por sugerencia de algunas de ellas, que prefieren permanecer en el anonimato.

8. A partir de 10 palés resulta más rentable la contratación de un camión completo (carga completa), aunque quede espacio en la caja sin aprovechar.

9. Hay que notar que algunas observaciones de segundo nivel están incompletas, dependiendo de las especificaciones propias del cliente, puesto que les puede faltar el correspondiente valor por destino o por número de palés.

Cuadro 1. Empresas de logística del frío en el sector de la alimentación.
 Ranking por volumen de facturación
 Table 1. Refrigerated logistics firms in food products sector. Ranking by turnover

Nº	EMPRESA
1	SDF IBÉRICA, S.A.
2	SALVESEN LOGISTICA, S.A.
3	GRUPO INTEGRA2 (LOGISTA)
4	EXEL IBERIA GRUPO, S.L.*
5	LOGIFRIO GESTION FRIGORIFICA, S.L.
6	GRUPO LOGISTICO SANTOS, S.A.
7	CONWAY THE CONVENIENCE COMP. ESPAÑA, S.L.
8	HERMES LOGISTICA, S.A.
9	DISFRIMUR, S.L. (GRUPO)
10	CRONOFRIO-NORESTRANS
11	LOGISTICA REFRIGERADA, S.A.
12	TRANSPORTES BADOSA, S.A.
13	TRANSPORTES AGUSTIN FUENTES E HIJOS, S.L.
14	INTERLOGISTICA DEL FRIO, S.A. (INTERFRISA)
15	TRANSPORTES J. CARBO, S.A.
16	OLANO Y MUÑOZ, S.A. (TOMSA)
17	TUDEFRIGO, S.L. (GRUPO)
18	MONTFRISA, S.A.
19	LOGISTICA ALICANTINA DEL FRIO, S.L.
20	TRANSFRIO, S.C.L.

Fuente: Vivó (2007).

todos los costes operativos para producir los servicios (gastos de personal, energía, repuestos, etc.). Al tratarse de una actividad multi-producto en el sentido de De Rus (1989), pues puede hablarse de tantos productos/servicios como orígenes-destinos posibles en la red, distinguiendo por número de palés, los costes del productor se pueden separar en *costes directos* y *costes indirectos*. Los primeros son aquellos que pueden atribuirse o asignarse de manera directa a servicios concretos, los segundos son costes compartidos entre distintos servicios.

Los OLF desagregan sus costes del productor en cuatro tipos de costes de producción distintos: *coste de empresa, de recogida, de arrastre y de distribución*. Dichas partidas de coste constituyen una información privilegiada propia de la empresa que los OLF sólo se han brindado a revelar para uso exclusivo en esta investigación, por lo que, aunque sí que los hemos incluido en nuestros cálculos, hemos asumido el compromiso de no publicar, al menos, el valor monetario de aquellas partidas que resultan más sensibles frente a la competencia. Se describen a continuación:

- El *coste de empresa* proviene de imputar la estructura de costes directos e indirectos. Los costes directos se refieren a la explotación del vehículo frigorífico en cada trayecto¹⁰. Al coste directo se le añaden los costes indirectos de gestión, personal, comercialización, etc... que en su caso soportan el OLF, que a veces resultan difícilmente cuantificables al no guardar una relación directa con el volumen de transporte realizado por la empresa. Por ello los OLF los valoran como un porcentaje¹¹, bien como un porcentaje del coste directo por kilómetro recorrido, o bien como un porcentaje del sumatorio del valor de las demás partidas de coste del productor (*recogida, arrastre y distribución*). El uso de porcentajes sobre el coste directo por kilómetro recorrido suele emplearse en el cálculo de tarifas para camiones completos (cargas completas), mientras que la aplicación de un porcentaje del sumatorio del valor de las demás partidas de coste del productor es común en el cálculo de tarifas para cargas fraccionadas, lo que nos ocupa en este trabajo.
 - El *coste de recogida* representa el coste de recogida de mercancía en las instalaciones del cliente. El *coste de distribución* se refiere al reparto local hasta el punto de entrega, conocido también como reparto capilar. Dada su importancia estratégica para los OLF de la muestra, sobre todo en el caso del reparto capilar, diremos para ilustrar su cálculo que se atribuyen por palé los costes directos del camión de reparto y remitimos al lector interesado a la nota (10).
 - Los OLF disponen de unas rutas preestablecidas con un punto de origen y un punto de destino. De este modo, puede suceder que la mercancía realice alguna escala, pasando de una plataforma logística de la compañía a otra, hasta llegar a destino. En cada plataforma se descarga la mercancía del camión para agruparla en otro camión junto con otra mercancía de diversa procedencia cuyo destino es también la siguiente plataforma. Esto provoca que el servicio se encarezca, pues en cada escala se incurre en un coste de manipulación, que se repercute, denominado *coste de arrastre*. Si no se realizan escalas, no hay *arrastre*. Cuando sí se realizan, a cada *arrastre* se le imputa un importe fijo por un valor promedio de 15,75 €/palé (por servicio de carga y descarga)¹².
- La expresión algebraica que recoge el cálculo del *CMepalé* para cada trayecto sería:

10. Dado nuestro compromiso de no publicar su valor real por la importancia estratégica que tiene para las empresas de la muestra, para informar al lector interesado le remitimos al análisis desarrollado por el "Observatorio de Costes para el Transporte de Mercancías por Carretera", del Ministerio de Fomento, y actualizado a 31 de octubre de 2008, que ilustra la estructura de costes medios directos que la explotación de un vehículo frigorífico articulado genera a una empresa de transportes de mercancías tipo. Este coste directo corresponde a la media nacional, obtenida al ponderar los costes de cada provincia por el peso de ésta en el transporte de mercancías por carretera. Según el citado Observatorio, el coste directo se estima en 1,092 €/kilómetro recorrido (o en 1,050 €/kilómetro en el caso del camión frigorífico de 2 ejes).

11. La asignación de los costes indirectos adolece de problemas de subjetividad. Existen distintos métodos para calcular la fracción de los costes indirectos atribuida a cada servicio; en el caso de los perecederos el método está basado en los costes directos que sí son conocidos para cada servicio, lo que facilita el cálculo.

12. Más concretamente, se ha extraído de las entrevistas a los OLF un precio medio de descarga de 14,50 €/palé y un precio medio de carga de 1,25 €/palé.

$$CMe_{palé} = C^{recogida} + C^{arrastre} + C^{distribución} + C^{empresa} \quad [3]$$

$$CMe_{palé} = (C_1 + C_2 + C_3 + 1,092K_3/n_3 + p \sum_{i=1}^3 C_i) \quad [4]$$

$$CMe_{pale} = (1,050K_1/n_1 + C_2 + 1,050K_2/n_2 + 1,092K_3/n_3 + p \sum_{i=1}^3 C_i) \quad [5]$$

donde C_1 es el coste de recogida o $1,050K_1/n_1$ (donde K_1 es el número de kilómetros del trayecto de recogida y n_1 la capacidad del camión frigorífico de 2 ejes en número de palés), C_2 el coste de los arrastres ($C_2 = 0$ si no hay arrastre), C_3 el coste de distribución o $1,050K_2/n_2$ (donde K_2 es el número de kilómetros del trayecto de reparto y n_2 la capacidad del camión frigorífico de reparto en número de palés), $1,092K_3/n_3$ es el coste directo de empresa (siendo K_3 el número de kilómetros del trayecto de transporte y n_3 la capacidad del camión frigorífico articulado

en número de palés) y p el porcentaje aplicado en concepto de coste indirecto de empresa ($p < 1$).

La variable que se ha definido para estimar el coste del productor en este trabajo es el COSTE TOTAL MEDIO por palé ($CTMepalé$)¹³. Para la obtención del $CTMepalé$ se ha calculado el promedio del $CMepalé$ de los 8 OLF, ponderando cada $CMepalé$ por el porcentaje que la facturación anual de cada OLF representa dentro de la facturación total. Así, el $CTMepalé$ se puede expresar del siguiente modo:

$$CTMepalé = \frac{\sum_{j=1}^8 (1,050K_1/n_1 + C_2 + 1,050K_2/n_2 + 1,092K_3/n_3 + p \sum_{i=1}^3 C_i) \cdot F_j}{\sum_{j=1}^8 F_j} \quad [6]$$

A efectos ilustrativos, el Cuadro 2 recoge los valores obtenidos de la variable $CTMepalé$ para todos los trayectos nacionales con origen en Valencia.

La estimación de los costes externos¹⁴ (c_e)

Existen numerosos efectos externos¹⁵ causados por los OLF que afectan a otros agentes

económicos no directamente relacionados con la actividad de transporte frigorífico: daños a la carretera, congestión, accidentes, ruido y contaminación medioambiental. Describimos a continuación cómo ha sido valorado el efecto de cada externalidad; dado el estado en que se encuentra la investigación en este campo, la base sobre la que se sustentan nuestras valoraciones es la literatura ya existente, por lo que también refe-

13. La medición empírica del coste marginal resulta difícil en las actividades multiproducto, debido a que la información disponible no suele incluir la totalidad de los niveles de producción y combinaciones de factores posibles (De Rus et al., 2003).

14. Debemos apuntar que la estimación de los costes externos se basa en distintas suposiciones que aún hoy se discuten en la literatura económica (la cuantificación del coste del tiempo perdido por congestión, del coste de la contaminación o del coste de una vida humana), por lo que los resultados son variables dependiendo de la metodología empleada.

15. El estudio de las externalidades en la industria del transporte suele centrarse en los efectos negativos debido a su mayor magnitud (De Rus et al., 2003).

Cuadro 2. Coste total medio por palé con origen Valencia (euros por palé)
 Table 2. Mean total cost per pallet originating in Valencia (euros/pallet)

Destino	CTMepalé ORIGEN VALENCIA					Destino	CTMepalé ORIGEN VALENCIA				
	1 palé	2/3 palés	4/6 palés	7/10 palés	7/10 palés		1 palé	2/3 palés	4/6 palés	7/10 palés	7/10 palés
Alava	83,76	70,79	62,83	50,28	50,28	León	82,11	69,39	61,59	49,28	
Albacete	68,27	57,70	51,21	40,97	40,97	Lérida	74,31	62,81	55,75	44,60	
Algeciras	106,42	89,94	79,83	63,87	63,87	Logroño	99,24	83,88	74,45	59,56	
Alicante	40,24	34,01	30,19	24,15	24,15	Lugo	105,89	89,49	79,42	63,55	
Almería	67,59	57,13	50,71	40,57	40,57	Madrid	62,41	52,75	46,82	37,45	
Asturias	102,76	86,86	77,09	61,68	61,68	Málaga	125,45	106,03	94,11	75,29	
Ávila	69,30	58,57	51,98	41,59	41,59	Mérida	125,45	106,03	94,11	75,29	
Badajoz	96,31	81,40	72,24	57,80	57,80	Murcia	40,64	34,35	30,49	24,40	
Barcelona	61,78	52,22	46,35	37,08	37,08	Navarra	83,76	70,79	62,83	50,28	
Burgos	75,06	63,44	56,31	45,05	45,05	Orense	99,24	83,88	74,45	59,56	
Cáceres	96,31	81,40	72,24	57,80	57,80	Palencia	82,52	69,75	61,90	49,53	
Cádiz	88,92	75,16	66,71	53,37	53,37	Pontevedra	84,17	71,15	63,15	50,52	
Cantabria	100,23	84,71	75,18	60,15	60,15	Salamanca	80,88	68,37	60,68	48,54	
Castellón	27,39	23,14	20,54	16,44	16,44	Segovia	69,30	58,57	51,98	41,59	
Ciudad Real	80,88	68,37	60,68	48,54	48,54	Sevilla	84,60	71,50	63,46	50,77	
Córdoba	106,42	89,94	79,83	63,87	63,87	Soria	104,83	88,60	78,64	62,92	
Cuenca	70,70	59,76	53,04	42,43	42,43	Tarragona	68,27	57,70	51,21	40,97	
Gerona	68,27	57,70	51,21	40,97	40,97	Teruel	104,83	88,60	78,64	62,92	
Granada	124,20	104,98	93,18	74,55	74,55	Toledo	69,30	58,57	51,98	41,59	
Guadalajara	69,30	58,57	51,98	41,59	41,59	Valencia	23,83	20,14	17,87	14,30	
Guipuzcoa	78,89	66,68	59,18	47,35	47,35	Valladolid	75,43	63,75	56,58	45,27	
Huelva	88,92	75,16	66,71	53,37	53,37	Vizcaya	84,17	71,15	63,15	50,52	
Huesca	94,88	80,19	71,17	56,94	56,94	Zamora	85,45	72,22	64,11	51,29	
Jaen	124,20	104,98	93,18	74,55	74,55	Zaragoza	76,56	64,71	57,43	45,96	
La Coruña	99,24	83,88	74,45	59,56	59,56						

Fuente: elaboración propia.

renciamos los trabajos y métodos en los que se apoyan. Más concretamente, en los casos del coste del daño a la carretera, de la congestión y de la accidentalidad se han tomado inicialmente valores procedentes de otras fuentes que los estimaban para España; luego se han actualizado al año 2008, mediante cálculo propio (por el mismo método que en la fuente original). En el caso de la contaminación acústica y atmosférica no disponemos de estimaciones en España lo suficientemente apropiadas para aplicar en este trabajo, por lo que se han imputado directamente valores procedentes de otra realidad. Los resultados obtenidos por vehículo y kilómetro se muestran en el Cuadro 3. Considerando que la capacidad máxima de un vehículo frigorífico articulado (trailer) puede cifrarse en 33 palés, el Cuadro 4 muestra los costes externos mínimos por palé para trayectos con origen en Valencia (la distancia entre origen y destino se ha establecido a partir de los kilómetros correspondientes al trayecto recomendado por Vía Michelin en www.viamichelin.es).

El coste del daño a la carretera

El coste del daño a la carretera se refiere al coste que causa sobre el estado del pavimento la presencia de un vehículo adicional. En este sentido hemos calculado el coste que supone para la conservación de las carreteras su utilización por un vehículo adicional, siguiendo la metodología propuesta y desarrollada en distintos trabajos previos (Dings *et al.*, 1999; Fowkes *et al.*, 1992). Para ello hemos considerado los 2.135 millones de euros que suponen como media anual los gastos de acondicionamiento, mejora y conservación de las carreteras urbanas e interurbanas, según la estimación contenida en el Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte 2005-2020 del Ministerio de Fomento (PEIT, 2005). Los resultados hallados para el caso de los camiones con remolque aparecen en la segunda columna del Cuadro 3.

El coste de la congestión

La congestión se produce en vías urbanas e interurbanas con mucho tráfico en horas punta: cada vehículo, al utilizar la vía, impone un coste (en tiempo adicional y de operación del vehículo) al resto de usuarios al ocupar un espacio y hacer que disminuya la velocidad media. La metodología empleada en la estimación de los costes asociados a la congestión se encuentra ampliamente desarrollada en los trabajos de Newbery (1989, 1991) y de Coto e Inglada (2003). Álvarez *et al.* (2007) han aplicado esta técnica para el caso español, ofreciendo resultados para diferentes tipos de vías, para diferentes momentos del día (horas punta y horas valle) y para diferentes niveles de tráfico. A partir de los resultados de Álvarez *et al.* (2007), referidos al año 2000, hemos construido una media ponderada para el caso de los camiones con remolque, en función del tipo de carretera utilizada y del horario del desplazamiento, y la hemos actualizado al año 2008 incluyendo el aumento en el número de kilómetros de vía utilizables y en el parque de camiones, información publicada por el Ministerio de Fomento (2009). El valor que hemos hallado aparece en la tercera columna del Cuadro 3.

El coste de la accidentalidad

Debido a la ausencia de información sobre la externalidad que puede proceder de los accidentes, en este trabajo se ha estimado el coste de la misma a través del coste derivado de los accidentes que no haya sido compensado económicamente por las compañías de seguros, siguiendo la metodología propuesta por Dings *et al.* (1999). Básicamente, el método (método *top down allocation*) aproxima costes en vidas humanas y costes por pérdida de productividad. Respecto a los valores utilizados en los cálculos, los datos sobre accidentalidad en

camiones y las víctimas generadas (fallecidos y heridos graves) se han recogido del "Observatorio Social del Transporte por Carretera", publicado por el Ministerio de Fomento y actualizado a diciembre de 2008. Tal y como hacen Álvarez *et al.* (2007) en su estudio, hemos supuesto que el coste externo asociado a la pérdida de una vida es la diferencia entre la valoración social de la vida y lo que las compañías de seguros pagan por fallecido, es decir, 0,715 millones de euros; y que la pérdida de productividad por fallecido es 0,216 millones de euros y por herido grave 0,003 millones de euros. Nuestro resultado arroja el valor que aparece en la cuarta columna del Cuadro 3.

El coste de la contaminación acústica y atmosférica

Dentro de los efectos negativos sobre el medio ambiente destacan por su importancia cuantitativa la polución, la producción de ruido y la contribución al "efecto invernadero" por emisión de dióxido de carbono. La valoración económica del impacto derivado de la contaminación medioambiental es un problema muy complejo. Como no existe un mercado explícito a partir del cual inferir tal

valoración, el método habitual para estimar el coste de la contaminación atmosférica consiste en cuantificar las emisiones de cada tipo de contaminante (método *bottom up approach*, que aproxima datos de emisiones basadas en estimaciones de volumen de tráfico): óxido de nitrógeno, óxido de sulfuro, dióxido de carbono... Mientras tanto, el coste de la contaminación acústica se puede estimar por diferencia en los precios de mercado de las viviendas situadas en zonas afectadas por diferentes niveles de ruido (método *avoidance cost approach*, que aproxima la pérdida de valor de las propiedades mediante precios hedónicos). Por lo que conocemos es posible encontrar valores para España, estimados en proyectos de ámbito europeo (INFRAS/IWW, 2004; Betancor y Nombela, 2003). Respecto a si pueden servirnos de referencia para este trabajo, hemos tenido en cuenta que el Proyecto INFRAS/IWW (2004) no refleja las condiciones reales del tráfico en España mientras que Betancor y Nombela (2003) sólo ofrecen valores totales, es decir, sin desagregar por tipo de vehículo; por ello, hemos optado por considerar los valores obtenidos para Gran Bretaña en el trabajo de Sansom *et al.* (2001), el caso más similar al nuestro¹⁶, y que mostramos también en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Costes externos por vehículo y km (céntimos de €)
Table 3. External costs by vehicle and kilometre (euro's pence)

	Conservación carreteras	Congestión	Accidentes	Polución	Ruido	Efecto invernadero	TOTAL
Camión con remolque	4,08	7,28	0,67	2,31	0,12	1,17	15,64

Fuente: elaboración propia.

16. Quinet (2004), en un meta-análisis de los estudios más significativos, ha concluido que las estimaciones de costes externos resultan fiables para la toma de decisiones políticas y sus resultados pueden ser transferibles entre países europeos. Álvarez *et al.* (2007) también han fundamentado en su trabajo el empleo de datos procedentes de otro contexto diferente al que se estudia.

Cuadro 4. Costes externos por palé con origen en Valencia (euros/palé)
 Table 4. External costs per pallet originating in Valencia (euro/pallet)

Destino	Km recorridos	Coste externo vehiculo (€)	Coste externo palé (€)	Destino	Km recorridos	Coste externo vehiculo	Coste externo palé
Alava	569	88,99	2,70	León	685	107,13	3,25
Albacete	191	29,87	0,91	Lérida	324	50,67	1,54
Algeciras	757	118,39	3,59	Logroño	481	75,23	2,28
Alicante	166	25,96	0,79	Lugo	863	134,97	4,09
Almería	460	71,94	2,18	Madrid	352	55,05	1,67
Asturias	803	125,59	3,81	Málaga	648	101,35	3,07
Ávila	467	73,04	2,21	Mérida	694	108,54	3,29
Badajoz	716	111,98	3,39	Murcia	241	37,69	1,14
Barcelona	349	54,58	1,65	Navarra	501	78,36	2,37
Burgos	517	80,86	2,45	Orense	873	136,54	4,14
Cáceres	636	99,47	3,01	Palencia	592	92,59	2,81
Cádiz	808	126,37	3,83	Pontevedra	975	152,49	4,62
Cantabria	673	105,26	3,19	Salamanca	564	88,21	2,67
Castellón	65	10,17	0,31	Segovia	439	68,66	2,08
Ciudad Real	398	62,25	1,89	Sevilla	697	109,01	3,30
Córdoba	545	85,24	2,58	Soria	376	58,81	1,78
Cuenca	220	34,41	1,04	Tarragona	251	39,26	1,19
Gerona	449	70,22	2,13	Teruel	145	22,68	0,69
Granada	519	81,17	2,46	Toledo	372	58,18	1,76
Guadalajara	410	64,12	1,94	Valencia	20	3,13	0,09
Guipuzcoa	573	89,62	2,72	Valladolid	545	85,24	2,58
Huelva	791	123,71	3,75	Vizcaya	652	101,97	3,09
Huesca	398	62,25	1,89	Zamora	600	93,84	2,84
Jaen	455	71,16	2,16	Zaragoza	326	50,99	1,55
La Coruña	961	150,30	4,55				

Fuente: elaboración propia.

La estimación de tarifas ordinarias y precios finales

El sistema de precios en el transporte de perecederos en carga fraccionada está basado en una estructura de carácter especial. Tomando como referencia inicial su *CMepalé*, el OLF construye sus *tarifas generales ordinarias por palé (TGOpalé)* para cada trayecto incrementándolo en un determinado porcentaje en concepto de *margen comercial*. Posteriormente, la *TGOpalé* es objeto de una *bonificación por cliente*¹⁷, que se aplica en función de los costes de producción del servicio y de la política comercial de la empresa, dando lugar al *precio final por palé (PFpalé)*:

- Sinergias con el punto de destino (probabilidad de que el vehículo, en su viaje de regreso, lo haga cargado con nueva mercancía).
- Grado de ocupación del vehículo o factor de carga (alto o bajo).
- Volumen de negocio que supone el servicio contratado y frecuencia del mismo (envío único o periódico).
- Importancia del cliente que solicita el servicio (sobre los ingresos totales anuales del OLF).
- Volumen de negocio actual del OLF (necesidad de vender).

En consecuencia, los precios finales que ofrece el OLF son, en la mayoría de los casos, personalizados, pues se calculan *ad hoc* para cada cliente como resultado de una negociación en la que confluyen factores tan diversos como el destino de la mercancía, el momento del año en el que se solicita el servicio¹⁸ o la situación macroeconómica.

Por tanto, para cada cliente y envío de mercancía, tomarán un valor distinto.

A partir de [5], la expresión algebraica que recoge el cálculo de la *TGOpalé* de un OLF para cada trayecto sería:

$$TGO_{palé} = m(1,050K_1/n_1 + C_2 + 1,050K_2/n_2 + 1,092K_3/n_3 + p \sum_{i=1}^3 C_i) \quad [7]$$

donde m incluye el porcentaje aplicado en concepto de *margen comercial* ($m > 1$). Si a [7] le añadimos la *bonificación* obtenemos el *PFpalé*:

$$PF_{palé} = t[m(1,050K_1/n_1 + C_2 + 1,050K_2/n_2 + 1,092K_3/n_3 + p \sum_{i=1}^3 C_i) \quad [8]$$

donde t representa el porcentaje aplicado en concepto de *bonificación* ($t < 1$ en caso de descuento).

Las variables que se han definido para estimar las tarifas ordinarias y los precios finales por trayecto en este trabajo son: la *TARIFA MEDIA GENERAL ORDINARIA por palé (TMGOpalé)* y el *PRECIO MEDIO FINAL por palé (PMFpalé)*. Para la obtención de la *TMGOpalé* se ha calculado el promedio de la *TGOpalé* de los 8 OLF, ponderando cada *TGOpalé* por el porcentaje que la facturación anual de cada OLF representa dentro de la facturación total. Así, la *TMGOpalé* se puede expresar del siguiente modo:

$$TMGO_{palé} = \frac{\sum_{i=1}^8 (TGO_{i\text{palé}} \cdot Fi)}{\sum_{i=1}^8 Fi} \quad [9]$$

17. Para algunos clientes el sistema de tarificación es algo más complejo pues la bonificación podría ser de signo negativo, es decir, se trataría de un recargo, normalmente en virtud de un servicio excesivamente complicado.

18. El sector de la alimentación perecedera está afectado por un elevado grado de estacionalidad.

A partir de [9], y utilizando el programa Microsoft Office Excel 2007, se ha construido un calculador automático de tarifas medias generales que permite el cálculo inmediato de las *TMGOpalé* para envíos con origen en los principales puntos de expedición de mercancía (Madrid, Barcelona, Valencia, Sevilla y Bilbao) y destino en cualquier capital española. El calculador se ha elaborado de tal manera que ofrece al usuario la posibilidad de aplicar cualquier *margen comercial*, aumentando de esta manera su potencialidad. Se dispone así de una base de datos sobre costes medios y tarifas generales ordinarias dinámica, que permite realizar múltiples simulaciones.

Para obtener el *PMFpalé* se han promediado las 300 observaciones, una por cliente, disponibles de *PFpalé*:

$$PMF_{palé} = \frac{\sum_{i=1}^x PF_{ipalé}}{x} \quad [10]$$

donde x es el número de clientes que envían mercancía a cada destino ($x \leq 300$). El Cuadro 5 ofrece los valores obtenidos de la variable *PMFpalé* para trayectos nacionales con origen en Valencia.

Resultados

El Cuadro 6 ofrece un análisis comparado de la relevancia de los costes externos sobre los costes privados, y de los costes externos sobre los precios finales, calculados en este trabajo para todos los destinos con origen en Valencia y para los tamaños de envío por cliente mínimo y máximo. En él puede observarse la relevancia del valor de la externalidad:

- Los costes externos por palé adolecen de un peso porcentual sobre los costes privados que lo hemos cifrado, para el caso del envío de menor tamaño, es decir 1 palé,

entre el 0,4 y el 5,49 por ciento. Los menores pesos se corresponden con los trayectos más cortos, destacando en este sentido el 0,4 por ciento para trayectos dentro de la provincia de Valencia, 0,66 a Teruel, 1,12 a Castellón, 1,33 a Albacete y el 1,47 a Cuenca. A medida que aumenta el número de kilómetros recorridos, el coste externo supone un porcentaje mayor sobre el coste privado, llegando a alcanzar valores del 4,31 por ciento a Cadiz, 4,59 a La Coruña y 5,49 a Pontevedra. Como el coste privado de transportar 1 palé decrece con el número de palés transportados, el coste externo representa un peso cada vez mayor cuando el envío aumenta de tamaño. Por ejemplo, en un envío que contenga entre 7 y 10 palés el peso del coste externo quedaría comprendido entre el 0,66 por ciento de la provincia de Valencia y el 9,15 por ciento de Pontevedra. Para todos los destinos, el incremento que experimenta la representatividad de los costes externos con el tamaño del envío (de 1 a 7/10 palés) es prácticamente igual, concretamente de un 66,6 por ciento (con una desviación estándar de tan solo 0,02).

- Respecto al precio final del transporte, el peso de los costes externos es más reducido que en el caso de los costes del productor puesto que los precios finales superan al coste del productor. Para envíos de 1 palé supone desde el 0,26 por ciento para la provincia de Valencia hasta el 3,5 de Sevilla, Pontevedra, Huelva y Cádiz. Este porcentaje respecto al precio final va incrementándose en cada trayecto en función del tamaño del envío (el precio final por palé se reduce con el número de palés), hasta situarse en la horquilla comprendida entre el 0,32 por ciento de Valencia y el 4,5 de Pontevedra y Cádiz. Sin embargo, este incremento que experimenta el peso de los costes externos sobre el precio final a medida que aumenta el tamaño del envío es variable en función del destino, lo que se contra-

Cuadro 5. Precios medios finales por palé con origen en Valencia (euros/palé)
 Table 5. Mean final prices per pallet originating in Valencia (euros/pallet)

Destino	PMFpalé ORIGEN VALENCIA					Destino	PMFpalé ORIGEN VALENCIA				
	1 palé	2/3 palés	4/6 palés	7/10 palés	7/10 palés		1 palé	2/3 palés	4/6 palés	7/10 palés	7/10 palés
Alava	94,84	88,42	83,74	77,74	77,74	León	127,93	116,45	105,32	99,47	
Albacete	79,95	74,37	69,88	64,96	64,96	Lérida	91,59	85,71	81,25	76,15	
Algeciras	120,69	112,33	106,72	99,97	99,97	Logroño	101,23	93,84	88,42	81,70	
Alicante	50,37	47,60	45,18	43,25	43,25	Lugo	157,29	142,99	119,57	112,10	
Almería	87,84	82,26	76,92	72,58	72,58	Madrid	71,55	66,62	62,66	59,59	
Asturias	140,31	127,60	113,04	106,30	106,30	Málaga	113,56	104,51	97,22	89,30	
Ávila	101,06	95,10	83,22	78,14	78,14	Mérida	144,94	130,67	117,94	109,97	
Badajoz	132,72	120,19	109,83	103,21	103,21	Murcia	57,00	53,22	51,06	48,27	
Barcelona	70,89	65,94	62,30	59,13	59,13	Navarra	94,94	88,42	83,65	77,88	
Burgos	123,69	112,60	103,16	97,74	97,74	Orense	148,22	134,36	116,23	109,03	
Cáceres	132,45	120,08	109,72	103,26	103,26	Palencia	130,44	119,00	106,12	100,62	
Cádiz	104,12	97,08	90,41	84,30	84,30	Pontevedra	133,56	121,97	107,85	101,93	
Cantabria	151,34	137,85	116,80	109,60	109,60	Salamanca	118,61	108,62	100,29	94,66	
Castellón	40,83	38,37	35,92	34,07	34,07	Segovia	88,84	83,15	79,60	74,85	
Ciudad Real	111,91	105,33	93,34	87,66	87,66	Sevilla	95,99	91,07	87,26	83,21	
Córdoba	110,99	102,29	95,33	88,51	88,51	Soria	161,24	146,37	120,04	112,75	
Cuenca	126,08	115,17	103,11	97,94	97,94	Tarragona	87,58	82,20	75,53	71,16	
Gerona	88,55	83,13	78,98	74,56	74,56	Teruel	104,77	96,89	91,19	83,75	
Granada	114,44	105,46	97,55	89,59	89,59	Toledo	98,62	89,30	79,74	74,81	
Guadalajara	85,38	79,69	75,13	70,14	70,14	Valencia	36,08	33,90	31,61	30,07	
Guipuzcoa	92,25	86,12	81,64	76,46	76,46	Valladolid	116,55	106,51	98,40	93,19	
Huelva	107,32	100,20	93,52	87,48	87,48	Vizcaya	94,58	88,07	83,39	77,80	
Huesca	155,98	141,74	117,11	110,24	110,24	Zamora	129,14	117,53	107,25	101,27	
Jaen	121,86	112,58	100,58	92,89	92,89	Zaragoza	90,23	84,26	78,38	73,28	
La Coruña	148,07	134,35	116,21	109,15	109,15						

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 6. Relación porcentual entre costes externos y costes del productor y entre costes externos y precios finales. Coste total (euros/palé) con origen en Valencia

Table 6. External cost over producer cost and external cost over final price (in percent).

Total cost (euros/pallet) originating in Valencia

Destino	Ce/Cp	Ce/Cp	(B-A)/A	Ce/PF	(D-C)/C	Ct	(F-E)/E
	1 palé A	7/10 palés B	A = 100	1 palé C	C = 100	1 palé E	E = 100
Alava	3,22	5,36	66,61	2,84	22,00	86,46	-38,73
Albacete	1,33	2,21	66,63	1,13	23,09	69,17	-39,46
Algeciras	3,37	5,62	66,62	2,97	20,72	110,00	-38,68
Alicante	1,96	3,26	66,59	1,56	16,47	41,02	-39,20
Almería	3,23	5,37	66,61	2,48	21,02	69,77	-38,73
Asturias	3,70	6,17	66,62	2,71	31,99	106,57	-38,56
Ávila	3,19	5,32	66,63	2,19	29,33	71,51	-38,75
Badajoz	3,52	5,87	66,63	2,56	28,59	99,70	-38,63
Barcelona	2,68	4,46	66,61	2,33	19,88	63,44	-38,94
Burgos	3,26	5,44	66,59	1,98	26,55	77,51	-38,71
Cáceres	3,13	5,22	66,63	2,28	28,27	99,32	-38,77
Cádiz	4,31	7,18	66,62	3,68	23,51	92,75	-38,33
Cantabria	3,18	5,30	66,63	2,11	38,08	103,42	-38,75
Castellón	1,12	1,87	66,63	0,75	19,84	27,69	-39,54
Ciudad Real	2,33	3,89	66,63	1,69	27,67	82,77	-39,07
Córdoba	2,43	4,04	66,62	2,33	25,39	109,00	-39,03
Cuenca	1,47	2,46	66,62	0,83	28,73	71,74	-39,40
Gerona	3,12	5,19	66,63	2,40	18,76	70,40	-38,78
Granada	1,98	3,30	66,61	2,15	27,73	126,66	-39,20
Guadalajara	2,80	4,67	66,63	2,28	21,73	71,24	-38,90
Guipuzcoa	3,44	5,74	66,63	2,94	20,66	81,61	-38,66
Huelva	4,22	7,02	66,62	3,49	22,68	92,67	-38,36
Huesca	1,99	3,31	66,64	1,21	41,50	96,77	-39,21
Jaen	1,74	2,89	66,61	1,77	31,19	126,36	-39,30
La Coruña	4,59	7,65	66,62	3,08	35,67	103,79	-38,23
León	3,95	6,59	66,63	2,54	28,62	85,35	-38,46
Lérida	2,07	3,44	66,60	1,68	20,28	75,85	-39,17
Logroño	2,30	3,83	66,62	2,25	23,91	101,52	-39,08

Cuadro 6. Relación porcentual entre costes externos y costes del productor y entre costes externos y precios finales. Coste total (euros/palé) con origen en Valencia (continuación)
 Table 6. External cost over producer cost and external cost over final price (in percent).
 Total cost (euros/pallet) originating in Valencia (cont.)

Destino	Ce/Cp	Ce/Cp	(B-A)/A	Ce/PF	(D-C)/C	Ct	(F-E)/E
	1 palé A	7/10 palés B	A = 100	1 palé C	C = 100	1 palé E	E = 100
Lugo	3,86	6,44	66,63	2,60	40,31	109,98	-38,50
Madrid	2,67	4,45	66,63	2,33	20,07	64,08	-38,95
Málaga	2,45	4,08	66,62	2,70	27,17	128,52	-39,03
Mérida	2,62	4,37	66,62	2,27	31,80	128,74	-38,96
Murcia	2,81	4,68	66,56	2,00	18,09	41,78	-38,87
Navarra	2,83	4,72	66,61	2,50	21,91	86,14	-38,88
Orense	4,17	6,95	66,62	2,79	35,94	103,38	-38,38
Palencia	3,40	5,66	66,60	2,15	29,63	85,32	-38,66
Pontevedra	5,49	9,15	66,61	3,46	31,03	88,79	-37,90
Salamanca	3,30	5,51	66,63	2,25	25,31	83,56	-38,71
Segovia	3,00	5,00	66,63	2,34	18,70	71,38	-38,82
Sevilla	3,90	6,51	66,61	3,44	15,36	87,90	-38,48
Soria	1,70	2,83	66,61	1,11	43,01	106,61	-39,31
Tarragona	1,74	2,90	66,63	1,36	23,07	69,46	-39,30
Teruel	0,66	1,09	66,61	0,66	25,10	105,52	-39,72
Toledo	2,54	4,24	66,63	1,79	31,83	71,06	-38,99
Valencia	0,40	0,66	66,64	0,26	19,99	23,92	-39,83
Valladolid	3,42	5,71	66,62	2,22	25,07	78,01	-38,66
Vizcaya	3,67	6,12	66,61	3,27	21,57	87,26	-38,57
Zamora	3,33	5,54	66,58	2,20	27,52	88,29	-38,68
Zaragoza	2,02	3,36	66,60	1,71	23,14	78,11	-39,19
Promedio	2,85	4,75	66,62	2,20	26,11		-38,88
Desviación	1,02	1,7	0,02	0,76	6,52		0,39

Fuente: elaboración propia.

* Nota: Ce (costes externos), Cp (costes del productor), PF (precio final), Ct (coste total), Ce/Cp (porcentaje que el coste externo representa sobre el coste total), Ce/PF (porcentaje que el coste externo representa sobre el precio final), 1 palé (tamaño del envío del cliente: 1 palé), 7/10 palés (tamaño del envío del cliente: entre 7 y 10 palés).

pone al resultado encontrado en la comparación con el coste privado del productor, fluctuando desde valores como el 15,36 por ciento de Sevilla, el 16,47 de Alicante o el 18,09 de Murcia hasta porcentajes del 38,08 de Cantabria, 40,31 de Lugo, 41,5 de Huesca y 43,01 de Soria (su promedio es del 26,11 por ciento, con una desviación estándar de 6,52). El origen de esta divergencia se halla en la *bonificación* que aplica el OLF para convertir su tarifa ordinaria en precio final. Como dicha *bonificación* es exclusiva para cada cliente y envío de mercancía se concentra especialmente en los trayectos más solicitados o más cercanos al punto de origen (por ellos se canaliza la mayor parte de la mercancía), como sucede con Sevilla, Alicante o Murcia: los precios finales más bonificados se reducen mínimamente con el aumento del tamaño del envío, esta es la razón que explica crecimientos menores en la representatividad de los costes externos. Los trayectos con muy poco tráfico de mercancía o especialmente alejados desde Valencia, como Huesca, Soria, Cantabria o Lugo, imposibilitan a los OLF conceder *bonificaciones* debido a la falta de sinergias con dichos destinos y grados muy bajos de ocupación de los camiones, por lo que sus precios finales admiten mayores reducciones a medida que aumenta el tamaño del envío, lo que justifica que la representatividad de los costes externos crezca más sobre esos precios.

- Los costes externos se suman a los costes privados del productor al objeto de obtener el coste total, lo que provoca que la diferencia media por palé entre el coste del productor y el precio final (ver Cuadros 2, 5 y 6), que es de un 49 por ciento sobre el coste del productor, sufra una rebaja de 5,4 puntos porcentuales, hasta el 43,6 por ciento, cuando se cifra sobre el coste total. Esta pérdida de rentabilidad generada por la

inclusión de los costes externos es mucho más reducida en los trayectos cortos que en los largos, donde los costes externos, como vimos anteriormente, adquieren mayor peso dentro del coste total. El coste total, cuando se comparan envíos de 1 y 7/10 palés, se reduce a un ritmo del 38,88 por ciento para todos los destinos (con una desviación estándar de tan solo 0,39).

El Cuadro 7 ofrece los ratios de cobertura de los precios finales sobre los costes totales. De su lectura se extraen algunos resultados interesantes:

- Prácticamente en todos los destinos el cliente paga un precio final superior a la suma de los costes privados del productor y los costes externos. Únicamente habría que resaltar, para envíos pequeños, los trayectos a Granada, Jaén, Málaga y Teruel, que no cubrirían costes una vez incluidos los costes externos (considerando los precios finales actuales).
- Los trayectos que se benefician de un precio final relativo mayor comparado con los costes totales son aquellos en los que se recorren pocos kilómetros por lo que la repercusión de los costes externos es menor, sobresaliendo la provincia de Valencia o Cuenca, y aquellos donde no es posible aplicar *bonificaciones* demasiado elevadas, entre los que destaca principalmente la Meseta Norte (Burgos, León, Palencia, Soria, Huesca).
- Las divergencias entre los precios finales y los costes totales se acrecientan con el tamaño del envío, lo que sugiere que a medida que aumenta el número de palés contenidos en el envío la reducción de precio que ofrece el OLF es sustancialmente menor que la reducción que experimentan sus costes privados por la existencia de economías de densidad.

Cuadro 7. Ratio precio final / coste total con origen en Valencia
 Table 7. Ratio final prices / total cost originating in Valencia

Destino	1 palé	2/3 palés	4/6 palés	7/10 palés	Destino	1 palé	2/3 palés	4/6 palés	7/10 palés
Alava	1,10	1,20	1,28	1,47	Lérida	1,21	1,33	1,42	1,65
Albacete	1,16	1,27	1,34	1,55	Logroño	1,00	1,09	1,15	1,32
Algeciras	1,10	1,20	1,28	1,48	Lugo	1,43	1,53	1,43	1,66
Alicante	1,23	1,37	1,46	1,73	Madrid	1,12	1,22	1,29	1,52
Almería	1,26	1,39	1,45	1,70	Málaga	0,88	0,96	1,00	1,14
Asturias	1,32	1,41	1,40	1,62	Mérida	1,13	1,20	1,21	1,40
Ávila	1,41	1,56	1,54	1,78	Murcia	1,36	1,50	1,61	1,89
Badajoz	1,33	1,42	1,45	1,69	Navarra	1,10	1,21	1,28	1,48
Barcelona	1,12	1,22	1,30	1,53	Orense	1,43	1,53	1,48	1,71
Burgos	1,60	1,71	1,76	2,06	Palencia	1,53	1,64	1,64	1,92
Cáceres	1,33	1,42	1,46	1,70	Pontevedra	1,50	1,61	1,59	1,85
Cádiz	1,12	1,23	1,28	1,47	Salamanca	1,42	1,53	1,58	1,85
Cantabria	1,46	1,57	1,49	1,73	Segovia	1,24	1,37	1,47	1,71
Castellón	1,47	1,64	1,72	2,03	Sevilla	1,09	1,22	1,31	1,54
Ciudad Real	1,35	1,50	1,49	1,74	Soria	1,51	1,62	1,49	1,74
Córdoba	1,02	1,11	1,16	1,33	Tarragona	1,26	1,40	1,44	1,69
Cuenca	1,76	1,89	1,91	2,25	Teruel	0,99	1,09	1,15	1,32
Gerona	1,26	1,39	1,48	1,73	Toledo	1,39	1,48	1,48	1,73
Granada	0,90	0,98	1,02	1,16	Valencia	1,51	1,68	1,76	2,09
Guadalajara	1,20	1,32	1,39	1,61	Valladolid	1,49	1,61	1,66	1,95
Guipuzcoa	1,13	1,24	1,32	1,53	Vizcaya	1,08	1,19	1,26	1,45
Huelva	1,16	1,27	1,33	1,53	Zamora	1,46	1,57	1,60	1,87
Huesca	1,61	1,73	1,60	1,87	Zaragoza	1,16	1,27	1,33	1,54
Jaen	0,96	1,05	1,06	1,21	Promedio	1,28	1,39	1,42	1,66
La Coruña	1,43	1,52	1,47	1,70	Desviación	0,20	0,21	0,20	0,24
León	1,50	1,60	1,62	1,89					

Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

Este trabajo ha abordado la estimación de los costes totales (sociales), incluyendo costes del productor más costes externos, y la formación de precios en el transporte de mercancías en carga fraccionada, con énfasis en el caso de los alimentos perecederos y los OLF, analizando algunas de las cuestiones más relevantes que se plantean: cuáles son y qué valor toman los componentes que integran el precio final y cómo se relacionan con el coste del productor, los costes externos y los costes totales derivados de la actividad.

El sistema generalizado de tarificación emplea precios finales calculados expresamente para cada cliente, dado que hay demandas de distinta intensidad a lo largo del año y trayectos con diferencias acusadas en los costes del productor. De esta manera, la *bonificación* que se aplica sobre la *TGOpalé* incorpora en la estructura tarifaria las diferencias más notables en los costes de producción, evitando el componente discriminatorio de la tarifa general única por trayecto. El transporte de perecederos en carga fraccionada produce, por lo general, ingresos superiores a los costes totales asociados a su actividad, por lo que la inclusión de los costes externos podría ser soportada por la economía privada de los OLF. Dicho con otras palabras, puede afirmarse que el actual sistema de tarificación genera recursos suficientes para pagar los costes externos del transporte.

Las estimaciones obtenidas en este trabajo han permitido cifrar el valor de la externalidad o coste externo, que por palé aumenta con el número de kilómetros recorridos. Este resultado denota que con la longitud del trayecto el impacto de la externalidad crece más rápidamente que los costes del productor y, en consecuencia, que los precios (finales) de mercado a los que se ofrece el servicio de transporte. Respecto al coste del productor, el coste externo supone como promedio

entre un 2,8 y un 4,8 por ciento en función del tamaño del envío, siendo esa repercusión media claramente menor sobre el precio final, concretamente entre un 2,2 y un 2,8 por ciento. Cuando se compara con el coste total, la inclusión de los costes externos reduce en 5,4 puntos porcentuales, como media, el margen bruto de los OLF.

Sería posible enriquecer este trabajo planteando futuras líneas de investigación que permitan aumentar la potencialidad de los resultados. Existe una amplia diferencia de rango en los volúmenes de facturación de los OLF (empresas grandes, medianas y pequeñas), por lo que proponemos una segmentación de los casos objeto de estudio con el fin de averiguar si existen divergencias, en función del tamaño del OLF, en los costes del productor, las tarifas ordinarias y los precios finales que pudieran alterar sustancialmente los valores medios presentados en este trabajo. En otro ámbito, se podrían comparar los costes del productor entre distintos tipos de transporte por carretera y derivar la repercusión que los costes externos tienen sobre cada uno de ellos, de forma que el análisis del transporte frigorífico que se aborda en este trabajo constituyese una pieza más dentro de un estudio más amplio.

No queremos concluir este trabajo sin antes agregar un elemento de reflexión sobre las implicaciones de sus resultados. La cuantificación social de los costes se torna esencial al objeto de mejorar la transparencia en los sistemas productivos y su eficiencia, como una forma más de competencia y como diferenciación de los sectores poco profesionales u opacos. Actualmente, las externalidades son pagadas por el sistema público a cuenta de la economía privada, pero cabe esperar que su inclusión en el sistema de costes por unidad de producto acabaría castigando todavía más el bolsillo del consumidor final en forma de precios más altos (si se asume la necesidad de internalizar por los

operadores logísticos los costes externos derivados de su actividad, la subida tendría un efecto inmediato en la estructura de costes de las empresas afectadas, que tratarían de trasladar a sus clientes y proveedores, y en definitiva al consumidor final); en un escenario de elevados precios internacionales de las principales materias primas alimentarias: ¿cómo delimitar las responsabilidades que se derivan de la producción de externalidades en este tipo de transporte?, ¿sobre quién debe recaer su financiación?

Referencias bibliográficas

- Álvarez O, Cantos P y Pereira R, 2007. "Precios óptimos en el transporte interurbano por carretera". *Revista de Economía Aplicada*, vol. 45, págs. 155-182.
- Andrés S y Compés R, 2009. "Problemas contractuales y acuerdos de subcontratación: el caso de la logística frigorífica en la industria alimentaria española". *Estudios de Economía Aplicada*, vol. 27-1, págs. 23-52.
- Ahlstrand I, 2001. "The politics and economics of transport investment and pricing in Stockholm". *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 35, págs. 473-489.
- Barker T y Köhler J, 2000. "Changing for road freight in the EU. Economic implications of a weigh-in-motion tax". *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 34, págs. 311-332.
- Berechman J, 1987. "Cost structure and production technology in transit". *Regional Science and Urban Economics*, vol. 17, págs. 519-534.
- Betancor O y Nombela G, 2003. *The pilot account for Spain*. Competitive and Sustainable Growth Programme, UNITE, Universidad de Las Palmas y University of Leeds.
- Blauwens G, De Baere P y Van der Voorde E, 2007. *Transport Economics*. Editado por Uitgeverij De Boeck.
- Caves DW y Christensen LR, 1988. "The importance of economies of scale, capacity utilization, and density in explaining interindustry differences in productivity growth". *The Logistic and Transportation Review*, vol. 24, págs. 3-32.
- Coto P e Inglada V, 2003. "Market failures: the case for road congestion externalities", en Coto, P. (ed): *Essays on Microeconomics and Industrial Organization*. Springer-Verlag Heidelberg, Germany, capítulo 22.
- Daughety AF, Nelson FD y Vigdor WR, 1985. "An econometric analysis of the cost and production structure of the trucking industry". En Daughety, A.F. (ed): *Analytical Studies in Transport Economics*. Cambridge, Cambridge University Press, capítulo 2.
- De Rus G, 1989. "Análisis del mercado de servicios de transporte público en España: costes, demanda, precios y nivel de calidad". *Investigaciones Económicas*, vol. 15, nº 2, págs 229-247.
- De Rus G, et al., 2003. *Economía del Transporte*. Editado por Antoni Bosch, Barcelona.
- Dings, et al., 1999. "Efficient prices for transport. Estimating the social costs of vehicle use", Delft, CE (Centre for Energy Conservation and Environmental Technology).
- Dings, et al., 2003. "External and infrastructure costs of road and rail traffic-analysing European Studies", Delft, CE (Centre for Energy Conservation and Environmental Technology).
- Fowkes AS, Nash CA y Tweedle G, 1992. Harmonizing heavy goods vehicle taxes in Europe: a British review". *Transport Reviews*, vol. 12, nº 3, págs. 199-217.
- Green DL, Jones DW y Delucchi MA (eds.), 1997. *The full cost and benefits of transportation: contributions to theory, method and measurement*, Berlin, Springer Verlag.
- Harmatuck DJ, 1991. "Economies of scale and scope in the motor carrier industry". *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 25, págs. 135-151.
- Hurley W, 1995. "Is it necessary to regulate prices in freight transport markets?". *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 29, págs. 169-178.

- INFRAS/IWW, 2004. *External Costs of Transport. Update Study*, Zurich, Infrass.
- Lera F, Faulín J, Úbeda S, Pintor JM y San Miguel J, 2007. "Evaluación de los costes medioambientales y de seguridad en el transporte de mercancías por carretera". *Información Comercial Española*, vol. 834, págs. 145-161.
- Libro Blanco de los Operadores Logísticos en España, 2005. Editado por Transeditores S.A. (Grupo XXI), Vizcaya.
- Ministerio de Fomento, 2009. "Indicadores económicos del transporte". [En línea]. Ministerio de Fomento. <<http://www.fomento.es/BE/?nivel=2&orden=18000000>> [3 de marzo de 2009].
- Newbery D, 1988. "Road user charges in Britain". *The Economic Journal*, vol. 98, págs. 161-176.
- Newbery D, 1989. "Cost recovery from optimally designed roads". *Economica*, vol. 56, págs. 165-185.
- Newbery D, 1991. "Pricing and congestion: economic principles relevant to the pricing of roads". *Oxford Review of Economic Policy*, vol. 6, págs. 22-38.
- Oum TH y Waters WG, 1997. "Recent developments in cost function research in transportation". En De Rus, G. y Nash, C. (eds.), *Recent Developments in Transport Economics*, Aldershot.
- PEIT, 2005. "Marco económico y financiero del PEIT". Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte 2005-2020, Capítulo 8. Ministerio de Fomento, Madrid.
- Pels E y Rietveld P, 2000. "Cost functions in transport". En Hensher, D.A. y Button, K. (eds.), *Handbook of Transport Modelling*, Elsevier.
- Quinet E, 2004. "A meta-analysis of Western European external costs estimates". *Transportation Research Part D*, vol. 9, págs. 465-476.
- Quinet E y Vickerman R, 2004. *Principles of Transport Economics*. Editado por Edward Elgar Publications, París.
- Sansom T, Nash C, Mackie P, Shires J y Watkiss P, 2001. "Surface transport costs and charges". Institute for Transport Studies, University of Leeds.
- Vermeulen JPL, Boon BH, Van Hessen HP, Den Boer LC, Dings JMW, Bruinsma FR y Koetse MJ, 2004. "The price of transport. Overview of the social costs of transport", Delft, CE (Centre for Energy Conservation and Environmental Technology).
- Vivó D, 2007. "Informe sectorial: logística del frío". *Infopack*, vol. 126, págs. 8-20.
- Yin RK, 1994. *Case Study Research*. Editado por Sage Publications, California.
- (Aceptado para publicación el 2 de marzo de 2011)

Efectos del acolchado sobre la humedad, temperatura, estructura y salinidad de suelos agrícolas

W. Zribi, J.M. Faci y R. Aragües

Unidad de Suelos y Riegos (Unidad Asociada EEAD-CSIC), Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón, CITA, DGA. Avda. Montañana 930, 50059 Zaragoza. E-mail: wzribi@aragon.es

Resumen

Los efectos del acolchado sobre los cultivos, hortofrutícolas en particular, agentes patógenos, plagas y malas hierbas han sido extensamente estudiados, en contraste con los efectos sobre las características físicas y químicas del suelo que han sido menos investigados. El objetivo de esta revisión bibliográfica es analizar y sintetizar trabajos relevantes efectuados principalmente en la última década sobre los principales efectos de distintos tipos de acolchados inorgánicos y orgánicos en la humedad, temperatura, estructura y salinidad de los suelos agrícolas. En primer lugar, se discuten los distintos tipos de acolchado más utilizados en la agricultura de regadío. Los acolchados de material plástico son los más utilizados por ser económicos, pero su uso intensivo está produciendo una contaminación de los suelos por su alta estabilidad y persistencia de sus restos. Por ello, el plástico está siendo progresivamente sustituido por otros materiales alternativos biodegradables de tipo orgánico (paja, corteza de pino, papel) o mineral (geotextiles). En segundo lugar, se sintetizan los resultados acerca del efecto de distintos tipos de acolchado sobre algunas variables del suelo. El acolchado reduce la evaporación directa del agua desde la superficie del suelo, mantiene una mayor humedad en el suelo, favorece la estabilidad estructural y fertilidad del suelo y reduce la evapoconcentración y salinización del suelo. Asimismo, desde el punto de vista térmico, el acolchado orgánico amortigua las fluctuaciones de temperatura del suelo, mientras que el acolchado plástico favorece el calentamiento del suelo lo que puede provocar la precocidad beneficiosa de ciertos productos hortícolas.

Palabras clave: Mulch, mulching, plástico, polietileno, cloruro de polivinilo, geotextil, paja, corteza, madera, residuos orgánicos, evaporación, horticultura.

Summary

Mulching effects on moisture, temperature, structure and salinity of agricultural soils

The effects of mulching on crops, horticultural in particular, pathogens, pests and weeds have been extensively studied. In contrast, the mulching effects on soil physical and chemical characteristics have been less investigated. The aim of this bibliographic review is to analyze and synthesize relevant works carried out mainly in the last decade on the main effects of different types of inorganic and organic mulches on moisture, temperature, structure and salinity of agricultural soils. First, the different types of mulches most commonly used in irrigated agriculture are discussed. Plastic mulches are most widely used because they are the cheapest, but their intensive use is causing soil contamination due to their high stability and persistence of residues. Hence, plastic is being progressively substituted by other alternative biodegradable materials of organic (straw, pine bark, paper) or mineral (geotextiles) type. Secondly, the results about the effects of different types of mulches on several soil variables are summarized. Mulching reduces water evaporation from the soil surface, maintains higher soil moisture content, promotes the structural stability and fertility of soils and reduces evapoconcentration and soil salinization. Also, from a thermal point of view, organic mulches decrease soil temperature fluctuations whereas plastic mulches favour soil warming which may lead to a beneficial precocity of certain horticultural products.

Key words: Mulch, plastic, polyethylene, polyvinyl chloride, geotextil, straw, bark, wood, organic residues, evaporation, horticulture.

Introducción

El término acolchado hace referencia a cualquier manto de restos vegetales que se forman naturalmente o son aplicados a la superficie del suelo sin ser incorporados al mismo (Turney y Menge, 1994), así como a cualquier material sintético que se coloca sobre la superficie del suelo (Robinson, 1988).

Los acolchados se han utilizado desde hace muchos años en la agricultura, principalmente en horticultura y fruticultura. El motivo principal del uso de los acolchados es la mejora de la productividad del cultivo debida al control de las malas hierbas y de la temperatura del suelo, al aumento de la precocidad de la cosecha, y a la disminución de la evaporación de agua del suelo. Hay numerosas ventajas asociadas al empleo de los acolchados, pero su uso supone un importante coste que sólo es generalmente abordable en cultivos con una elevada rentabilidad económica.

El acolchado del suelo constituye una alternativa a los métodos tradicionales de control de malas hierbas ya que no produce contaminación del medio (suelo o aguas subterráneas) por productos fitosanitarios ni ocasiona problemas de erosión. El acolchado del suelo con materiales opacos evita la penetración de la luz y constituye una barrera física para la emergencia de la flora arvense (Teasdale, 2003). Asimismo, Walsh *et al.*, (1996) indican que el acolchado controla la maleza favoreciendo su asfixia y evitando la germinación de las semillas de las malas hierbas.

En general el uso de acolchados en agricultura tiene una serie de ventajas técnico-ambientales, pero implica un incremento de los costes de producción debido al elevado precio de algunos materiales usados como acolchados (Shenk, 1996) y al coste de transporte, instalación y manejo de los mismos. El uso de acolchados también puede tener desventajas como son los riesgos medioam-

bientales originados por algunos acolchados de material plástico no biodegradable cuyos residuos pueden contaminar los campos donde se instalaron (Lamont, 1993; Briassoulis, 2006). La recogida de estos residuos y su reciclaje es complicada ya que se encuentran mezclados con el suelo, lo cual dificulta su separación (González *et al.*, 2003). Otros inconvenientes son la posible proliferación de roedores (Zaragoza, 2003), el aumento de algunas plagas (Shenk, 1996) y los riesgos de incendios en el caso de los materiales orgánicos. Los resultados obtenidos en la bibliografía son muy variables debido a los distintos efectos de los acolchados que cambian según el tipo de material, el clima y el cultivo. Para conseguir los objetivos deseados con el acolchado es necesario hacer una elección adecuada del material apropiado que puede diferir para distintas situaciones (ISA, 2009).

A pesar de estas desventajas, el acolchado es un elemento indispensable en ciertas técnicas de producción, principalmente en hortofruticultura, por lo cual la mayoría de los trabajos de investigación se concentran en el estudio de los efectos del acolchado sobre los cultivos, los agentes patógenos, las plagas y las malas hierbas. Sin embargo, los efectos del acolchado sobre las características físicas y químicas del suelo han sido menos investigados. En la presente revisión se discuten los distintos tipos de acolchado más utilizados en la agricultura de regadío y se presentan y analizan los resultados de trabajos sobre los efectos del acolchado en las características físicas (humedad, temperatura y estabilidad estructural) y químicas (salinidad) del suelo.

Tipos de acolchados usados en agricultura

Los materiales utilizados tradicionalmente en los acolchados se clasifican en dos grupos: inorgánicos y orgánicos. Los materiales inor-

gánicos incluyen varios tipos de piedras (piedra volcánica, gravas), arena, materiales plásticos y materiales geotextiles, entre otros. En general los acolchados inorgánicos tardan mucho tiempo en descomponerse por lo que no necesitan ser reinstalados con frecuencia (International Society of Arboriculture-ISA, 2009). Los acolchados inorgánicos de distintos materiales plásticos son los más utilizados y representan el mayor volumen de uso en el cultivo de hortalizas comerciales.

Los materiales orgánicos pueden ser astillas o virutas de madera, hojas de pino, corteza de árboles, cáscaras de cacao, hojas, paja, papel, mulch mixto y una gran variedad de otros productos generalmente derivados de los restos vegetales de las plantas cultivadas. Los acolchados orgánicos se descomponen a diferentes ritmos dependiendo del tipo de material y las condiciones ambientales. Los que se descomponen con mayor rapidez se tienen que reponer con más frecuencia (ISA, 2009).

Acolchado plástico

Los acolchados plásticos se han utilizado comercialmente desde los años sesenta para mejorar la producción de hortalizas (Lamont, 1993). Según datos del CEP (Centro Español de Plásticos) correspondientes al año 2004, el consumo de plásticos en España fue de 3 748 790 toneladas, de las que el sector agrícola consumió 235482 toneladas, lo que representa el 6,3% del consumo total de plástico.

En cuanto al material, espesor y color, se utilizan diferentes tipos de plásticos que varían dependiendo del objetivo de su uso, del cultivo y de la región. La anchura de la lámina de plástico utilizada en los acolchados varía generalmente de 0,9 m a 1,5 m. En cuanto al espesor, al principio se utilizaban láminas de mayor espesor (entre 30 y 50 micras), pero en la actualidad es común el

uso de láminas más finas de unas 15 micras (Gutiérrez *et al.*, 2003).

El polietileno es uno de los materiales plásticos más utilizados en el acolchado, debido a que es fácil de procesar, tiene excelente resistencia física y química, alta durabilidad, flexibilidad y es inodoro en comparación con otros polímeros. Con el acolchado plástico se forma una barrera relativamente impermeable al flujo de vapor de agua en la superficie del suelo que cambia el modelo de flujo de calor y de evaporación de agua (Tripathi y Katiyar, 1984). El acolchado plástico de color negro es el estándar de la industria (Tarara, 2000), pero también se fabrica en otros colores con diferentes propiedades ópticas (Ngouajio y Ernest, 2005). Estas diferencias en las características ópticas afectan al modo en el que el acolchado plástico modifica el microclima alrededor del cultivo (Kasperbauer y Hunt, 1988; Tarara, 2000).

El uso de plásticos supone un grave problema de impacto paisajístico por su lenta degradación, su permanencia en el campo y la contaminación potencial del suelo. El coste de la retirada de los restos plásticos es muy alto (Moreno *et al.*, 2004), por lo que el uso de materiales biodegradables tiene un gran futuro. La degradación puede ser biológica (bacterias u otros agentes biológicos) o por la acción de la radiación solar.

Acolchado geotextil

El geotextil se define como un material polimérico (sintético o natural) permeable que puede ser tejido o no tejido (BOE, 2002). El geotextil se caracteriza por su multitud de aplicaciones. El uso de los geotextiles tejidos y no tejidos puede definirse mediante las funciones que va a desempeñar. Estas funciones pueden ser de separación, filtración, drenaje, refuerzo, contención de fluido/gas, control de erosión o protección. En algunos

casos los geotextiles pueden cumplir simultáneamente varias funciones (Martinek, 1986).

Martin *et al.* (1991) indican que el uso del geotextil (sobre todo el polipropileno) como acolchado del suelo es una nueva tecnología en la que se buscan propiedades distintas a las del polietileno negro puesto que los geotextiles son permeables al agua y al CO₂. Una ventaja importante de los geotextiles en comparación con el polietileno negro es su biodegradación natural, lo cual supone una gran ventaja medioambiental.

Acolchado de residuos orgánicos

El acolchado orgánico favorece el desarrollo y la actividad de diversos microorganismos que se encuentran en el suelo, ayudando también a mantener una temperatura constante para garantizar su actividad (Infante, 2004). La dinámica de los procesos de descomposición de los materiales orgánicos, su acción residual y el aporte de elementos fertilizantes dependen de un conjunto de variables como la naturaleza de los productos, las características del suelo, las poblaciones de organismos y su actividad, y las características climáticas (Matheus *et al.*, 2007).

Los materiales más utilizados como acolchado orgánico son el serrín, la corteza de pino, los restos de madera de poda, la paja y la cascarilla de cereales y otros residuos vegetales como los restos troceados de la madera de poda en plantaciones frutales. El uso de unos u otros depende de su disponibilidad y costo.

Efectos del acolchado sobre la humedad del suelo

Se han realizado numerosos estudios para determinar la influencia del acolchado en la evaporación de agua desde el suelo y en su

contenido de humedad (Cook *et al.*, 2006; Ramakrishna *et al.*, 2006; Yang *et al.*, 2006). El acolchado puede debilitar la intensidad del intercambio turbulento entre la atmósfera y el agua del suelo, lo que reduce su evaporación (Dong y Qian, 2002). Turney y Menge (1994) concluyen que el acolchado favorece la conservación de la humedad del suelo, disminuye la escorrentía superficial y la erosión del suelo y aumenta la permeabilidad y la capacidad de retención de agua del suelo.

El acolchado aumenta significativamente la humedad del suelo en la capa superficial (0 - 5 cm) en comparación con el suelo desnudo (Zhang *et al.*, 2008). Chaudhry *et al.* (2004) indican que la tasa de infiltración de agua en el suelo cubierto con diferentes tipos de acolchados permeables aumentó un 30% en comparación con el suelo desnudo.

Los residuos vegetales provenientes de restos de cosecha (paja, cortezas, residuos de poda, etc.) reducen la evaporación al disminuir la cantidad de energía radiante absorbida y reducir al mínimo el flujo de aire en la superficie del suelo. Gonzalo (2009) estudió la evolución con el tiempo de la evaporación acumulada de agua de una lámina libre de agua y de un suelo desnudo y acolchado con dos cubiertas de paja. Sus resultados mostraron que los acolchados con paja redujeron drásticamente las tasas de evaporación y mantuvieron una humedad del suelo mayor que la del suelo desnudo. Dahiya *et al.* (2007) concluyen que los residuos vegetales redujeron la evaporación del suelo en un valor medio de 0,39 mm/día en comparación con el control. En un cultivo de vid, Stewart (2005) observó un mayor contenido de humedad del suelo con el acolchado de paja que en suelo desnudo. Sin embargo, Mellouli *et al.* (2000) concluyeron que la reducción de la evaporación con acolchados orgánicos disminuye con el tiempo. La conservación de agua en suelos acolchados con residuos vegetales depende

de las características del material usado. Así, Robinson (1988) indica que las partículas de corteza de pino menores de 25 mm conservan más humedad en el suelo que las mayores de 75 mm.

El acolchado mineral (plástico), más impermeable al vapor de agua que el orgánico, conserva de forma más eficiente la humedad del suelo que el acolchado orgánico (Lei *et al.*, 2004). La utilización de acolchado plástico de polietileno logra los mayores efectos en la economía del agua ya que su gran impermeabilidad impide la evaporación desde la superficie del suelo, quedando el agua a disposición del cultivo que se beneficia de un suministro más constante y regular (Maurya y Lal, 1981; 2003; Jia *et al.*, 2006; Ramakrishna *et al.*, 2006; Li *et al.*, 2009). Sin embargo, Hogue y Neilsen (1987) concluyen que el acolchado orgánico fue más eficiente que el inorgánico en el aumento de la humedad del suelo en una plantación de manzanos. Yang *et al.* (2006) encontraron que el acolchado de paja mantuvo un mayor contenido de agua en el suelo que el acolchado de lámina de plástico y el suelo desnudo. Asimismo, Ghosh *et al.* (2006) encontraron que el acolchado de paja de trigo en un cultivo de cacahuete mantenía una humedad en el suelo ligeramente mayor que el acolchado de plástico y sensiblemente superior a la humedad del suelo desnudo.

El acolchado geotextil también reduce la evaporación de agua desde el suelo (Walsh *et al.*, 1996) aunque en menor medida que las cubiertas plásticas. Así, Dudeck *et al.* (1970) encontraron diferencias significativas en la humedad del suelo con y sin geotextil en un suelo franco arcillo-limoso: la humedad gravimétrica del suelo con geotextil de yute fue, respectivamente, del 23% y 21%, frente a una humedad del suelo desnudo del 13%. Morgan y Rickson (1995) encontraron que solo el geotextil grueso protegía el suelo de las pérdidas de agua por evaporación, manteniendo buenos niveles de humedad.

Díaz *et al.* (2005) investigaron el efecto del grosor y tamaño de un acolchado de piedra volcánica granulada sobre la evaporación del suelo de una región volcánica española con una precipitación inferior a 150 mm al año. Los resultados mostraron que la evaporación de agua desde el suelo disminuye al aumentar el grosor del acolchado. La evaporación se redujo un 92% y un 52% con acolchados de un espesor de 10 y 2 cm, respectivamente.

En relación con el rendimiento de los cultivos, Fairbourn (1973) obtuvo en suelos acolchados con grava (1,8 cm de diámetro y espesores de 2,5 y 3,8 cm) de una región árida (precipitación media anual de 250 a 450 mm), unos rendimientos de maíz y sorgo significativamente mayores que los obtenidos en suelo desnudo o cubierto con residuos de maíz (13,5 Mg/ha de residuos) debido a las menores pérdidas de agua por evaporación del suelo cubierto con grava respecto al control y al suelo cubierto con los residuos de maíz. Asimismo, Walsh *et al.* (1996) mostraron que la aplicación de una capa de geotextil al suelo en una plantación de manzanos mantuvo la humedad del suelo a niveles más altos que en el suelo desnudo o en el suelo con un cultivo de hierba.

En síntesis, todos los materiales de acolchado reducen significativamente la evaporación de agua y promueven la conservación de agua en el suelo en relación a suelos desnudos. La eficiencia de los distintos materiales en la reducción de la evaporación directa de agua del suelo depende fundamentalmente de las propias características del material utilizado pero parece ser ambiente-dependiente, ya que un buen número de trabajos indican que el acolchado plástico debido a su impermeabilidad es el más eficaz, pero otros trabajos concluyen que, bajo ciertas condiciones como la temperatura de suelo elevada, algunos acolchados orgánicos pueden ser más eficientes que el plástico.

Efectos del acolchado sobre la temperatura del suelo

El acolchado modifica la energía que llega al suelo, el intercambio de calor, el balance de energía y el régimen térmico (Gonzalo, 2009). Un aspecto positivo del acolchado es la disminución en las fluctuaciones de temperatura del suelo, amortiguando los picos máximos y mínimos principalmente en los primeros 15 cm de profundidad (Leal, 2007). Esta amortiguación genera un mayor crecimiento radicular, especialmente en árboles jóvenes y en zonas con veranos muy cálidos (Turney y Menge, 1994; Foshee *et al.*, 1996; Lalitha *et al.*, 2001).

El efecto del acolchado en la temperatura del suelo depende de las características del material de acolchado, siendo siempre la temperatura diurna más baja y la nocturna más alta que en el suelo desnudo (Robinson, 1988). El acolchado plástico se comporta como un filtro de doble efecto, acumulando calor en el suelo durante el día por el efecto invernadero y perdiendo parte del mismo durante la noche, lo que evita o disminuye el riesgo de heladas por bajas temperaturas del aire. Durante la noche, el film plástico detiene, en cierto grado, el paso de la radiación de onda larga (calor) del suelo a la atmósfera (Valenzuela y Gutiérrez, 2003).

Munguía *et al.* (2004) encontraron en un cultivo de melón bajo acolchado plástico que la temperatura media del suelo y del dosel vegetal fueron mayores que en el suelo desnudo. Asimismo, la radiación neta y el flujo de calor latente y sensible fueron también mayores, lo que produjo precocidad en el desarrollo del cultivo. Bonanno *et al.* (1987) concluyeron que la temperatura media del suelo fue mayor bajo el suelo acolchado que en el suelo desnudo. Sin embargo, la evolución de la temperatura del suelo varía considerablemente según el color del acolchado y su composición. El

plástico transparente permite el paso de la radiación luminosa que aumenta la temperatura del suelo, mientras que el plástico negro absorbe la mayor parte de la radiación y obstaculiza hasta cierto grado el calentamiento del suelo.

Stinson *et al.* (1990) indicaron que el acolchado orgánico permite mantener la temperatura del suelo más baja en verano y más alta en invierno, siendo las temperaturas de los diferentes acolchados significativamente más bajas en verano en comparación con el suelo desnudo. Asimismo, Walsh *et al.* (1996) indicaron que la paja mantiene una temperatura más constante y más baja que el suelo desnudo.

Yang *et al.* (2006) encontraron que la temperatura del suelo bajo acolchado de paja se mantiene tanto en días soleados como en días nublados por debajo de la temperatura del suelo bajo acolchado plástico. Sin embargo, las temperaturas en suelos cubiertos por geotextil tienden a ser mayores y tienen mayor variabilidad que en el suelo bajo acolchado orgánico (Neilsen *et al.*, 1986; Fear y Nonnecke, 1989).

El incremento de la temperatura del suelo por efecto de algunos tipos de acolchado puede ser beneficioso para los cultivos debido al aumento de la mineralización de los nutrientes del suelo, pero puede también aumentar la desecación del suelo y generar un estrés hídrico en el cultivo (Walsh *et al.*, 1996).

Finalmente, Richards (1983) concluye que el acolchado puede proporcionar un ambiente ideal para el desarrollo de las raíces que es esencial para el crecimiento y el desarrollo de las plantas. Este autor indica que el crecimiento de raíces en plantas de vid generalmente tiene lugar cuando las temperaturas superan los 6 °C, alcanzando el óptimo a 30 °C. Muchos autores han demostrado que la temperatura de la zona radicular de la vid influye en la brotación, en el crecimiento de

los brotes y en la composición de la fruta en un ambiente controlado (Leal, 2007).

Debido al calentamiento del suelo, el uso del acolchado sobre todo los de material plástico, proporciona al productor una herramienta de gran interés para aumentar la precocidad de los cultivos especialmente en variedades tempranas hortícolas y frutícolas.

Moreno (2009) encontró que el uso de acolchado plástico en una variedad de ciruelo, con una fecha de recolección media en la última decena de mayo, produjo un adelanto de unos 15 días respecto al testigo sobre suelo desnudo. Asimismo, la utilización de acolchados plásticos favorece un rápido crecimiento y un incremento del rendimiento en productos hortícolas como en el melón (Lamont *et al.*, 1993, Munguía *et al.*, 2004), sandía (Moreno *et al.*, 2005), tomate y pimiento (Ibarra, 2004). Munguía *et al.* (2004) encontraron en un cultivo de melón bajo acolchado plástico que la resistencia estomática, la temperatura del suelo y la temperatura del dosel vegetal fueron mayores que en suelo desnudo. La radiación neta y el flujo de calor latente y sensible fueron también mayores en el suelo bajo plástico, lo que produjo precocidad en el desarrollo de los frutos de melón. Asimismo, Arrellano *et al.* (2003) observaron un adelanto de la cosecha del melón en suelo bajo acolchado plástico que se inició a partir de la segunda semana de mayo, mientras que en el sistema tradicional (suelo desnudo) se inició 3 semanas después, incrementándose significativamente el precio de venta del melón temprano.

Dada la creciente competitividad de los mercados alimentarios y los elevados precios de productos tempranos, el acolchado del suelo puede constituir un factor de éxito económico muy relevante para el productor hortofrutícola.

Efectos del acolchado sobre la estructura y la fertilidad del suelo

La estructura del suelo acolchado se mantiene en un mejor estado que la del suelo desnudo durante más largo plazo gracias a la protección contra los agentes atmosféricos que proporciona el acolchado. El efecto beneficioso del acolchado en la estructura del suelo es consecuencia principalmente de una amortiguación de la energía cinética de las gotas de lluvia (y aspersión en su caso) que reduce la dispersión física del suelo y el sellado superficial, manteniendo la tasa de infiltración de agua en el suelo (Erenestein, 2002). Además el aumento de la temperatura y de la humedad del suelo favorece la mineralización del suelo, lo que genera una mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas (entre otros el nitrógeno) y un aumento de la materia orgánica del suelo. El acolchado protege el suelo de la erosión de la lluvia, de las tormentas de granizo y de la desecación del suelo por el viento (Smets y Poesen, 2009).

Los acolchados orgánicos favorecen la actividad de la microfauna del suelo y la proliferación de raíces, lo que disminuye la compactación del suelo debido a la agregación de las partículas finas de arcilla. Además, al descomponerse la materia orgánica se forman compuestos cementantes que forman agregados más estables, lo que permite el movimiento de gases tales como CO₂ y O₂ y aumenta la fertilidad del suelo (Turney y Menge, 1994). Según Ceccanti *et al.* (2007), la aplicación de paja en la superficie del suelo aumentó el contenido de materia orgánica caracterizada por un alto índice de humificación.

Ghosh *et al.* (2006) confirman estos resultados, encontrando que el acolchado de suelo con paja de trigo genera hábitats más favorables para las lombrices, insectos y microorganismos patógenos, lo que contribuye a

una densidad aparente del suelo más baja que en el caso del acolchado del suelo con polietileno. Así, uno de los efectos más significativos del acolchado es el relacionado con la porosidad, que aumenta hasta una profundidad de 50 cm, permitiendo una buena aireación del suelo y un desarrollo mayor del sistema radicular (Tesi, 2000) lo que conduce a una mejor absorción del agua y de los nutrientes del subsuelo.

En una región semi-árida del sur de España, el acolchado del suelo con diferentes cantidades de paja de trigo (0, 1, 5, 10 y 15 Mg ha⁻¹) produjo en la parte superficial del suelo (0 a 10 cm de profundidad) un incremento significativo respecto al control del contenido de materia orgánica, de la porosidad y de la estabilidad estructural del suelo después de 3 años de tratamiento. La mejora de estas propiedades químicas y físicas del suelo condujo a una disminución de la escorrentía y de las pérdidas del suelo por erosión para aplicaciones de paja por encima de 5 Mg ha⁻¹año⁻¹ (Jordán *et al.*, 2010). Además, Lattanzi *et al.* (1974), concluyeron que la erosión laminar se redujo en un 40 % con la aplicación de 0,5 Mg ha⁻¹ de paja de trigo y en un 80 % con la aplicación de 2,0 Mg ha⁻¹ en comparación con el suelo desnudo. Sin duda, la disminución de la erosión producida por el acolchado reduce también las pérdidas de los nutrientes del suelo y de los fertilizantes. En Canadá, la aplicación de 2,25 Mg ha⁻¹ de paja de trigo redujo las pérdidas de los nutrientes NO₃, N, P, K, Mg, y Ca en el suelo (Rees *et al.*, 1999).

En síntesis, el acolchado mantiene una buena estructura del suelo que previene su compactación y la formación de costras superficiales impermeables. El suelo acolchado permanece más aireado y con una porosidad mayor que la del suelo desnudo, lo que favorece un buen desarrollo del sistema radicular y un uso eficaz de los nutrientes.

Efectos del acolchado sobre la salinidad del suelo

El control de la salinidad del suelo es fundamental para la producción óptima de los cultivos. Las prácticas que reducen la evaporación del agua (efecto evapoconcentración) y/o favorecen el flujo descendente de agua en el suelo (efecto lavado) son claves para el control de la salinidad en la zona radicular de los cultivos.

El acolchado es una práctica eficaz que reduce la salinidad y conserva la humedad en la zona radicular (Rahman *et al.*, 2006), principalmente en los primeros cm de suelo (Stewart 2005, Zhang *et al.*, 2008), lo que permite el uso de aguas más salinas sin un efecto perjudicial sobre el crecimiento de los cultivos. Zhang *et al.* (2008) indican que en suelos desnudos la mayor acumulación de sales se produce en el suelo superficial debido al efecto evapoconcentración.

El daño causado por las sales solubles es más severo durante la emergencia y crecimiento inicial de ciertos cultivos. Así, Dong *et al.* (2008) concluyeron que el acolchado de algodón mantiene un mayor contenido de humedad, reduce la evaporación y salinización del suelo y favorece una buena emergencia y establecimiento del cultivo.

Smith (1962), citado por Gonzalo (2009), trabajando en una región semiárida del oeste de Australia, concluyó que el acolchado con una capa de arena de 5 cm fue efectivo para aumentar el lavado de sales durante las lluvias de invierno, así como para reducir la evaporación y el consiguiente ascenso capilar de sales en verano.

En un ensayo realizado en un cultivo de pimiento, Zhang *et al.* (2008) concluyeron que el aumento de la salinidad del agua de riego incrementó la salinidad del suelo, pero el uso de acolchados de polietileno, paja de arroz, hojas de pino y grava disminuyó la

concentración de sales en el suelo en comparación con el suelo desnudo. Las diferencias de salinidad del suelo para los diferentes acolchados fueron escasas y, en general, no significativamente diferentes entre sí.

El efecto del acolchado sobre la salinidad del suelo depende de la tasa de evaporación del suelo y del tipo de acolchado. En un cultivo de acelga regado con aguas de diferentes niveles de salinidad, el aumento de la salinidad del agua de riego incrementó la salinidad del suelo. Sin embargo, el uso del acolchado con grava, hojas de pino y paja de arroz redujo los valores de salinidad (CE) al 61, 62 y 50%, respectivamente, de la CE del testigo sin acolchado (Zhang *et al.*, 2008).

Chaudhry *et al.* (2004) evaluaron el efecto de diferentes acolchados (suelo desnudo, acolchados con paja de arroz, lámina de polietileno y suelo con una labor mecánica) sobre la humedad, salinidad y sodicidad de un suelo arcillo-limoso en una plantación de eucalipto regada con un agua de CE = 1,7 dS/m y RAS = 13,5 (mmol/l)^{0,5} durante un

año. La evaporación del tanque clase A durante el período de estudio fue de unos 570 mm, la lluvia de 174 mm y el número de riegos varió entre 4 y 7 según tratamientos. La Tabla 1 resume algunos resultados relevantes para los tratamientos de suelo desnudo (Desnudo), acolchados con paja de arroz (Paja) y lámina de polietileno (Plástico), y suelo con una labor mecánica (Laboreo). El mayor descenso de salinidad (-34%) se obtuvo con la paja, seguido del laboreo (-28%), mientras que la salinidad aumentó un 11% en el suelo desnudo. Asimismo, el mayor descenso de sodicidad (RAS) se obtuvo con el plástico y el suelo con laboreo (descensos del orden del 37 y 30% respectivamente). La mayor conservación de agua se alcanzó con plástico (+45%) y paja (+30%). Los autores no discuten las razones de estos resultados, aunque cabría pensar que los mayores descensos de salinidad y sodicidad con paja y laboreo fueron debidos a la lluvia, mientras que el plástico sería el acolchado más eficiente desde el punto de vista de la reducción de la evaporación.

Tabla 1. Porcentaje del cambio final respecto al inicial de la salinidad (conductividad eléctrica del extracto saturado, CEe), sodicidad (relación de adsorción de sodio del extracto saturado, RASe) y humedad del suelo (en % de conservación de agua respecto a la humedad del tratamiento Desnudo) (Chaudhry *et al.*, 2004)

Table 1. Percentage of final change in relation to the initial soil salinity (electrical conductivity of saturated extract, ECe), sodicity (sodium adsorption ratio of saturated extract, SARE) and moisture (% of water conservation in relation to the moisture of unmulched treatment) (Chaudhry *et al.*, 2004)

Tratamiento	% cambio final respecto a inicial		
	CEe (dS m ⁻¹)	RAS (mmol l ⁻¹) ^{0,5}	Humedad (%)
Desnudo	11	-8	-
Paja	-34	-32	30
Plástico	-2	-37	45
Laboreo	-28	-30	15

En riego por goteo las sales se desplazan lateralmente hacia la periferia de la zona humedecida por los goteros (Hoffman y Shannon, 2007). En riego por goteo de alta frecuencia, la superficie del suelo está húmeda de forma prolongada, por lo que la tasa de evaporación y la evapo-concentración pueden ser elevadas. Cuando se aplica acolchado, la concentración de sales en la superficie del suelo disminuye debido a una menor evapo-concentración del agua del suelo. Asimismo, la cantidad de sales incorporada con el agua de riego disminuye si se reduce el volumen de riego aplicado. Así, ensayos con acolchado de compost en un cultivo de vid redujeron el agua aplicada en un tercio, reduciéndose asimismo la salinidad del suelo ya que las sales del agua de riego eran el mayor input de sales en el suelo (Buckerfield y Webster, 2002).

Por otro lado, la disminución de la evaporación del suelo con el acolchado lleva a una distribución más homogénea de la salinidad en el perfil del suelo (Gracia, 2008). Huang *et al.* (2001, 2009) observaron estos hechos con un acolchado con paja de trigo que impidió la acumulación superficial de sales y condujo a una distribución uniforme de la salinidad en la profundidad de 0-10 cm del suelo. Tejedor *et al.* (2003) estudiaron el efecto del acolchado de suelo con lavas volcánicas sobre la recuperación de suelos salinos y sódicos, concluyendo que la variabilidad espacial de la CE en el perfil del suelo acolchado fue muy inferior a la del suelo desnudo.

Yang *et al.* (2006), estudiaron el efecto de cuatro sistemas de acolchado (suelo desnudo, planchas de hormigón, paja y plástico) sobre la salinidad del suelo. Estos acolchados produjeron efectos significativos en la reducción de la salinidad del suelo en comparación con el suelo desnudo, con un mayor efecto del acolchado con planchas de hormigón de 3 cm de espesor, seguido por la paja y el plástico. Estos autores concluyen que el mayor efecto del acolchado con paja en la reduc-

ción de la salinidad del suelo en comparación con el acolchado plástico puede atribuirse a que la paja permite el paso de la lluvia y favorece el lavado de sales.

Por otro lado, el acolchado puede limitar el lavado de nitratos y la contaminación de las aguas subterráneas. Romic *et al.* (2003) realizaron un ensayo de campo de dos años en un cultivo de pimiento regado por goteo para analizar el efecto de dos tipos de acolchado (polietileno negro y celulosa biodegradable) y del suelo desnudo sobre el lavado del nitrógeno. El uso del polietileno negro redujo significativamente este lavado, seguido por la celulosa biodegradable en comparación con el suelo desnudo.

Díaz *et al.* (2003) estudiaron la diferencia en el contenido de iones de suelos acolchados y desnudos. Sus resultados indican que los iones dominantes (Cl^- y Na^+) tuvieron bajas concentraciones en el suelo acolchado y más altas en el suelo desnudo. La concentración de Na^+ y Ca^{++} difirió significativamente en ambos suelos, con un mayor contenido de Na^+ intercambiable en el suelo desnudo.

Otros trabajos analizan el efecto del acolchado sobre el contenido iónico en las hojas. Dong *et al.* (2009) concluyen que el acolchado redujo el contenido de Na^+ en las hojas de algodón. Stewart (2005) concluye que en el tercer año de un ensayo en vid el contenido de cloruro y sodio en el pecíolo de las hojas fue menor en plantas cultivadas en suelo acolchado con paja que en suelo desnudo. Asimismo, Cabañero *et al.* (2004), y Rubio *et al.* (2003) (citado por García, 2008) concluyen que el acolchado plástico favorece la absorción de Ca^{++} y reduce la absorción de Na^+ en pimiento. Estos resultados confirman que el acolchado disminuye la evaporación directa de agua desde el suelo, por lo que aumenta el contenido de agua del suelo y disminuye la concentración de sales en la solución del suelo, lo que reduce la absorción de sales por las plantas de vid.

Tabla 2. Síntesis cualitativa de los efectos positivos y negativos del acolchado del suelo desde el punto de vista de la humedad, temperatura, estructura y salinidad del suelo
 Table 2. Qualitative summary of the positive and negative effects of soil mulching from the point of view of soil moisture, temperature, structure and salinity

Efectos positivos	Efectos negativos
<ul style="list-style-type: none"> • Ahorro de agua en el suelo, impidiendo o limitando la evaporación desde su superficie. El agua ahorrada queda a disposición del cultivo, que se beneficia de un suministro más constante y regular. • Disminución en las fluctuaciones de temperatura del suelo. Los acolchados plástico y geotextil se comportan como un filtro de doble efecto, acumulando calor durante el día y liberándolo durante la noche, lo que reduce el riesgo de heladas por bajas temperaturas del aire. El acolchado orgánico mantiene temperaturas bajas del suelo, limitando su calentamiento durante las épocas calidas del año. • Reducción del aumento de la salinidad y sodicidad del suelo que se produce por efecto de la evapoconcentración de agua y sales en la superficie del suelo. • Disminución de la escorrentía superficial y de la erosión del suelo, y protección de la estructura del suelo, incrementando su porosidad y la densidad de raíces de las plantas, lo que conduce a una mayor absorción de agua y nutrientes y a unos mayores rendimientos. • Degradación de los acolchados orgánicos que aportan materia orgánica al suelo y restablecen el equilibrio biológico, físico, químico y ecológico del suelo. • Costes muy bajos en el caso de restos de cosecha que constituyen cubiertas biodegradables a nivel local. • Incremento en la precocidad y en ciertos casos en la calidad del producto cosechado. • Mayores beneficios económicos (a estudiar caso por caso). 	<ul style="list-style-type: none"> • Costes elevados de adquisición, instalación (transporte, maquinaria especializada y/o mano de obra) y eliminación (mano de obra y transporte) de los acolchados plástico y geotextil. • Problemas medioambientales derivados de los restos plásticos no bio-degradables • Riesgo de incendios con los acolchados orgánicos (paja, cortezas, serrín, etc.). • Posible proliferación de roedores y, en el caso de acolchados plásticos, de plagas. • El acolchado plástico puede inducir cambios térmicos del suelo negativos para las plantas. • El acolchado plástico impide la entrada de agua de lluvia en la zona de raíces, limitando el lavado de sales • El acolchado orgánico puede incorporar semillas de malas hierbas al suelo. • Resultados variables y no extrapolables ya que dependen del tipo de cubierta, suelo, cultivo, clima y manejo agronómico.

Síntesis de resultados

Los resultados presentados en los capítulos anteriores acerca de las ventajas y limitaciones del acolchado del suelo son extensos, claros en algunos aspectos (reducción de la evaporación directa de agua desde el suelo y disminución de la concentración de sales en la solución del suelo) y contradictorias en otros (aumento o disminución de la temperatura del suelo según el tipo de acolchado). En este apartado se ha tratado de sintetizar y resaltar los efectos beneficiosos y negativos del acolchado que pueden sustentarse con más consistencia en base a los resultados de la bibliografía antes indicados. Así, la Tabla 2 presenta una síntesis cualitativa de los efectos positivos y negativos del acolchado sobre los diferentes atributos revisados en este trabajo y otros de tipo más agronómico. El objetivo de esta revisión es tratar de sintetizar y tipificar la amplia cantidad de información revisada en esta publicación.

Agradecimientos

Al IAMZ por la concesión de una beca a W. Zribi para la realización del Master. Al programa CONSOLIDER-INGENIO por la financiación del proyecto CSD2006-00067 dentro del cual se ha realizado esta publicación.

Referencias

- Arrellano J, Ríos P y Castillo I, 2003. Utilización de tecnologías de producción modernas para obtener ventajas de mercado: los casos del acolchado plástico y semillas híbridas en melón en la comarca lagunera. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 12: 582-595.
- Bonnano AR and Lamont JR, 1987. Effect of polyethylene mulches, irrigation method and row covers on soil and air temperature and yield of muskmelon. *HortScience*, 112: 735-738.
- Briassoulis D, 2006. Mechanical behaviour of biodegradable agricultural films under real field conditions. *Polymer Degradations and Stability*, 91: 1256-1272.
- Buckerfield JC and Webster KA, 2002. Organic matter management in vineyards: mulches for soil maintenance. *The Australian and New Zealand Grapegrower and Winemaker*, 461: 26-30.
- Centro Español de Plástico, 2004. <http://www.cep-inform.es/>
- Cook HF, Valdes SB and Lee HC, 2006. Mulch effects on rainfall interception, soil physical characteristics and temperature under Zea mays L. *Soil Till. Res.*, 91: 227-235.
- Chaudhry MR, Aziz AM and Sidhu M, 2004. Mulching impact on moisture conservation, soil properties and plant growth. *Pakistan J. Water Res.*, (82): 1-8.
- Dahiya R, Ingwersen J and Streck T, 2007. The effects of mulching and tillage on the water and temperature regimes of a loess soil: experimental findings and modeling. *Soil Till. Res.*, 96: 52-63.
- Díaz F, Jimenez CC and Tejedor M, 2005. Influence of the thickness and grain size of tephra mulch on soil water evaporation. *Agri. Water Manag.*, 74: 47-55.
- Dong ZY and Qian BF, 2002. Field investigation on effects of wheat-straw/corn-stalk mulch on ecological environment of upland crop farmland. *J. Zhejiang Univ. Sci.*, 3(2): 209-215.
- Dong H, Li W, Tang W and Zhang D, 2008. Furrow seeding with plastic mulching increases stand establishment and lint yield of cotton in a saline field. *Agron. J.*, 100: 1640-1646.
- Dong H, Li W, Tang W and Zhang D, 2009. Early plastic mulching increases stand establishment and lint yield of cotton in saline fields. *Field Crops Res.*, 111: 269-275.
- Dudeck AE, Swanson NP, Mielke LN and Dedrick AR, 1970. Mulches for grass establishment on fill slopes. *Agron. J.*, 62: 810-812.
- Erenstein O, 2002. Crop residue mulching in tropical and semi-tropical countries: An evaluation of residue availability and other technological implications. *Soil Till Res.*, 67: 115-133.

- Fear CD and Nonnecke GR, 1989. Soil mulches influence reproductive and vegetative growth of "Fern" and "Tistar" dayneutral strawberries. *HortScience*, 24: 912-913.
- Fairbourn ML, 1973. Effect of gravel mulch on crop yield. *Agron. J.*, 65: 925-928.
- Foshee W, Goff W, Tilit K, Williams J, 1996. Organic mulches increase growth of young Pecan trees. *HortScience*, 31(5): 811-812.
- Ghosh PK, Dayal D, Bandyopadhyay KK and Mohanty M, 2006. Evaluation of straw and polythene mulch for enhancing productivity of irrigated summer groundnut. *Field Crops Res.*, 99: 76-86.
- Gonzalo CR, 2009. Manejo de suelos en condiciones de escasez de agua. [http://www.dipalme.org/Servicios/Anexos/anexosiea.nsf/VAxos/EA-SA-C7/\\$File/SA-C7.pdf](http://www.dipalme.org/Servicios/Anexos/anexosiea.nsf/VAxos/EA-SA-C7/$File/SA-C7.pdf)
- González A, Fernández JA, Martín P, Rodríguez R, López J, Bañón S, Franco JA, 2003. Behaviour of biodegradable film for mulching in open-air melon cultivation in South-East Spain. *KTBL-Schrif.t*, 71-77.
- Gutiérrez M, Villa F, Cotrina F, Albalat A, Macua J, Romero J, Sanz J, Uribarri A, Sábada S, Aguado G y del Castillo J, 2003. Utilización de los plásticos en la horticultura del valle medio del Ebro. Dirección General de Tecnología Agraria. Informaciones técnicas. España.
- Hoffman GJ and Shannon MC, 2007. Salinity. *Developments in Agricultural Engineering.*, 13: 131-160.
- Hogue EJ and Neilsen GH, 1987. Orchard floor vegetation management. *Hortic. Rev.*, 9: 377-430.
- Ibarra L, Flores J, Quezada M y Zermeño A, 2004. Acolchado, riego y micro túneles en tomate, Chile Anaheim y Chile pimienta. *Horticultura.*, 10(2): 179-187.
- Infante A, 2004. Abonos verdes y mulch. *Chile Agrícola.*, 29(266): 30-31.
- Internatiocnal Society of Arboriculture, 2009. Técnicas apropiadas para aplicar el mulch. http://www.isahispana.com/treecare/resources/mulching_spanish.pdf
- Jia Y, Li FM, Wang XL and Yang SM, 2006. Soil water and alfalfa yields as affected by alternating ridges and furrows in rainfall harvest in a semiarid environment. *Field Crops Res.*, 97: 167-175.
- Jordán A, Zavala LM and Gil J, 2010. Effects of mulching on soil physical properties and runoff under semi-arid conditions in southern Spain. *Catena.*, 81: 77-85.
- Lalitha BS, Nagaraj KH and Anard TN, 2001. Effect of soil solarisation on weed dynamics and yield of groundnut-tomato sequence. *Mysore J. Agric. Sci.*, 35 (3): 226-231.
- Lamont WJ, 1993. Plastic mulches for the production of vegetable crops. *HortTech.*, 3: 35-39.
- Lattanzi AR, Meyer LD and Baumgardner MF, 1974. Influences of mulch rate and slope steepness on interrill erosion. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 38: 946-950.
- Leal GR, 2007. Influence of Reflective Mulch on Pinot noir Grape and Wine Quality. Master of Applied Science, Lincoln University. New Zealand.
- Lei Y, Takahashi H and Li W, 2004. Effects of concrete mulch on soil thermal and moisture regimes. *J. Agric. Meteorol.*, 60(1): 17-23.
- Li MZ, Li FM, Jin SL and Song Y, 2009. How two ridges and the furrow mulched with plastic film affect soil water, soil temperature and yield of maize on the semiarid Loess Plateau of China. *Field Crops Res.*, 113: 41-47.
- Martin ChA, Ponder HG and Gilliam ChA, 1991. Evaluation of Landscape Fabrics in Suppressing Growth of Weed Species. *J. Environ. Hort.*, 9(1): 38-40.
- Martinek K, 1986. Geotextiles used by the German Federal Railway-Experiences and Specifications. *Geotextiles and Geomembranes*, 3: 175-200.
- Matheus J, Caracas M y Fernández O, 2007. Eficiencia agronómica relativa de tres abonos orgánicos (vermicompost, compost, y gallinaza) en plantas de maíz (zea mays l). *Agricultura Andina*, 13: 27-31.

- Maurya PR and Lal R, 1981. Effect of different mulch materials on soil and on root growth and yield of maize and cowpea. *Field Crops Res.*, 4: 33-45.
- Mellouli HJ, Wesemael B, Poesen J and Hartmann R, 2000. Evaporation losses from bare soils as influenced by cultivation techniques in semi-arid regions. *Agri. Water. Manage.*, 42: 355-369.
- Moreno MM, Moreno A, Mancebo I, Meco R y Lopez JA, 2004. Comparación de diferentes materiales de acolchado en cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Producción de plantas y prácticas culturales.
- Morgan RPC and Rickson RJ, (eds.), 1995. Slope stabilization and erosion control: a bioengineering approach. E and FN Spon. London.
- Munguía J, Zermeño A, Quezada R, De La Rosa ML y Torres A, 2004. Relación entre los componentes del balance de energía y la Resistencia estomática en el cultivo de melón bajo acolchado plástico. *Revista Internacional de Botánica Experimental.*, 73: 181-19.
- Neilsen GH, Hogue EJ and Drought BG, 1986. The effect of orchard soil management on soil temperature and apple tree nutrition. *Can. J. Soil Sci.*, 66: 701-711.
- Ngouajio M and Ernest J, 2005. Changes in the physical, optical, and thermal properties of polyethylene mulches during double cropping. *HortScience.*, 40: 94-97.
- Rahman MJ, Uddin MS, Bagum SA, Mondol ATMAI and Zaman MM, 2006. Effect of mulches on the growth and yield of tomato in the costal area of Bangladesh under rainfed condition. *Int. J. Sustain. Crop. Prod.*, 1: 06-10.
- Ramakrishna A, Tam HM, Wani SP, Long TD, 2006. Effects of mulch on soil temperature, moisture, weed infestation and yield of groundnut in northern Vietnam. *Field Crops Res.*, 95: 115-125.
- Rees HW, Chow TL and Daigle JL, 1999. Effectiveness of terrace grassed waterway systems for soil and water conservation: A field evaluation. *J. Soil Water Cons.*, 54: 577-583.
- Richard D. 1983. The grape root system. *Hort. Reviews.*, 5: 127-168.
- Robinson D, 1988. Mulches and herbicides in ornamental plantings. *Hortscience.*, 23: 547-552.
- Romic D, Romic M, Borosic J and Poljak M, 2003. Mulching decrease nitrate leaching in bell pepper (*Capsicum annum* L.) cultivation. *Agric. Water Manage.*, 60: 87-97.
- Sarao GS and Lal R, 2003. Soil restorative effects of mulching on aggregation and carbon sequestration in a Miamian soil in central Ohio. *Land Degrad. And Dev.*, 14: 481-493.
- Shenk MD, 1996. Prácticas culturales para el manejo de malezas. pp: 173-179 En: Organización de la Naciones Unidas para la agricultura y alimentación (Ed.) Manejo de Malezas para países en desarrollo. FAO, Roma, Italia.
- Smets T, Poesen J, 2009. Impacts of soil tilth on the effectiveness of biological geotextiles in reducing runoff and interrill erosion. *Soil Till. Res.*, 103: 356-363.
- Stewart D, 2005. The effect of soil and irrigation management on grapevine performance. PhD Thesis, University of Adelaide, Australia.
- Stinson J, Brinen GM, Connell D and Black R, 1990. Evaluation of landscape mulches. *Hortscience*, 103: 372-377.
- Tarara JM, 2000. Microclimate modification with plastic mulch. *HortScience*, 35:169-180.
- Teasdale J, 2003. Principles and practices of using cover crops in weed management systems En: Weed management for developing countries. Addendum.
- Tejedor M, Jiménez CC and Díaz F, 2003. Use of volcanic mulch to rehabilitate saline-sodic soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 67: 1856-1861.
- Tesi R, 2000. Medios de protección para la hortaloflorofruticultura y los viverismo. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. España.
- Tripathi RP and Katiyar TPS, 1984. Effect of mulches on the thermal regime of soil. *Soil Till. Res.*, 4: 381-390.

- Turney J y Menge J, 1994. Root health: Mulching to control root disease in avocado and citrus. Riverside, California Avocado Society, Inc. California Avocado Comission and Citrus Research Board. 8 p.
- Valenzuela PA y Gutiérrez HC, 2003. Acolchado de suelo mediante filmes de polietileno. <http://www.biblioteca.org.ar/libros/8862.pdf>
- Walsh BD, Salmins S, Buszard DJ and MacKenzie AF, 1996. Impact of soil management systems on organic dwarf apple orchards and soil aggregate stability, bulk density, temperature and water content. *Can. J. Soil Sci.*, 203-209.
- Yang YM, Liu XJ, Li WQ and Li CZ, 2006. Effect of different mulch materials on winter wheat production in desalinized soil in Heilonggang region of North China. *J. Zhejiang Univ-Sc.*, 7(11): 858-867.
- Zaragoza C, 2003. Weed management in vegetables. En: Weed management for Developing Countries. Addendum 1. FAO Plant Production and Protection paper. Edited by Labrada, R. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italia. pp. 145-157.
- Zhang QT, Inoue M, Inosako K, Irshad M, Kondo K, Qui GY and Wang SH, 2008. Ameliorative effect of mulching on water use efficiency of swiss chard salt accumulation under saline irrigation. *J. Food. Agric. Environ.*, 3-4: 480-485.

(Aceptado para publicación el 2 de marzo de 2011)

**PREMIOS DE PRENSA AGRARIA 2011
DE LA
ASOCIACION INTERPROFESIONAL
PARA EL DESARROLLO AGRARIO**

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

Los premios se regirán de acuerdo a las siguientes

BASES

1. Podrán concursar todos los artículos que versen sobre cualquier tema técnico-económico-agrario.
2. Los artículos que podrán acceder al premio serán todos aquellos que se publiquen en ITEA en el año 2011. Consecuentemente, los originales deberán ser enviados de acuerdo con las normas de ITEA y aprobados por su Comité de Redacción.
3. El jurado estará constituido por las siguientes personas:
 - a) Presidente de AIDA, que presidirá el jurado.
 - b) Director de la revista ITEA, que actuará de Secretario.
 - c) Director Gerente del CITA (Diputación General de Aragón).
 - d) Director del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza.
 - e) Director de la Estación Experimental de Aula Dei.
 - f) Director del Instituto Pirenaico de Ecología.
4. El premio será anual y tendrá una dotación económica.
5. Las deliberaciones del jurado serán secretas, y su fallo inapelable.
6. El fallo del jurado se dará a conocer en la revista ITEA, y la entrega del premio se realizará con motivo de la celebración de las Jornadas de Estudio de AIDA.



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

CIHEAM/IAMZ - Cursos 2010-11-12

CIHEAM

	CURSOS	FECHAS	LUGAR	ORGANIZACIÓN
PRODUCCIÓN VEGETAL	* MEJORA GENÉTICA VEGETAL	4 Oct. 10/10 Jun. 11	Zaragoza	IAMZ/UdL
	* OLIVICULTURA Y ELAIOTECNIA	26 Sep. 11/31 Mayo 12	Córdoba	UCO/JA/CSIC/COI/ INIA/IAMZ
	USO DE LA TELEDETECCIÓN PARA LA GESTIÓN DEL RIEGO	21-26 Nov. 11	Zaragoza	IAMZ/UE-Proyecto Telerieg
	PRODUCCIÓN DE MEDICAMENTOS A PARTIR DE PLANTAS	16-20 Ene. 12	Zaragoza	IAMZ
	USO DE LOS MARCADORES MOLECULARES EN MEJORA VEGETAL	20 Feb./2 Mar. 12	Barcelona	IAMZ/IRTA/CRAG
	GESTIÓN DE MALAS HIERBAS EN LA AGRICULTURA ACTUAL	16-20 Abr. 12	Zaragoza	IAMZ/EWRS/SEMh/ IWSS
PRODUCCIÓN ANIMAL	PRODUCCIÓN CAPRINA	15-26 Nov. 10	Murcia	IAMZ/CAA-CARM
	CONSERVACIÓN Y GESTIÓN DE RECURSOS GENÉTICOS ANIMALES	17-21 Ene. 11	Zaragoza	IAMZ/FAO
	APLICACIONES DE LA GENÓMICA EN MEJORA ANIMAL	21-25 Mar. 11	León	IAMZ/Univ. León
	PRODUCCIÓN AVÍCOLA EN CLIMAS CÁLIDOS	9-14 Mayo 11	Zaragoza	IAMZ
	* NUTRICIÓN ANIMAL	3 Oct. 11/8 Jun. 12	Zaragoza	IAMZ/UZ/FEDNA/ UPM
	* MEJORA GENÉTICA ANIMAL Y BIOTECNOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN	3 Oct. 11/29 Jun. 12 Barcelona	Valencia/ IVIA/INIA/IRTA/	UPV/UAB/IAMZ/ AGROALIMED

(*) **Cursos de Especialización de Postgrado** del correspondiente Programa Master of Science (*marcados con asterisco en el listado). Se desarrollan cada dos años:

- MEJORA GENÉTICA VEGETAL: 10-11; 12-13; 14-15
- OLIVICULTURA Y ELAIOTECNIA: 11-12; 13-14; 15-16
- NUTRICIÓN ANIMAL: 11-12; 13-14; 15-16
- MEJORA GENÉTICA ANIMAL Y BIOTECNOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN: 11-12; 13-14; 15-16
- PLANIFICACIÓN INTEGRADA PARA EL DESARROLLO RURAL Y LA GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE: 10-11; 12-13; 14-15
- MARKETING AGROALIMENTARIO: 11-12; 13-14; 15-16
- ACUICULTURA: 10-11; 12-13; 14-15
- GESTIÓN PESQUERA SOSTENIBLE: 11-12; 13-14; 15-16

Se destinan primordialmente a titulados superiores en vías de especialización de posgrado. No obstante se estructuran en unidades independientes para facilitar la asistencia de profesionales interesados en aspectos parciales del programa. Los participantes que cumplan los requisitos académicos pueden optar a la realización del 2º año para la obtención del Título Master of Science. El plazo de inscripción para el curso de Olivicultura y elaiotecnia finaliza el 15 de Abril 2011. El plazo de inscripción para los cursos de Nutrición animal, Mejora genética animal y biotecnología de la reproducción, Marketing agroalimentario y Gestión pesquera sostenible finaliza el 4 de Mayo 2011. El plazo de inscripción para los cursos de Mejora genética vegetal, Planificación integrada para el desarrollo rural y la gestión del medio ambiente y Acuicultura finaliza el 4 de Mayo 2012. El Estado Español reconoce el título Master of Science del CIHEAM otorgado a través del IAMZ como equivalente al título oficial de Máster del sistema universitario español.

Los cursos de corta duración están orientados preferentemente a investigadores y profesionales relacionados en el desarrollo de sus funciones con la temática de los distintos cursos. El plazo de inscripción para los cursos de corta duración finaliza 90 días antes de la fecha de inicio del curso.

Becas. Los candidatos de países miembros del CIHEAM (Albania, Argelia, Egipto, España, Francia, Grecia, Italia, Líbano, Malta, Marruecos, Portugal, Túnez y Turquía) podrán solicitar becas que cubran los derechos de inscripción, así como becas que cubran los gastos de viaje y de estancia durante el curso. Los candidatos de otros países interesados en disponer de financiación deberán solicitarla directamente a otras instituciones nacionales o internacionales.

No obstante, en algunos cursos coorganizados con otras instituciones pueden existir becas destinadas a candidatos de algunos países no miembros del CIHEAM. Se recomienda consultar el correspondiente apartado de becas en el folleto informativo que se edita específicamente para cada uno de los cursos programados.

	CURSOS	FECHAS	LUGAR	ORGANIZACIÓN
MEDIO AMBIENTE	* PLANIFICACIÓN INTEGRADA PARA EL DESARROLLO RURAL Y LA GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	4 Oct. 10/10 Jun. 11	Zaragoza	IAMZ/UdL
	ECONOMÍA AMBIENTAL Y DE LOS RECURSOS NATURALES	7-18 Feb. 11	Zaragoza	IAMZ
	RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE RÍOS MEDITERRÁNEOS	19-24 Sep. 11	Zaragoza	IAMZ
	LOS INCENDIOS FORESTALES EN LA PERSPECTIVA DEL CAMBIO GLOBAL	13-17 Feb. 12	Zaragoza	IAMZ/UE-Proyecto FUME
	SISTEMAS DE AYUDA A LA DECISIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL DE ZONAS RURALES	19-23 Mar. 12	Zaragoza	IAMZ
	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS GEOESPACIALES EN ESTUDIOS AMBIENTALES	11-22 Jun. 12	Zaragoza	IAMZ
COMERCIALIZACIÓN	MARKETING DE PRODUCTOS ECOLÓGICOS	18-22 Oct. 10	Zaragoza	IAMZ
	INCORPORACIÓN DE LA CALIDAD Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA EN LOS PLANES DE MARKETING	4-8 Abr. 11	Zaragoza	IAMZ
	ESTRATEGIAS DE MARKETING PARA LOS PRODUCTORES AGRARIOS LOCALES	13-17 Jun. 11	Zaragoza	IAMZ
	* MARKETING AGROALIMENTARIO	3 Oct. 11/8 Jun. 12	Zaragoza	IAMZ
PESCA Y ACUICULTURA	* ACUICULTURA	18 Oct. 10/31 Mayo 11	Las Palmas de Gran Canaria	ULPGC/ICCM/IAMZ
	GESTIÓN DE LA SEGURIDAD EN MOLUSCOS BIVALVOS	27 Sep./1 Oct. 10	Santiago de Compostela	IAMZ/Univ. Santiago de Compostela/FAO
	CULTIVO DE ALGAS MARINAS: TÉCNICAS, USOS Y PERSPECTIVAS DE DESARROLLO	22-26 Nov. 10	Zaragoza	IAMZ
	HERRAMIENTAS PARA EL SEGUIMIENTO Y VIGILANCIA EN LOS SISTEMAS DE CONTROL DE LA PESCA	14-18 Mar. 11	Zaragoza	IAMZ/FAO
	MONITORIZACIÓN DE LOS EFECTOS AMBIENTALES DE LA ACUICULTURA	23-27 Mayo 11	Murcia	IAMZ/CAA-CARM
	* GESTIÓN PESQUERA SOSTENIBLE	17 Oct. 11/15 Jun. 12	Alicante	UA/MARM/IAMZ
	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y LA SEGURIDAD DEL PESCADO Y DE LOS PRODUCTOS DE LA PESCA	17-21 Oct. 11	Derio	IAMZ/AZTI-Tecnalia/FAO
	ANÁLISIS DEL RIESGO SANITARIO EN ACUICULTURA	12-16 Dic. 11	Zaragoza	IAMZ
	AVANCES EN REPRODUCCIÓN DE PECES Y SU APLICACIÓN AL MANEJO DE REPRODUCTORES	23-27 Ene. 12	Castellón	IAMZ/CSIC-IATS
SISTEMAS DE RECIRCULACIÓN Y SU APLICACIÓN EN ACUICULTURA	14-18 Mayo 12	Zaragoza	IAMZ	

Información e inscripción. Los folletos informativos de cada curso se editan 6-8 meses antes de la fecha de inicio. Dichos folletos, así como los correspondientes formularios de solicitud de admisión pueden solicitarse a la dirección del IAMZ u obtenerse directamente de la página web:

Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza

Avenida de Montañana 1005, 50059 Zaragoza (España)
 Teléfono +34 976 716000 - Fax +34 976 716001 - e-mail iamz@iamz.ciheam.org
www.iamz.ciheam.org



ASOCIACION INTERPROFESIONAL
PARA EL DESARROLLO AGRARIO

itea

Información Técnica Económica Agraria

CONCESIÓN DEL PREMIO PRENSA AGRARIA 2010 DE AIDA

Presidente

Ricardo Revilla Delgado

Vocales

Jesús Val Falcón

Dunixi Gaviña Iturriaga

José González Bonillo

Blas Valero Garcés

Secretario

Juan A. Marín Velázquez

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

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

Zaragoza 19 de Abril de 2011

EL PRESIDENTE DE AIDA
Ricardo Revilla Delgado

INSCRIPCIÓN EN AIDA

* Si desea Ud. pertenecer a la Asociación, rellene la ficha de inscripción y envíela a **Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario**. Avda. Montañana 930. 50059 Zaragoza.

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

Apellidos..... Nombre.....

Dirección postal

Teléfono..... Fax..... E-mail

Empresa

Área en que desarrolla su actividad profesional

Firma:

FORMA DE PAGO (COUTA ANUAL: 39 EUROS)

Cargo a tarjeta VISA ó MASTERCARD

Número tarjeta:

Válida hasta:

□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □

Cargo a cuenta corriente o libreta (rellenar la domiciliación bancaria)



Sr. Director del Banco/Caja

Muy Sr. mío:

Ruego a Vd. se sirva adeudar en la siguiente cuenta corriente / Libreta (20 dígitos)

.....

que mantengo en esa oficina, el recibo anual que será presentado por la **"Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario"**.

Atentamente,

Firmado:

Sello de la Entidad:

