

## Sumario

Editorial	71
Opinión	73

### Producción Animal

Efecto de la raza y temperatura interna de cocinado sobre algunas características de la textura de la carne bovina <i>Breed and endpoint temperature effects on some beef meat texture</i> B. Panea, A. Catalán y J.L. Olleta	77
---	----

Seroprevalencia de Rinotraqueítis Infecciosa Bovina en ganado lechero del sistema en transición orgánica de Tecpatan Chiapas <i>Seroprevalence of Infectious Bovine Rhinotracheitis in the dairy cattle system in transition to organics in Tecpatan Chiapas</i> B. Sánchez-Muñoz, J. Nahed-Toral, J.L. Ruiz-Rojas, E. Pérez-Vázquez y R. Solis-Zabaleta	89
--	----

Incidencia de alteraciones en el aparato reproductor de vacas sacrificadas en un matadero comercial de la Provincia de Lugo (Noroeste de España) <i>Incidence of alterations in the reproductive apparatus of sacrificed cows in a commercial slaughter house of the Province of Lugo (the Northwest of Spain)</i> J. Stephani de Souza, E. Costa Alexandre, L.A. Quintela, J.J. Becerra, J. Cainzos, F. Rivas, A. Prieto y P.G. Herradón	100
---	-----

### Producción Vegetal

La gestión del agua y la energía en el regadío mediante técnicas de Benchmarking <i>Water and energy management of irrigation systems by using Benchmarking techniques</i> J.I. Córcoles, J.A. de Juan, J.M. Tarjuelo, J.F. Ortega y M.A. Moreno	115
--	-----

Evaluación de la tolerancia de las flores de almendro a las heladas por la fluorescencia de clorofila <i>Evaluation of almond flower tolerance to frosts by chlorophyll fluorescence</i> O. Kodad, F. Morales y R. Socias	142
---	-----



# Editorial

## EL INIA y AIDA

En los primeros años 70 del siglo pasado, cuando AIDA empezaba su andadura con el objetivo de colaborar al desarrollo agrario de España, se crearon las estructuras de un nuevo INIA, entonces Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, por la fusión de tres organismos anteriores responsables de las investigaciones en los campos agronómico, animal y forestal. Cuando en los años 80 esta estructura se encontraba en un proceso de firme consolidación, se produjo el traspaso de la investigación agraria a las Comunidades Autónomas, aunque la estructura central del INIA ha seguido representando un punto de referencia y coordinación para todas las actividades de investigación y desarrollo en el mundo agrario.

A pesar de todas las vicisitudes de ambas instituciones y plenamente conscientes de su distinto nivel, AIDA e INIA han mantenido una línea constante de colaboración. El INIA, pleno conocedor del objetivo de AIDA, lo ha considerado siempre complementario a sus funciones, por lo que ha dado continuamente su apoyo a las distintas actividades de AIDA, en especial la celebración de las Jornadas de Estudio que se iniciaron en el año 1970.

En este momento, cuando se nos ha anunciado la Racionalización de Estructuras en la Administración General del Estado y la Reducción de Altos Cargos, hemos visto con estupor que se ha suprimido la Dirección General del Instituto Nacional de Investigaciones y Tecnologías Agrarias y Alimentarias. Aunque esta medida no lleva consigo la supresión del INIA, sí implica una degradación del mismo y no garantiza la capacidad de la Administración para continuar con la prestación de servicios al sector agroalimentario español, del que AIDA se considera parte activa. Al contrario, esta medida ilustra más bien la escasa importancia que la Administración Central presta a la generación del conocimiento, la innovación y el desarrollo agrario en general y agroalimentario en particular.

A lo largo de los 40 años de existencia del INIA, ha sido muy costoso crear la infraestructura y los medios que han permitido una transferencia efectiva al sector agrario. El INIA ha representado, además, un punto de cohesión para la investigación desarrollada en el ámbito de las Comunidades Autónomas, con el fin de potenciar su labor y favorecer su transferencia al sector. En estos momentos surge inevitablemente la incertidumbre sobre las posibilidades futuras de esta colaboración y de esta potenciación. Al contrario, parece que la Administración Central tiene un escaso conocimiento del campo español y de sus producciones agroalimentarias, sin los cuales no puede existir un sector agroindustrial fuerte ni se puede ofrecer al consumidor la garantía de los productos.

Desde AIDA, como han hecho otras organizaciones, queremos también manifestar nuestra preocupación sobre esta degradación del INIA, que viene en el fondo a representar una degradación del mundo agrario, para cuyo desarrollo nació y se mantiene nuestra Asociación.



## Opinión

### ¿Cómo podemos apoyar la lucha contra el cambio climático, desde la Agricultura?

1. ¿Qué sabemos, realmente los técnicos e investigadores...?
2. ¿Quién coordina la acción/acciones sobre estos temas...?
3. ¿Y en el caso de los programas de investigación...?
4. ¿Qué se informa a los agricultores y ganaderos...?

*La reciente clausura de la Cumbre de Copenhague, y todo su despliegue informativo, me ha hecho reflexionar sobre el papel que los técnicos e investigadores estamos desarrollando en este momento y en nuestro país, de cara a ese gravísimo problema (si realmente, todo el mundo admitiera la situación de gravedad que realmente representa, pues más bien da la impresión de que una gran mayoría no lo cree así...).*

*Aunque los resultados de dicha conferencia no han sido lo suficientemente aceptables, como para mirar –a corto plazo– el futuro con optimismo, creo que Europa, y a pesar de todo, debería lanzar su propio y más exigente compromiso en este tema, y ponerse a trabajar desde este mismo momento. Desde nuestro país, y las comunidades autónomas, entiendo que igualmente habría que plantearse esa misma exigencia y reto, y paso por ello, a exponer unas breves reflexiones.*

*Parten de las dos cuestiones, que yo mismo me he hecho, y que son: primero, **¿si realmente estamos lo suficientemente informados para conocer el problema real que tenemos** ¿ y la segunda, **¿si podríamos comenzar**, –dando por bueno que tenemos una buena información de partida– **a elaborar una verdadera estrategia de respuesta rápida** ¿.*

*A la primera pregunta, he de reconocer, que mi particular bagaje informativo es bien escaso, dado que únicamente he leído los documentos oficiales de mi Comunidad , sobre la Estrategia contra el cambio climático, y el Plan de acción contra el cambio climático, la Acción de la Unión Europea contra el cambio climático, la primera estimación del impacto ambiental (CO2) de una determinada producción pecuaria intensiva (porcino) de un país vecino, el informe sobre el Comportamiento medioambiental de la agricultura en la OCDE, referido a nuestro país, y alguna de las publicaciones del IDAE y MARM sobre ahorro y eficiencia energética en la agricultura.*

*La respuesta a la segunda pregunta, la dejo en suspenso hasta conocer si realmente, mis cuestiones y dudas personales, son generales entre técnicos e investigadores, o por el contrario, somos realmente unos pocos, los mal informados y preparados en este tema.*

*La primera pregunta del conjunto que planteo en el título: **¿qué sabemos realmente, los técnicos y los investigadores sobre este tema...?** , me surge, –y vuelvo a insistir en mi escasa información– porque la lectura de los dos primeros documentos indicados, en lo referente a Agricultura, me lleva a la duda de si las propuestas de actuación están lo suficientemente pensadas y estructuradas tras una seria reflexión multidisciplinar, y si además, se proponen con la idea de iniciar a continuación dichas propuestas y actuar en consecuencia, o por el*

contrario, parten de una necesidad de “sacar algo” para tranquilizar a la opinión pública y luego, ya se verá cómo se actúa en nuestro entorno, y nos iremos adaptando...

Si a nivel global, y según la FAO, la agricultura es responsable del 14% de las emisiones globales, a nivel de España, –y según el citado informe de la OCDE (2008)– el consumo energético de la actividad agraria aun siendo pequeño (3% del total), no son desdeñables las emisiones de gases de efecto invernadero: un 11% del total, siendo igualmente pequeños el producto interior bruto (PIB) de la actividad (3%) y el empleo asociado a la misma (5%)..., plantearía las siguientes preguntas: ¿Está alguien evaluando ya el impacto ambiental de todas y cada una de nuestras producciones (agrícolas y ganaderas)?, e igualmente: ¿estamos estudiando, qué posibilidades tenemos en incidir en una posible reducción de nuestro impacto? y, consecuentemente, ¿estudiamos las posibles incidencias e interrelaciones socio económicas entre todos los subsectores productivos, al plantear esta lucha contra el cambio climático...?

La segunda pregunta: *¿Quién coordina la acción o acciones a desarrollar en estos temas...?*, es fundamental para informarnos, con la menor posibilidad de error, acerca de lo que podemos hacer desde nuestra actividad, dentro de un plan común, sin riesgo de equivocarnos, y con la mayor urgencia posible.

La tercera cuestión, similar a la anterior, pero más específica: *¿Quién coordina la acción desde la investigación...?* viene a cuento por una parte, de nuestra particular interpretación, de que se trata de un tema de extrema gravedad y urgencia, y por otra, porque entendemos que únicamente un nuevo enfoque investigador, conjunto, con un gran despliegue de valoración de todas las implicaciones económicas de los cambios a proponer, y una coordinación global, –como nunca se ha hecho–, podría ser el motor que dirigiera las acciones a emprender a corto plazo. Probablemente, buscando un modelo generalizado, como mínimo, del tipo “producción integrada” (en el sentido de mínimos, impactos ambientales y consumos energéticos).

También, y si se admite el interés prioritario de los temas de lucha contra el cambio climático, bien por un asentado convencimiento de su gravedad, o por admitir al menos, que de cualquier manera, la tecnología que va a desarrollar, tendría un carácter estratégico y de vanguardia, debería darse prioridad a todos los proyectos y programas que nos lleven a una más rápida, eficaz, y económica mitigación de los primeros impactos y de minimizar los efectos negativos a medio y largo plazo que se anuncian.

Y del mismo modo, pasaríamos del enfoque en la investigación al escalón de la divulgación y colaboración con el propio sector agrario, tratando de decidir cuáles podrían ser los estudios o trabajos experimentales paralelos que valorasen sobre una pequeña muestra de explotaciones colaboradoras, los resultados y propuestas de la investigación, y las orientaciones que ayudasen a preparar una nueva situación productiva.

La última cuestión: *¿Qué se informa a los agricultores y ganaderos..?*, es también fundamental para apaciguar las inquietudes del sector productivo, acuciado ya en estos momentos por la grave crisis económica general, su particular crisis como sector, y por las incertidumbres de la política agraria comunitaria, de cara a mantener unas rentas mínimas y equiparables a cualquier sector. El tema de asegurar unas rentas adecuadas y de simplificar notablemente el esquema de ayudas y su control administrativo, puede ser tan importante como la parte técnica de alumbrar un nuevo esquema productivo.

Sobre las dudas o críticas planteadas a nivel global, alguien me podría acusar de no ofrecer ninguna alternativa constructiva. Sí que las hay, y supongo que cada uno podríamos plantearlas a nuestra pequeña escala y en nuestro sector de actuación, pero sería deseable como ya he indicado, plantearlo a través de equipos multidisciplinares que pudieran dar una mejor y más amplia visión de conjunto.

**Fernando Orús Pueyo**

Diciembre de 2009





## Efecto de la raza y temperatura interna de cocinado sobre algunas características de la textura de la carne bovina

B. Panea\*, A. Catalán\* y J.L. Olleta\*\*

\* Unidad de Tecnología en Producción Animal. Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón. Avenida de Montañana, 930, 50059. e-mail: bpane@aragon.es

\*\* Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos. Universidad de Zaragoza. C/ Miguel Servet, 177, 50013 Zaragoza

### Resumen

Se utilizaron 30 animales de dos genotipos diferentes Holstein (lechera) y Pirenaica (cárnica) para estudiar el efecto de la raza y la temperatura de cocinado sobre algunas características de textura de la carne bovina. Para ello se utilizaron filetes del músculo *L. thoracis*, distribuidos al azar en tres tratamientos: crudo, cocinados al baño maría hasta alcanzar una temperatura interna de 55°C o cocinados de la misma forma hasta los 70°C. Todas las muestras fueron ensayadas mediante dos métodos: Warner-Bratzler (WB) y compresión. En la prueba de WB se registraron las variables de fuerza máxima, máximo esfuerzo y dureza. En la de compresión, fuerza máxima en compresión y esfuerzo al 20% y 80%. Los resultados se analizaron por medio de un GLM y del cálculo de correlaciones bivariadas de Pearson. La raza afectó significativamente a las características de textura, pero la influencia de la temperatura de cocinado fue mayor. No se encontraron interacciones entre los efectos principales. La carne de los animales de genotipo lechero fue más dura que la carne de los animales de aptitud cárnica. El incremento de la dureza con la temperatura no fue lineal, siendo mayor en el rango crudo-55°C que en la fase 55-C-70°C.

**Palabras clave:** calidad de la carne, análisis instrumental, compresión, Warner-Bratzler, raza, temperatura.

### Summary

#### Breed and endpoint temperature effects on some beef meat texture

Thirteen animals from two different genotypes, Holstein (dairy) and Pirenaica (beef), were used to study breed and endpoint temperature effects on some meat textural characteristics. Steaks from *L. thoracis* were randomly distributed into raw, 55°C and 70°C of internal temperature treatments, cooked in a water bath and tested. Shear force, stress and toughness in the Warner-Bratzler test and maximum compression load, stress at 20% and stress at 80% in compression test were recorded. Statistical analysis consisted on a GLM procedure with main effects and Pearson correlations between variables. Breed is an important factor on meat texture characteristics, but endpoint temperature was more important than breed. There were no interactions between main effects. Meat from the dairy breed was tougher than meat from beef breed. The increase of toughness with the increase of temperature was no linear, being greater in raw to 55°C step than in 55°C-70°C phase.

**Key words:** Meat quality, instrumental analysis, compression, Warner-Bratzler, temperature, breed.

## Introducción

De todos los atributos de textura, la ternera es considerada como la característica de calidad más importante por parte de los consumidores (Love 1994). La ternera de la carne depende de una gran cantidad de factores, siendo la raza uno de los más ampliamente estudiados (Jeremiah y Martin, 1982; Mandell *et al.*, 1997; Campo *et al.*, 2000; Chambaz *et al.*, 2003; Albertí *et al.*, 2003; Monsón *et al.*, 2004; Sañudo *et al.*, 2004). Las propiedades, estructura y fisiología del músculo, tanto del sistema miofibrilar como del tejido conjuntivo, varían en función de la raza del animal y puede encontrarse mucha bibliografía al respecto. Con respecto al sistema miofibrilar, algunos trabajos se centran en el tipo de músculo estudiado (Torrescano *et al.*, 2000; Berge *et al.*, 2001), en la acción de las enzimas musculares (Ouali y Talmant, 1990; Lamare *et al.*, 2002; Gil *et al.*, 2001; Veiseth y Koohmaraie, 2005) o en el tipo de fibras musculares (Della Zotte *et al.*, 2000; Maltin *et al.*, 2001; Serra *et al.*, 2004). Con respecto al tejido conjuntivo, podemos encontrar estudios acerca de la proporción de los diferentes tipos de colágeno (Light *et al.* 1985; Burson y Hunt, 1986), la cantidad y solubilidad del mismo (Jeremiah y Martin, 1982; Judge y Mills, 1986; Maltin *et al.*, 1998; Panea *et al.*, 2003) o sobre la cantidad y tipos de enlaces cruzados establecidos por la molécula de colágeno (Berge *et al.* 1997; Takahashi *et al.* 1995).

La textura de la carne puede estudiarse utilizando un panel sensorial entrenado o mediante métodos físicos. Se han desarrollado una gran cantidad de células para evaluar mecánicamente la ternera, siendo las más frecuentemente utilizadas la de Warner-Bratzler (WB) y la de compresión (Lepeit *et al.*, 1994). Ambas pueden utilizarse con carne cruda o cocinada, pero habitualmente, la célula de Warner-Bratzler se utili-

za con carne cocinada y la de compresión, con carne cruda. Sin embargo, se ha demostrado que las condiciones del cocinado, especialmente en lo que respecta a la temperatura y duración del mismo, tienen una gran influencia sobre las propiedades físicas de la carne (Combes *et al.* 2003). El cocinado provoca cambios en las proteínas, tanto en las miofibrilares como en las del tejido conjuntivo (Bejerholm y Aaslyng, 2003). El calor solubiliza el colágeno, lo cual implica un ablandamiento de la carne, pero también desnatura las proteínas miofibrilares, lo cual incrementa su dureza, y el resultado neto depende de las condiciones del cocinado (Obuz *et al.*, 2003).

Cuando la textura de la carne se mide por métodos instrumentales, los resultados muestran que la dureza se incrementa durante el cocinado en dos fases claramente diferenciables. La primera tiene lugar entre los 40°C y 50°C y la segunda, entre los 60°C y los 80°C, con un descenso de la dureza entre los 50°C y los 60°C. El primer pico se debe a la desnaturación de la miosina. El descenso en la dureza que se registra entre los 50 y los 60°C se debe a un descenso en la resistencia que ejerce el tejido conjuntivo, debida a su vez a una desnaturación parcial de las fibras de colágeno. El segundo pico está causado por la desnaturación de las otras proteínas miofibrilares (Christensen *et al.*, 2000). De hecho, cabe esperar que la contribución de cada uno de los componentes del músculo a la dureza global pueda elucidarse mediante el estudio de la misma en el rango alrededor de la temperatura a la cual ocurre el proceso de contracción y solubilización del colágeno. Estos hechos son importantes porque la mayoría de los cambios ocurren a las temperaturas que se usan normalmente en los análisis de calidad de la carne, ya sean instrumentales o sensoriales. Sin embargo, a pesar de la importancia de la raza y de la metodología

instrumental empleada sobre las propiedades de textura de la carne, existe poca bibliografía centrada en el estudio de la raza en el comportamiento de la carne durante el calentamiento.

El objetivo del presente trabajo fue medir algunas características de textura de la carne, procedente de dos razas distintas, tanto en carne cruda como en carne cocinada, utilizando dos células diferentes.

### Materiales y métodos

Para este estudio, se eligieron animales de dos tipos genéticos distintos: la Holstein como raza lechera y la Pirenaica como raza de aptitud cárnica. Se utilizaron 30 animales, 15 de cada raza, todos machos de parto simple. Los animales se criaron con concentrado ofrecido a voluntad. La composición de la dieta se muestra en la Tabla 1. Los animales se sacrificaron a los 13 meses de edad en las instalaciones de Mercazaragoza. En la Tabla 1 se muestra el peso vivo al sacrificio para cada raza. Las canales se faenaron en condiciones comerciales y fueron refrigeradas a 4°C durante 24 horas. A las 24 horas tras el sacrificio se extrajo el músculo *Longissimus thoracis*, de cada media canal izquierda, desde la 7ª a la 11ª vértebras; una vez extraído se fileteó en filetes de 2 cm de espesor.

Las muestras fueron envasadas al vacío, conservadas a 4°C hasta el 7º día post-mortem, congeladas a -18°C y mantenidas en congelación hasta el día del análisis. Las muestras fueron distribuidas aleatoriamente en tres lotes: el primero se utilizó en crudo, el segundo se cocinó al baño María hasta una temperatura interna de 55°C y el tercero fue cocinado hasta alcanzar una temperatura interna de 70°C. La temperatura de 55°C se eligió porque se esperaba que el colágeno

no se hubiese solubilizado todavía. La temperatura de 70°C se eligió porque era de esperar que hubiera empezado el proceso de solubilización del colágeno y porque es la temperatura más comúnmente utilizada tanto en las pruebas sensoriales como en los ensayos con la célula de Warner-Bratzler. Todas las muestras se cocinaron en un baño de agua, precalentado a 60°C para las muestras que debían alcanzar 55°C de temperatura interna y precalentado a 75°C en el caso de las muestras que se cocinaron hasta 70°C de temperatura interna. La temperatura interna (en adelante, temperatura) se controló con una sonda Jenway. Todas las muestras se cortaron en paralelepípedos de 1 cm<sup>2</sup> de sección, utilizando la configuración longitudinal, y fueron analizadas utilizando un Instron 4301. En la prueba de Warner-Bratzler (en adelante, WB) se registraron los valores de fuerza máxima (N, en adelante, fuerza WB), máximo esfuerzo (N/cm<sup>2</sup>, en adelante, esfuerzo) y dureza (N/cm<sup>2</sup>). El test de compresión se realizó utilizando una célula modificada que impide la elongación transversal de la muestra (Lepetit *et al.* 1994). Se registraron los valores de fuerza máxima de compresión (N, en adelante, fuerza C), esfuerzo al 20% y esfuerzo al 80% de la máxima compresión (N/cm<sup>2</sup>).

La estadística se realizó con el paquete SPSS 12.0 (2004). Los datos fueron analizados mediante un análisis lineal general (GLM), con la raza y la temperatura interna de la carne como efectos fijos. El modelo utilizado fue el siguiente:

$$\text{variable} = \mu + B_i + T_j + B_i * T_k + \varepsilon_{ijk}$$

donde i = 1 (Holstein) o 2 (Pirenaica); j = crudo, 55°C o 70°C.

Asimismo, se calcularon las correlaciones de Pearson para estudiar las relaciones entre las variables.

Tabla 1. Composición de la dieta  
Table 1.

Raza Holstein		
	5-13 meses	
Materia seca (%)	90,48	
Proteína cruda (%)	16,92	
Fibra cruda (%)	6,16	
Grasa cruda (%)	6,11	
Proteína digestible (g/Kg)	108,00	
Peso vivo al sacrificio (Kg)	505	
Raza Pirenaica		
	5-11 meses	12-13 meses
Materia seca (%)	90,30	89,90
Proteína cruda (%)	17,55	14,21
Fibra cruda (%)	5,40	4,90
Grasa cruda (%)	5,30	5,00
Proteína digestible (g/Kg)	140,40	114,20
Peso vivo al sacrificio (Kg)	–	582

## Resultados y discusión

La significación de los efectos estudiados se muestra en la tabla 2. Puede verse que la raza afectó a la mayoría de las variables estudiadas, lo cual estaría de acuerdo con los resultados de la mayoría de los autores (Zgur *et al.*, 1996; Failla *et al.*, 2001; Campo *et al.*, 2000; Failla *et al.*, 2004; Sañudo *et al.*, 2004). En las variables medidas en WB, la raza tuvo un efecto significativo sobre la fuerza WB ( $p = 0.003$ ) y sobre el esfuerzo ( $p = 0.027$ ), mientras que sólo se encontró una tendencia a la significación para la dureza ( $p = 0.054$ ). En la prueba de compresión, la raza afectó significativamente a la fuerza C ( $p = 0.018$ ) y al esfuerzo al 80 ( $p = 0.008$ ), pero no al esfuerzo al 20%. Estos resultados están de acuerdo con los descritos por Campo *et al.* (2000), que llegaron práctica-

mente a las mismas conclusiones trabajando con 4 tipos genéticos diferentes. Sin embargo, las conclusiones de Campo *et al.* (2000) fueron matizadas posteriormente por Sañudo *et al.* (2004). Estos autores, trabajando con los mismos 4 tipos genéticos descritos por Campo *et al.* (2000), pero introduciendo en peso de la canal como un factor adicional de variación, concluyeron que efectivamente la raza tenía efecto sobre la textura de la carne, pero que existía también una interacción entre el peso de sacrificio y la raza, de tal manera que el efecto de la raza sobre la textura era notable para las canales ligeras (300 Kg. de peso de canal), pero casi insignificante para los animales pesados (550 Kg. de peso de canal).

En cuanto a la temperatura, puede verse que tuvo un efecto muy significativo sobre

Tabla 2. Significación de los efectos fijos (raza y temperatura) sobre algunas características de textura de la carne de dos razas bovinas

Table 2.

Variable dependiente	Carne de dos razas bovinas					
	Raza		Temperatura		Raza* temperatura	
	F	Significación	F	Significación	F	Significación
<b>WARNER-BRATZLER</b>						
Fuerza WB (kg)	11,231	0,003	1,961	0,163	0,085	0,919
Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	5,529	0,027	0,089	0,915	0,179	0,837
Dureza (kg/cm <sup>2</sup> )	4,110	0,054	0,319	0,730	0,022	0,978
<b>COMPRESIÓN</b>						
Fuerza C (N)	6,494	0,018	17,601	0,000	1,718	0,201
Esfuerzo al 20% (N/cm <sup>2</sup> )	0,180	0,675	13,100	0,000	0,771	0,474
Esfuerzo al 80% (N/cm <sup>2</sup> )	8,298	0,008	24,249	0,000	2,755	0,084

las variables de compresión, pero no sobre las estudiadas en WB, lo que coincide con las conclusiones ofrecidas por Failla et al. (2001) en un estudio desarrollado con una raza lechera (Pisana) y dos razas cárnicas (Maremmana y Chianina). Igualmente, Mathoniere et al. (1996) describieron un efecto de la temperatura de cocinado sobre el esfuerzo al 20% y al 80% medidos con una célula de compresión, pero no encontraron efecto sobre el esfuerzo en WB.

No se encontraron interacciones entre la raza y la temperatura (Tabla 2). Por lo tanto, ambas razas se comportan de la misma manera durante el calentamiento.

En la Tabla 3 se muestran las medias y desviaciones estándar para cada variable estudiada en función de la raza y la temperatura. En general, los resultados del presente trabajo son más altos que los encontrados en la bibliografía para animales similares, especialmente en lo que respecta a las variables WB. Así, Campo et al. (2000), trabajando con cuatro razas españolas, reseña

valores para la fuerza WB de 4,20-4,65 Kg., Monsón et al. (2004) encontraron valores de 7,54 Kg. en ganado Holstein y valores de 5,47 Kg. en la raza Limousin y Renand et al. (2001) describen valores de 13,6 N/cm<sup>2</sup> en la raza Charolais. Puesto que todos los trabajos mencionados se realizaron con carne madurada 7 días, al igual que el presente trabajo, es evidente que la variabilidad intraracial es un factor de variación importante que no debe subestimarse cuando se compara bibliografía (Jurie et al., 1995).

De igual modo, en el esfuerzo al 20% en carne cruda, Campo et al. (2000) describen valores de 4,24 a 5,99 N/cm<sup>2</sup>, Sañudo et al. (2004) describen valores de 4,5 a 6,1 N/cm<sup>2</sup>, Monsón et al. (2004), valores de 6,76 (N/cm<sup>2</sup>) en Holstein y 5,50 N/cm<sup>2</sup> en Limousin y Altarriba et al. (2005), valores de 6,38 N/cm<sup>2</sup> para la raza Pirenaica. Finalmente, para el esfuerzo al 80% medido en carne cruda, Campo et al. (2000) encontraron valores de 25,12 a 43,85 N/cm<sup>2</sup>, Sañudo et al. (2004) valores de 25,6 a 49,6 N/cm<sup>2</sup>, Monsón et al. (2004), valores de 47,15 N/cm<sup>2</sup> en Holstein y de 33,45

Tabla 3. Efecto de la temperatura sobre algunas características de textura de la carne de dos razas bovinas

Table 3.

Temperatura	Variable	Breed			
		Pirenaica		Holstein	
		Mean	St. Dev.	Mean	St. Dev.
Crudo	Fuerza WB (N)	72,6 <sup>x</sup>	23,2	94,5 <sup>x</sup>	30,9
	Esfuerzo (N/cm <sup>2</sup> )	57,7 <sup>x</sup>	31,2	87,0 <sup>x</sup>	30,5
	Dureza (N/cm <sup>2</sup> )	63,9 <sup>x</sup>	32,1	93,3 <sup>x</sup>	50,0
	Fuerza C (N)	55,85 <sup>y</sup>	7,24	56,79 <sup>y</sup>	28,82
	Esfuerzo al 20% (N/cm <sup>2</sup> )	5,28 <sup>y<sup>b</sup></sup>	1,46	8,85 <sup>y<sup>a</sup></sup>	2,80
	Esfuerzo al 80% (N/cm <sup>2</sup> )	42,17 <sup>y</sup>	5,09	43,83 <sup>y</sup>	16,42
	Fuerza WB (N)	68,2 <sup>x<sup>b</sup></sup>	14,8	93,4 <sup>x<sup>a</sup></sup>	15,3
55°C	Esfuerzo (N/cm <sup>2</sup> )	51,4 <sup>x<sup>b</sup></sup>	27,1	83,9 <sup>x<sup>a</sup></sup>	12,7
	Dureza (N/cm <sup>2</sup> )	62,9 <sup>x</sup>	26,2	89,1 <sup>x</sup>	33,6
	Fuerza C (N)	110,06 <sup>x</sup>	19,89	158,80 <sup>x</sup>	78,27
	Esfuerzo al 20% (N/cm <sup>2</sup> )	13,24 <sup>x<sup>y</sup></sup>	3,98	11,71 <sup>y</sup>	2,42
	Esfuerzo al 80% (N/cm <sup>2</sup> )	95,58 <sup>x</sup>	18,72	125,41 <sup>x</sup>	50,55
	Fuerza WB (N)	83,2 <sup>x<sup>b</sup></sup>	19,2	112,8 <sup>x<sup>a</sup></sup>	17,4
	Esfuerzo (N/cm <sup>2</sup> )	64,4 <sup>x</sup>	33,6	81,4 <sup>x</sup>	41,5
70°C	Dureza (N/cm <sup>2</sup> )	76,6 <sup>x</sup>	29,8	99,3 <sup>x</sup>	34,6
	Fuerza C (N)	132,84 <sup>x<sup>b</sup></sup>	23,13	204,18 <sup>x<sup>a</sup></sup>	57,76
	Esfuerzo al 20% (N/cm <sup>2</sup> )	17,73 <sup>x</sup>	9,77	17,87 <sup>x</sup>	2,23
	Esfuerzo al 80% (N/cm <sup>2</sup> )	103,81 <sup>x<sup>b</sup></sup>	17,94	170,78 <sup>x<sup>a</sup></sup>	48,14

a, b. Letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticas entre razas para una misma temperatura ( $p < 0.05$ ).

x, y. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas entre temperaturas para una misma raza ( $p < 0.05$ ).

N/cm<sup>2</sup> en Limousin y Altarriba *et al.* (2005), valores de 27,36 N/cm<sup>2</sup> en la raza Pirenaica.

Puede verse que, independientemente de la temperatura, los valores para las variables estudiadas fueron siempre más altos para la raza Holstein que para la Pirenaica. En el trabajo citado más arriba de Failla *et al.* (2001) se demostró que hay diferencias estadísticas entre razas para la textura, siendo los valores de la raza Pisana siempre más altos que

los de las dos razas cárnicas consideradas (10,55 Kg, 9,14 Kg y 8,61 Kg, respectivamente). Resultados similares han sido también descritos por Cepin *et al.* (2000) comparando animales Holstein puros y Holstein\* Piemontese, siendo los valores más altos para la Holstein que para los cruces (42,1 N y 27,5 N, respectivamente). Igualmente, Monsón *et al.* (2004) trabajando con carne madurada 7 días de las razas Holstein y Blonde d'A-

quitaine describieron ligeras diferencias en la fuerza WB y en el esfuerzo al 80% de compresión, siendo más altos los valores presentados por la Holstein (7,54 Kg y 47,15 N/cm<sup>2</sup>, respectivamente) que los de la Blonde d'Aquitaine para ambos parámetros (6,14 Kg. y 27,42 N/cm<sup>2</sup>), mientras que no encontraron diferencias para el esfuerzo at 20% (6,76 N/cm<sup>2</sup> y 4,72 N/cm<sup>2</sup>).

Existen varios argumentos que explican los resultados encontrados. En primer lugar, las características de la textura dependen de las propiedades de los distintos componentes del músculo. Sañudo *et al.* (2004) describieron valores más altos para el esfuerzo en las razas de doble propósito (Brown Swiss) que en las razas de tipo culón y argumentaban que ello podía deberse a diferencias en la cantidad y solubilidad del colágeno. Está demostrado que la carne de los animales de razas cárnicas tiene menos colágeno que la de las razas lecheras (Monsón *et al.* 2004). Por otra parte, el efecto del estado de madurez de los animales no debe minimizarse cuando se comparan las razas en términos de características del colágeno. La Pirenaica es una raza cárnica especializada, con una alta tasa de crecimiento, mientras que la Holstein es una raza lechera, más precoz que la Pirenaica, lo cual podría implicar que para la misma edad cronológica (13 meses) la Holstein era fisiológicamente más madura. Como sabemos, la estabilidad térmica del colágeno se incrementa desde el nacimiento hasta la edad adulta, dando como resultado un endurecimiento de la carne (Robelin, 1986; Horgan *et al.*, 1991), mientras que un crecimiento rápido promueve la síntesis *de novo* de colágeno, con pocos enlaces cruzados (Damergi *et al.*, 1996).

En segundo lugar, el nivel de engrasamiento, que está también relacionado con el estado de madurez del animal, se ha apuntado como una explicación parcial de las diferencias encontradas entre las razas para las

variables de textura. Así, Obuz *et al.* (2003) en un estudio con ganado Angus, describieron que cuanto mayor es el grado de veteado, mayor es la fuerza WB en carne cocinada a 93°C. Similarmente, Ngapo *et al.* (2002) encontraron una correlación positiva entre el porcentaje de grasa intramuscular y la fuerza WB en carne cocinada a 75°C ( $r=0.33$ ;  $p<0.01$ ). Para el mismo peso de sacrificio, el ganado lechero, Holstein en nuestro estudio, tiene un mayor grado de engrasamiento que las razas cárnicas, Pirenaica en nuestro caso (Bellmann *et al.*, 2004).

Finalmente, el tiempo de maduración tiene una gran influencia sobre las propiedades de textura. Campo (1999) demostró claramente que las diferentes razas necesitan diferentes tiempos de maduración para alcanzar el mismo grado de ablandamiento.

En la tabla 3 puede verse también que para ambas razas, las tres variables estudiadas en compresión incrementaban sus valores a medida que lo hacía la temperatura, pero que el mayor incremento ocurría desde el estado crudo hasta los 55°C. Algunos autores (Christensen *et al.* 2000; Bouton *et al.*, 1972, Harris *et al.*, 1988), han demostrado que el incremento de la dureza de la carne durante el calentamiento se produce en dos pasos, con un primer incremento entre los 40-50°C y un segundo incremento entre 50-60°C. Sin embargo, mientras que Bouton *et al.* (1972) describieron que el segundo pico era de magnitud similar al primero, Christensen *et al.* (2000) encontraron que el segundo era mayor que el primero y Palka (2003) describieron que este incremento de la fuerza con la temperatura se da en pasos sucesivos, pero de forma gradual. En el presente estudio, las variables de WB no se vieron afectadas por la temperatura, pero en compresión, el incremento de la fuerza C fue mayor en la fase crudo-55°C que en la fase 55-70°C, lo que estaría de acuerdo con los estudios de Christensen *et al.* (2000) y

Palka (2003). A partir de los resultados podría, pues, pensarse que a los 55°C el colágeno ha empezado el proceso de de contracción previo a la desnaturalización y, consecuentemente, ofrece una gran resistencia. A los 70°C todavía existe contracción en alguna medida, puesto que sigue habiendo incremento de la fuerza, pero es también posible que exista, concomitantemente, un principio de desnaturalización que implicaría una pérdida de estructura y el descenso de la resistencia. Por lo tanto, en el rango de temperaturas utilizado, el comportamiento del tejido conjuntivo no es lineal, sino que existe un punto de inflexión entre los 55°C y los 70°C y en este punto se producen algunos cambios en la conformación de la molécula de colágeno.

La temperatura de cocinado es un factor que afecta de manera crucial a la textura. Plant *et al.* (1997) describieron la fuerza a 80°C era 5 veces mayor que la medida en carne cruda y Marthoniere *et al.* (1996) describieron que el esfuerzo al 80% era 12 veces mayor que el esfuerzo al 20% a 60°C, pero sólo 11 veces mayor a 80°C. A partir de nuestros datos puede calcularse que el esfuerzo al 80% fue 7,98 veces mayor que el esfuerzo al 20% en carne cruda, 7,2 veces

mayor a 55°C y 5,85 veces mayor a 70°C. Estos resultados parecen significar que a medida que la temperatura aumenta, la contribución del tejido conjuntivo a la resistencia global disminuye mientras que la resistencia ofrecida por el componente miofibrilar va aumentando paulatinamente. Esta hipótesis se vería apoyada por los resultados mostrados por Purslow (2004) quien describió que la contribución del tejido conjuntivo a la dureza es especialmente importante en el rango 20-50°C, mientras que el componente miofibrilar ejerce resistencia sobre todo alrededor de 60°C. También Bouton *et al.* (1981) en un trabajo realizado para elucidar la contribución de cada componente del músculo concluyeron que la contribución del tejido conjuntivo a la dureza es mayor para la carne cruda o ligeramente cocida y disminuye a medida que se desnaturaliza con el incremento de temperatura.

#### Correlaciones

Las correlaciones de Pearson se muestran en la Tabla 4. Puede verse que todas las variables WB estaban muy estrechamente correlacionadas entre sí y también que las variables de compresión estaban muy correlaciona-

Tabla 4. Correlaciones de Pearson entre algunas variables de textura de la carne de dos razas bovinas  
Table 4.

	Esfuerzo (N/cm <sup>2</sup> )	Dureza (N/cm <sup>2</sup> )	Fuerza C (N)	Esfuerzo al 20% (N/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo al 80% (N/cm <sup>2</sup> )
Fuerza WB (N)	0,687**	0,829**	0,488**	0,280	0,463*
Esfuerzo (N/cm <sup>2</sup> )	0,498**	0,372*	0,180	0,346	
Dureza (N/cm <sup>2</sup> )	0,200	0,185	0,187		
Fuerza C (N)	0,526**	0,988**			
Esfuerzo al 20% (N/cm <sup>2</sup> )	0,564**				

\*\* La correlación es significativa al nivel 0.01.

\* La correlación es significativa al nivel 0.05.



das entre sí, de acuerdo con la mayoría de los autores (Campo *et al.* 2000; Panea, 2002; Ngapo *et al.* 2002).

El resultado más interesante son las altas correlaciones observadas entre la fuerza WB y la fuerza C, entre la fuerza WB y el esfuerzo al 80% y entre el esfuerzo y la fuerza C. Estos resultados implican dos hechos importantes. Primero, en la bibliografía es frecuente encontrar una falta de correlación entre las variables de WB y las de compresión (Campo *et al.* 2000; Panea, 2002) y esta ausencia se justifica por las diferencias en la preparación de las muestras. A partir de nuestros datos puede verse que, efectivamente, cuando las muestras se preparan de la misma manera, la correlación existe. En segundo lugar, a partir de los coeficientes de correlación puede verse que la fuerza, en ambos métodos, depende más estrechamente del esfuerzo al 80% que del esfuerzo al 20%. A partir de nuestros datos puede calcularse que el esfuerzo al 80%, que está relacionado con la resistencia ejercida por el colágeno (Lepetit *et al.* 1994), representa el 80% del valor de la fuerza C, mientras que el esfuerzo al 20%, relacionado con la resistencia del componente miofibrilar (Lepetit *et al.* 1994) representa tan sólo un 12% del valor de la fuerza C. Torrescano *et al.* (2003), encontraron correlaciones muy altas entre la fuerza WB y la concentración y la solubilidad del colágeno y sus resultados están de acuerdo con los de otros autores (Dumont, 1988; De Smet *et al.*, 1998; Destefanis *et al.*, 2000).

### Conclusiones

En las condiciones de nuestro experimento, se puede concluir que:

- La raza tiene un efecto importante sobre la textura de la carne, pero el efecto de la temperatura es mayor.

- La temperatura afectó a las variables de compresión, pero no a las de WB.
- No hubo interacciones entre raza y temperatura.
- La raza Holstein, lechera, fue instrumentalmente más dura que la Pirenaica, cárnica, independientemente del método de ensayo o de la temperatura.
- Un incremento de la temperatura provoca un incremento de la dureza, especialmente en el rango 0°C-55°C.

### Agradecimientos

A Juan José Pardos, por su asistencia técnica. A Carlos Sañudo por el material animal y las instalaciones de laboratorio. Este trabajo es la base de un Proyecto Final de Carrera titulado "Influencia de la temperatura de cocinado sobre la textura de carne bovina estudiada mediante procedimientos distintos", cuya autora fue Ana Catalán y que fue defendido en la Universidad de Zaragoza en Noviembre de 2005.

### Referencias bibliográficas

- Albertí P, Sañudo C, Mendizábal J, Ripoll G, Olleta JL, Panea B, 2003. Characterization of seven beef breeds by principal component analysis of fatty tissue development and chemical, instrumental and sensory measurements. 49th ICOMST, Campinas, Brasil, pp. 149-150.
- Altarriba J, Varona L, Moreno C, Yague G, Sañudo C, 2005. Consequences of selection for growth on carcass and meat quality in Pirenaica cattle. *Liv. Prod. Sci.* 95: 103-114.
- Bejerholm C, Aaslyng MD, 2003. The influence of cooking technique and core temperature on results of a sensory analysis of pork – depending on the raw meat quality. *Food Qual. Pref.* 15: 19-30.

- Bellmann O, Wegner J, Teuscher F, Schneider F, Ender K, 2004. Muscle characteristics and corresponding. *Meat Sci.* 66: 91-96.
- Berge P, Kuypers R, Kurth LB, 1997. Collagen cross-link profile and meat texture in two beef muscles. 43rd International Congress of Meat Science and Technology, 548-549.
- Berge P, Labas R, Jurie C, Dubroeuq H, Taylor R, Listrat A, 2001. Muscle structure and meat quality as affected by carcass muscle yield in two beef breeds. 47th ICOMST, Kraków, Polonia, pp 8-9.
- Bouton PE, Harris PV, 1972. The effects of cooking temperature and time on some mechanical properties of meat. *J.Food.Sci.* 37: 140-144.
- Bouton PE, Harris P V, 1981. Changes in the Tenderness of Meat Cooked at 50-65-Degrees-C. *J. Food Sci.* 46: 475-478.
- Burson DE, Hunt MC, 1986. Proportion of collagen type-I and type-III in 4 bovine muscles differing in tenderness. *J. Food Sci.* 51: 51-53.
- Campo MM, 1999. Influencia de la raza sobre la textura y las características sensoriales de la carne bovina a lo largo de la maduración. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria de Zaragoza.
- Campo MM, Santolaria P, Sañudo C, Lepetit J, Olleta JL, Panea B, Alberti P, 2000. Assessment of breed type and ageing time effects on beef meat quality using two different texture devices. *Meat Sci.* 55: 371-378.
- Cepin S, Cepon M, Zlender B, 2000. Carcass and meat properties of Holstein bulls and Holstein x Piemontese bulls and heifers. 46th ICOMST, Buenos Aires, Argentina, pp 64-65.
- Chambaz A, Scheeder MRL, Kreuzer M, Dufey, PA, 2003. Meat quality of Angus, Simmental, Charolais and Limousin steers compared at the same intramuscular fat content. *Meat Sci.* 63: 491-500.
- Christensen M, Purslow PP, Larsen LM, 2000. The effect of cooking temperature on mechanical properties of whole meat, single muscle fibres and perimysial connective tissue. *Meat Sci.* 55: 301-307.
- Combes S, Lepetit J, Darce B, Lebas F, 2003. Effect of cooking temperature and cooking time on Warner-Bratzler tenderness measurement and collagen content in rabbit meat. *Meat Sci.* 66: 91-96.
- Damergi C, Picard B, Geay Y, Robins SP, 1996. Effects de la castration précoce sur les caractéristiques du collagène de muscles squelettiques chez le bovin mâle en croissance. Int. Simp. "Basis of the quality of typical mediterranean animal products. Zafra, Spain. Publication EAAP 90: 459-464.
- De Smet S, Claeys E, Buysse G, Lenaerts C, Demyer D, 1998. Tenderness measurements in four muscles of Belgian Blue normal and double-muscled bulls. 44th ICoMST, Barcelona, Spain. pp.288-289.
- Della Zotte A, Verdiglione R, Remignon H, Cozzi G, Andreoli D, Gottardo F, Andrighetto I, 2000. Effect of breed and castration on muscle fibre type, cross-sectional area and meat tenderness in the beef cattle. 46th ICOMST, Buenos Aires, Argentina, pp. 60-61.
- Destefanis G, Barge M T, Brugiapaglia A, Tassone S, 2000. The use of principal component analysis (PCA) to characterize beef Meat Sci. 56: 255-259.
- Dumont BL, 1988. Relation entre la teneur en collagène des muscles de bovins et leur force de cisaillement. *Viandes Prod. Carneés* 9: 231-232.
- Failla S, Iacurto M, Mormile M and Gigli, S, 2001. Meat quality of three Italian breed young bulls. 47th ICOSMT, Kraków, Polonia, pp. 2-3.
- Failla S, Gigli S, Gaddini A, Signorelli F, Sañudo C, Panea B, Olleta JL, Monsón F, Hocquette JF, Jallier R, Alberti P, Ertbjerg P, Crhistiansen M, Nute GR, Williams, JL, 2004. Physical quality of several European beef breeds: preliminary results 50th ICOMST, Helsinki, Finland, pp. 401-404.
- Gil M, Serra X, Gispert M, Oliver MA, Sañudo C, Panea B, Olleta JL, Campo M, Olivan M, Osoro K, Garcia-Cachan MD, Cruz-Sagredo R, Izquierdo M, Espejo M, Martin M, Piedrafita J, 2001. The effect of breed-production systems on the myosin heavy chain 1, the biochemical characteristics and the colour variables of Longissi-

- mus thoracis from seven Spanish beef cattle breeds. *Meat Sci.* 58: 181-188.
- Harris PV, Shorthose WR, 1988. In: *developments in meat science-4*. Elsevier Applied Science, London, 245-296.
- Horgan DJ, Jones PN, King NL, Kurth LB, Kuypers, R, 1991. The relationship between animal age and the thermal-stability and cross-link content of collagen from 5 goat muscles. *Meat Sci.* 29: 251-262.
- Jeremiah LE, Martin H, 1982. The influences of breed of sire and sex on bovine intramuscular collagen content and solubility after various intervals of post-mortem aging. *Can. J. An. Sci.* 62: 77-84.
- Judge MD, Mills EW, 1986. Assessing collagen thermal-stability by Differential Scanning Calorimetry. *Fleischwirtschaft* 66: 1417-1419.
- Jurie C, Robelin J, Picard B, Renand G, Geay, Y, 1995. Inter-animal variation in the biological characteristics of muscle-tissue in male Limousin cattle. *Meat Sci.* 39: 415-425.
- Lamare M, Taylor RG, Farouta L, Briand Y, Briand M, 2002. Changes in proteasome activity during postmortem aging of bovine muscle. *Meat Sci.* 61: 199-204.
- Lepetit J, Culioli J, 1994. Mechanical-properties of meat. *Meat Sci.* 36, 203-237.
- Light N, Champion AE, Voyle C, Bailey AJ, 1985. The role of epimysial, perimysial and endomysial collagen in determining texture in 6 bovine muscles. *Meat Sci.* 13: 137-149.
- Love J, 1994. *Product Acceptability Evaluation In: quality attributes and their measurement in poultry and fish products* Edds: AM Pearson and TR Dutson, pp. 337-358. Blackie Academic and Professional Glasgow.
- Maltin C A, Sinclair K D, Warriss P D, Grant C M, Porter A D, Delday M I, Warkup C C, 1998. The effects of age at slaughter genotype and finishing system on the biochemical properties muscle fibre type characteristics and eating quality of bull beef from suckled calves. *An. Sci.* 66: 341-348.
- Maltin CA, Lobley CE, Grant CM, Miller LA, Kyle DJ, Horgan GW, Matthews, KR, Sinclair, KD, 2001. Factors Influencing Beef Eating Quality-2. Effects of nutritional regimen and genotype on muscle fibre characteristics. *Animal Sci.* 72: 279-287.
- Mandell IB, Gullett EA, Wilton JW, Kemp RA, Allen OB, 1997. Effects of gender and breed on carcass traits, chemical composition, and palatability attributes in Hereford and Simmental bulls and steers. *Liv. Prod. Sci.* 49: 235-248.
- Marthoniere C, Mioche L, Culioli J, 1996. Meat texture assessment by rheology, sensory analysis and electromyography. 42nd ICOMST, Lillehammer, Norway, pp. 422-423.
- Monson F, Sañudo C, Sierra I, 2004. Influence of cattle breed and ageing time on textural meat quality. *Meat Sci.* 68: 595-602.
- Ngapo T M, Berge P, Culioli J, Dransfield E, De Smet S, Claeys E, 2002. Perimysial collagen crosslinking and meat tenderness in Belgian Blue double-muscling cattle. *Meat Sci.* 61: 91-102.
- Obuz E, Dikeman ME, Loughin TM, 2003. Effects of cooking method, reheating, holding time, and holding temperature on beef Longissimus lumborum and biceps femoris tenderness. *Meat Sci.* 65: 841-851.
- Ouali A, Talmant A, 1990. Calpains and calpastatin distribution in bovine, porcine and ovine skeletal muscles. *Meat Sci.* 28: 331-348.
- Palka K, 2003. The influence of post-mortem ageing and roasting on the microstructure, texture and collagen solubility of bovine semitendinosus muscle. *Meat Sci.* 64: 191-198.
- Panea B, 2002. *Influecnia de la raza-sistema productivo sobre el tejido conjuntivo y la textura de la carne bovina*. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad de Zaragoza.
- Panea B, Monsón F, Olleta JL, Martínez-Cerezo S, Pardos JJ, Sañudo C, 2003. Estudio textural de la carne de vacuno. II. Análisis sensorial. *ITEA* 24, 31-33.
- Plant TM, Taylor DG, Dhanda JS, 1997. Tenderness relationships between four raw and cooked beef muscles 43rd ICOMST, Auckland, New Zealand, pp. 594-595.

- Purslow PP, 2004. Intramuscular connective tissue and its role in meat quality. 50th ICOMST, Helsinki, Finland pp. 355.
- Renand G, Picard B, Touraille C, Berge P, Lepetit J, 2001. Relationships between muscle characteristics and meat quality traits of young Charolais bulls. *Meat Sci.* 59: 49-60.
- Robelin J, 1986. Bases physiologiques de la production de viande: croissance et développement des bovins. En : *Production de viande bovine*. Ed : INRA, Theix. Pp. 35-60.
- Sañudo C, Macie ES, Olleta JL, Villarroel M, Panea B, Alberti P, 2004. The effects of slaughter weight, breed type and ageing time on beef meat quality using two different texture devices. *Meat Sci.* 66: 925-932.
- Serra X, Gil M, Gispert M, Guerrero L, Oliver MA, Sañudo C, Campo MM, Panea B, Olleta JL, Quintanilla R, Piedrafita J, 2004. Characterisation of young bulls of the Bruna dels Pirineus cattle breed selected from old brown swiss in relation to carcass, meat quality and biochemical traits. *Meat Sci.* 66: 425-436.
- Takahashi M, Hoshino H, Kushida K, Inoue T, 1995. Direct measurement of crosslinks pyridinoline deoxypyridinoline and pentosidine in the hydrolysate of tissues using high-performance liquid chromatography. *Anal. Biochem.* 232: 158-162.
- Torrescano G, Sánchez A, Roncalés P, Beltrán JA, 2000. Texture and collagen characteristics of major beef muscles 46th ICOMST, Buenos Aires, Argentina, pp. 428-429.
- Torrescano G, Sánchez-Escalante A, Giménez B, Roncalés P, Beltrán JA, 2003. Shear values of raw samples of 14 bovine muscles and their relation to muscle collagen characteristics. *Meat Sci.* 64: 85-91.
- Veiseth E, Koohmaraie M, 2005. In JF Hocquette, S Gigli Eds. *Beef tenderness: significance of the calpain proteolytic system*. Pp. 111-126 Wagenigen, The Netherlands: Wagenigen Academic Publishers Eeap Publication No 112.
- Zgur S, Cepin S, Zgubic E, 1996. Collagen traits and other meat properties in m. Longissimus dorsi of brown bulls. 42nd ICOMST, Lillehammer, Norway, pp 62-63.

(Aceptado para publicación el 5 de enero de 2010)

## Seroprevalencia de Rinotraqueítis Infecciosa Bovina en ganado lechero del sistema en transición orgánica de Tecpatan Chiapas

B. Sánchez-Muñoz\*, J. Nahed-Toral\*\*, J.L. Ruiz-Rojas\*, E. Pérez-Vázquez\* y R. Solís-Zabaleta\*

\* Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Chiapas. Km. 8 Carretera Teran-E. Zapata Tuxtla Gutiérrez Chiapas. Email: bersam\_2000@yahoo.com.mx

\*\* El Colegio de la Frontera Sur. Carretera panamericana y periférico sur s/n, 29290 San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México. Tel: 967-67-49 000, Ext.1416. E-mail: jnahed@ecosur.mx

### Resumen

Se caracteriza el sistema de producción bovina, se analiza su aproximación al modelo de producción orgánica y se evalúa la seroprevalencia de anticuerpos contra el herpes virus bovino tipo 1 (BHV-1), agente causal de la Rinotraqueítis Infecciosa Bovina (IBR) en bovinos adultos, sin antecedentes de vacunación, en 51 explotaciones lecheras en transición a la producción orgánica de tres Sociedades de Producción Rural (SPR; Grijalva: G; Malpaso: M; Pomarrosa: P) del municipio de Tecpatán, Chiapas, México. Se tomó muestras de sangre a 213 vacas y 26 sementales para la detección de anticuerpos mediante inmunoensayo enzimático (ELISA). Las explotaciones ganaderas de las tres SPR integran un solo sistema de producción, cuyos objetivos, características de manejo, aproximación al modelo de producción orgánica (63,4%) y productividad (108,2 ± 9,4 euros de margen neto por vaca y año) son similares. La seroprevalencia global fue del 62,8%, correspondiente a un total de 150 muestras. Tanto la seroprevalencia de BHV-1 en vacas (SPR-G= 66,7%, SPR-M= 58,8% y de SPR-P= 53,8%) como en sementales fue similar (SPR-G= 100%, SPR-M= 88,9, SPR-P= 66,7) entre las tres SPR. En ambos casos, la seroprevalencia solo fue marginalmente significativa para la SPR-G y la SPR-P. Los resultados sugieren implementar sistemas efectivos de manejo preventivo de IBR respetando los lineamientos de la normativa de producción orgánica.

**Palabras clave:** BHV-1, anticuerpos, explotaciones lecheras, sociedades de producción rural.

### Summary

#### Seroprevalence of Infectious Bovine Rhinotracheitis in the dairy cattle system in transition to organics in Tecpatan Chiapas

This study characterizes the bovine production system, analyzes its approximation to the organic production model, and evaluates seroprevalence of antibodies for the bovine herpes virus type 1 (BHV-1), the causal agent for Infectious Bovine Rhinotracheitis (IBR) in adult bovines without previous vaccination in 51 dairy farms in transition toward organic production in three rural production societies (RPS; Grijalva: G; Malpaso: M; Pomarrosa: P) in the municipality of Tecpatan, Chiapas, Mexico. Blood samples were taken for 213 dairy cows and 26 breeding bulls using an enzymatic immune assay (ELISA) in order to detect antibodies. The dairy farms in the three RPS make up a single production system, whose objectives, management characteristics, approximation to the organic production model (63,4%) and productivity (108,2 ± 9,4 euros of net margin per cow per year) are similar. Global seroprevalence was 62,76%, for a total of 150 samples. Seroprevalence for BHV-1 observed for dairy cows (RPS-G = 66,7%, RPS-M = 58,8%, and RPS-P = 53,8%) and that for breeding bulls (RPS-G = 100%, RPS-M = 88,9, RPS-P =

66,7) did not significantly differ among the three RPS. In both cases, seroprevalence was only marginally significant for RPS-G and RPS-P. Results suggest implementation of effective IBR preventative management systems respecting the organic production guidelines.

**Key words:** BHV-1, antibodies, dairy farms, rural production societies.

## Introducción

Desde la perspectiva sistémica, el proceso salud-enfermedad es el resultado de un complejo desequilibrio entre el hospedero, las plantas y los microorganismos patógenos expuestos a un mismo ambiente (Ellis, 1984). Por ello resulta esencial conocer las características ambientales y de manejo de los sistemas de producción regionales, identificar el grado de influencia de las enfermedades sobre los animales, y definir mecanismos para su control (Bracho et al., 2006).

La prevalencia de enfermedades en los animales domésticos ocasiona pérdidas económicas importantes debidas a reducción de la productividad de los mismos. Este es el caso de los sistemas de producción bovina de Tecpatán Chiapas, donde algunas enfermedades prevalentes se manifiestan en forma clínica o subclínica. Un ejemplo de ellas es la Rinotraqueítis Infecciosa Bovina (IBR), enfermedad altamente contagiosa de origen viral, causada por un herpes virus bovino tipo 1 (BHV-1) perteneciente a la familia *Herpesviridae*. Este virus se transmite de forma directa de un animal a otro por medio de las secreciones corporales o de forma indirecta por el personal o equipos contaminados. Las vías de ingreso son la cavidad nasal, orofaringe, tracto genital y ojos. Además de causar trastornos respiratorios, este virus puede originar conjuntivitis, vulvovaginitis, abortos, encefalitis e infecciones sistémicas generalizadas (Engels y Ackermann, 1996). Desde 1981 cuando este virus fue aislado, se han clasificado varias cepas, tanto de animales con problemas respiratorios co-

mo reproductivos (Zacarías y Rivera, 2002). Su epidemiología es de distribución mundial y en México desde hace varios años se ha diagnosticado su prevalencia en hatos lecheros como de carne (Vilchis et al., 1985). Las investigaciones serológicas han comprobado que infecciones subclínicas en toros (Guiris et al., 2001) pueden transmitir la enfermedad mediante semen contaminado (Anderson y Rings, 2008). También se ha evidenciado que la infección primaria del virus de IBR, ya sea de campo o vacunal, permanece en forma latente por tiempo indefinido en las neuronas ganglionares del trigémino o sacro, e incluso en las tonsilas, pudiendo ser reactivada por condiciones de estrés o tratamientos con corticosteroides y causar principalmente infecciones subclínicas en animales susceptibles (Favoreel et al., 2000; Winkler et al., 2000; Behymer et al., 1991).

En México, la IBR es una de las enfermedades infecciosas de gran importancia en los hatos lecheros, pues en la mayoría de los animales la enfermedad transcurre en forma subclínica; tiene como principal característica el aborto y como consecuencia la pérdida de la cría y la lactancia; afecta los parámetros reproductivos y productivos e incrementa notablemente las pérdidas económicas (Moles et al., 2002).

En el estado de Chiapas son pocas las investigaciones sobre prevalencia de IBR en ganado bovino y ninguna de ellas se ha realizado en explotaciones ganaderas orientadas a la producción orgánica. Un ejemplo de ello es la ganadería del municipio de Tecpatán, Chiapas, que por su importante gra-

do de aproximación al modelo de producción orgánica (Nahed et al., 2009) se está promoviendo la certificación orgánica de la producción lechera. Por ello, se requiere conocer el estatus epidemiológico actual de IBR y otras enfermedades endémicas para implementar estrategias apropiadas de bioseguridad, así como justificar o no su incorporación a los esquemas de vacunación de acuerdo con la norma de producción orgánica (IFOAM, 2005; CERTIMEX, 2007).

Con base en lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue caracterizar el sistema de producción bovina, analizar su aproximación al modelo de producción orgánica y evaluar la seroprevalencia de anticuerpos de BHV-1 en explotaciones de ganado lechero en transición a la producción orgánica, de tres Sociedades de Producción Rural (SPR) del municipio de Tecpatán, Chiapas, México.

## Material y Métodos

### Área de estudio

El estudio se realizó en el municipio de Tecpatán, Chiapas, localizado al sureste de México y al Noroeste del estado de Chiapas, entre las coordenadas 94° 05' y 91° 23' de longitud Oeste y entre 17° 16' de longitud norte. De acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García (1988), el clima es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, con precipitación pluvial total anual de 1932 mm y altitud promedio de 320 msnm.

### Explotaciones ganaderas evaluadas

La evaluación incluyó el muestreo de todas las explotaciones ganaderas (EG: 51 = 100%) que inicialmente se incorporaron al proceso de transición productiva de leche orgánica,

de tres Sociedades de Producción Rural (SPR): (i) SPR-Grijalva (SPR-G = 17 EG), de la comunidad Luis Espinosa; (ii) SPR-Pomarrosa (SPR-P = 20 EG), de la comunidad Emiliano Zapata; y (iii) SPR-Malpasso (SPR-M = 14 EG), de la comunidad Raudales Malpasso. Se utilizaron vacas y sementales adultos sin antecedentes de vacunación frente a BHV-1.

### Caracterización del sistema de producción bovina

El sistema de producción bovina ha sido caracterizado con información de variables técnico-económicas relevantes (Nahed et al., 2006), y la evaluación del grado de aproximación de las explotaciones ganaderas al modelo de producción orgánica se realizó con las variables, indicadores e índice multidimensional ponderado propuesto por Nahed et al. (2009). La información se obtuvo mediante observaciones directas en las explotaciones ganaderas y un cuestionario aplicado a los ganaderos por la técnica de entrevista informal semiestructurada (Vela, 2001).

### Seroprevalencia de Rinotraqueítis Infecciosa Bovina

#### Marco muestral

El tamaño de la muestra por SPR fue de 96 bovinos (con un total de 288 individuos para las tres SPR). La ecuación de muestreo aleatorio simple utilizada fue:  $n = Z^2 pq/d^2$  (Daniel, 2005). Los animales se seleccionaron aleatoriamente entre los bovinos adultos mayores de 2 años de cada explotación ganadera de las tres SPR evaluadas. Los parámetros utilizados para la estimación fueron: nivel de confianza del 95% ( $Z_{1-\alpha} = 1,96$ ); prevalencia desconocida ( $p = 0,50$ ) y precisión o error de muestreo absoluto de 10% ( $d = 0,1$ ;  $q = 1 - p$ ). En la selección de los individuos se presentaron dificultades rela-

cionadas con la oportunidad brindada por los productores, la permanencia de los sementales en otros predios y las condiciones climáticas adversas, por lo que en dos de las tres SPR no se cumplió a cabalidad con el tamaño mínimo, obteniéndose una muestra ligeramente inferior a la prevista. Los muestreo quedaron de la siguiente forma: en las EG de la SPR-G se obtuvo una muestra aleatoria de individuos de la población de 84 vacas y 8 sementales; en las EG de la SPR-P fue de 78 vacas y 9 sementales; y en las EG de la SPR-M, de 51 vacas y 9 sementales. Tanto las vacas como los sementales (de procedencia intrarregional = 10 y extrarregional = 16) no habían sido vacunados contra BHV-1.

#### *Obtención y análisis de las muestras*

Se obtuvieron muestras de sangre por punción de la vena caudal coccígea en tubos vacutainer estériles, sin anticoagulante, y fueron analizadas en la unidad móvil de diagnóstico (Lab. Pfizer). Los sueros se obtuvieron por centrifugación a 3500 rpm por 10 minutos, y la determinación de anticuerpos de IBR se realizó mediante inmunoensayo enzimático (ELISA) utilizando un kit comercial HerdChek IBRgB (laboratorios IDEXX,). La prueba clasifica los resultados en negativos, sospechosos y positivos; se utiliza una dilución simple en placas previamente sensibilizadas y lectores de densidad óptica específica. La sensibilidad de la prueba es del 95 al 100% y la especificidad es del 99.8%. Los resultados son considerados negativos con un bloqueo menor al 45%, sospechosos con bloqueo de 45 a 55% y positivo cuando el bloqueo es mayor del 55% (Sierra, 1993; Bommeli, 2000; Navarrete et al., 2007).

#### *Sistematización y análisis de la información*

Los datos fueron analizados mediante la prueba de  $\chi^2_{RV}$  (razón de verosimilitud), el riesgo relativo (RR) y los intervalos de con-

fianza ( $IC_{95\%}$ ) con su valor de error alfa (o nivel de significancia  $p$ ) para comparar las tasas de seroprevalencias (TSP) globales y por sexo entre SPR (Daniel, 2005). El RR indica cuantas veces más hay seropositividad en un grupo con relación a otro. Se obtiene del cociente entre los valores más altos de las tasas de seroprevalencia en contraste con el más bajo ( $RR = TSP_1 / TSP_0$ ). Los intervalos de confianza son el rango de variabilidad de la comparación establecida con el RR y el valor  $p$ , y reflejan el nivel de significancia o error tipo uno o alfa.

Se calculó la distribución proporcional de seropositividad (proporción de animales seropositivos por sexo en relación al número total de individuos seropositivos) y la seroprevalencia global real (proporción de animales seropositivos, por sexo o total, en relación al número total de individuos, por sexo o total).

## **Resultados**

### Caracterización del sistema de producción bovina

Las explotaciones ganaderas de las tres SPR evaluadas presentan objetivos de producción y características de manejo similares, por lo que integran un solo sistema de producción. Históricamente, el sistema extensivo ha sido y continúa siendo el preponderante en la región de estudio, cuyas características principales son el uso diversificado de los recursos y un calendario de manejo adaptado a la variabilidad de las condiciones ambientales. Los animales se alimentan casi exclusivamente en unidades de pastoreo con un gradiente de arborización amplio. En cuanto a cifras medias, se observó que las explotaciones manejan una carga ganadera de 1,8 ( $\pm 1,5$ ) UA/ha de tierra propia; el número de vacas en ordeña es de 20,2 ( $\pm 11,7$ ), existen-



do 22,4 ( $\pm$  2,3) vacas por semental; la tasa de natalidad es de 68,0 ( $\pm$  25,6)%; la de mortalidad de crías es de 9,9 ( $\pm$  2,8)% y la de animales adultos de 4,3 ( $\pm$  1,8)%. Los bovinos son de raza Cebú y del biotipo criollo, cruzados con algunas razas europeas, entre las que predominan Suizo, Holstein, y en menor proporción Simmental. La producción de leche diaria es de 4,8 ( $\pm$  0,88) litros por vaca y la anual es de 1183,0 ( $\pm$  4,3) litros por vaca. Todos los becerros son vendidos al destete, a los 7,8 ( $\pm$  0,76) meses de edad, para ser engordados en otras regiones de México. La venta de leche, de becerros al destete y de vacas de desecho, son las principales fuentes de ingresos del productor y el margen neto por vaca al año es de 2147,0 ( $\pm$  186,3) pesos, equivalentes a 108,2 ( $\pm$  9,4) euros.

En lo que se refiere al grado de aproximación de las explotaciones ganaderas al modelo de producción orgánica, éstas cubren los siguientes indicadores y niveles: manejo alimenticio = 100%; manejo sustentable del pastizal = 59,6%; fertilización orgánica del suelo = 85,1%; control de malezas = 76,7%; control de plagas = 72,8%; profilaxis y cuidados médicos veterinarios = 30,4%; raza y reproducción = 100%; bienestar animal = 80,0%; inocuidad = 50,0% y gestión ecológica = 20,0%. A partir de esta información, se calculó que en promedio, el índice de conversión orgánica ponderado de las explotaciones ganaderas es de 63,4%.

#### Seroprevalencia de Rinotraqueítis Infecciosa Bovina

De un total de 239 muestras séricas analizadas, la seroprevalencia global de anticuerpos contra BHV-1 fue del 62,76%. En el Cuadro 1 se presenta la seroprevalencia de BHV-1 específica para los sementales evaluados. Se observa que los sementales de la SPR-M presentan 33,1% más seroprevalencia de BHV-1 que los de la SPR-P (RR=1.33;

0.79-2.23); sin embargo, de acuerdo con la  $\text{Chi}^2_{\text{RV}}$  (1,33; 1 gl; 0,2481) esa diferencia no es significativa. Al comparar la SPR-G con la SPR-M no se encontró diferencia estadística ( $\text{Chi}^2_{\text{RV}}$  1,327; 1 gl; 0,249), y reportó que hay 12,5% más prevalencia de BHV-1 en los sementales de la SPR-G que en los de la SPR-M (RR=1.12; 0.89-1.52). Así también, se encontró que hay un 50,0% más seroprevalencia de BHV-1 en los sementales de la SPR-G que en los de la SPR-P (RR=1.5; 0.95-2.38), y esta diferencia es marginalmente significativa ( $\text{Chi}^2_{\text{RV}}$  4,38; 1 gl; 0,036).

Los sementales de procedencias intraregional o extrarregional de las tres SPR evaluadas presentaron de igual forma alta (entre 66,7 y 100%) seropositividad de BHV-1.

En vacas, se presenta el mismo patrón que en los sementales, la seroprevalencia de BHV-1 fue superior al 50% (Cuadro 2). Se observa que las vacas de la SPR-M presentan 8% mas seroprevalencia de BHV-1 que las de la SPR-P (RR=1,08; 0,79-1,47), sin que la diferencia sea significativa ( $\text{Chi}^2_{\text{RV}}$  0,23; 1 gl; 0,633). Así también, las vacas de la SPR-G presentaron 13% mas seroprevalencia que las de la SPR-M (RR=1,13; 0,73-3,11), sin que fueran estadísticamente diferentes ( $\text{Chi}^2_{\text{RV}}$  1,23; 1 gl; 0,268). Finalmente, las vacas de la SPR-G registraron 25% mas seroprevalencia de BHV-1 en comparación a las de la SPR-P (RR=1,24; 0,97-1,61), cuya diferencia es marginalmente significativa ( $\text{Chi}^2_{\text{RV}}$  3,18; 1 gl; 0,074). Hubo una vaca sospechosa de BHV-1.

Es evidente que la mayor distribución proporcional global de vacas seropositivas a BHV-1 obedeció a que el muestreo incluyó mayor cantidad de vacas que de sementales (Cuadro 3). Sin embargo, la seroprevalencia global real fue 24,5% mayor en sementales que en vacas. Las procedencias intraregional ó extrarregional de los sementales introducidos conducen de igual forma a la alta seroprevalencia de anticuerpos contra BHV-1 en vacas.

Cuadro 1. Tasa de prevalencia de anticuerpos contra Rinotraqueítis Infecciosa Bovina en sementales de tres sociedades de producción rural de Tecpatán, Chiapas  
 Table 1. Rate of prevalence for antibodies for Infectious Bovine Rhinotracheitis in breeding bulls in three rural production societies in Tecpatan, Chiapas

SPR	N	Sementales (+)	Prevalencia, %	Contrastes	RR (IC <sub>95%</sub> )	Chi <sup>2</sup> <sub>RV</sub>	gl	Valor P
P	9	6	66,7	M/P	1,33 (0,79-2,23)	1,33	1	0,248
M	9	8	88,9	G/M	1,12 (0,89-1,42)	1,32	1	0,249
G	8	8	100	G/P**	1,50 (0,95-2,38)	4,38	1	0,036

SPR = Sociedad de producción rural; P = Pomarrosa; M = Malpaso; G = Grijalva.; RR = Riesgo relativo.

Cuadro 2. Tasa de prevalencia de anticuerpos contra Rinotraqueítis Infecciosa Bovina en vacas de tres sociedades de producción rural de Tecpatán, Chiapas  
 Table 2. Rate of prevalence for antibodies for Infectious Bovine Rhinotracheitis in dairy cows in three rural production societies in Tecpatan, Chiapas

SPR	N	Vacas (+)	Prevalencia, %	Contrastes	RR (IC <sub>95%</sub> )	Chi <sup>2</sup> <sub>RV</sub>	gl	Valor P
P	78	42	53,8	M/P	1,09 (0,79-1,47)	0,23	1	0,633
M	51	30	58,8	G/M	1,13 (0,73-3,11)	1,23	1	0,268
G	84	56	66,7	G/P	1,24 (0,97-1,61)	3,18	1	0,074

SPR = Sociedad de producción rural; P = Pomarrosa; M = Malpaso; G = Grijalva; RR = Riesgo relativo.

Cuadro 3. Distribución proporcional por sexo de animales seropositivos a Rinotraqueítis Infecciosa Bovina en tres sociedades de producción rural de Tecpatán, Chiapas  
 Table 3. Proportional global distribution by sex for animals seropositive for Infectious Bovine Rhinotracheitis three rural production societies in Tecpatan, Chiapas

Sexo	N	No. de animales (+)	Distribución proporcional, %	Seroprevalencia global real, %
Semental	26	22	14,7	84,6
Vacas	213	128	85,3	60,1
Total	239	150	100	62,8

## Discusión

### Caracterización del sistema de producción bovina

Las explotaciones ganaderas presentan un ICO favorable de aproximación al modelo de producción orgánica. El potencial más importante de estas explotaciones se sustenta en que: i) la alimentación animal se basa en el pastoreo y el nulo uso de alimentos prohibidos, como excrementos de animales, alimentos comerciales y aditivos de síntesis química (Mata, 2002); ii) las explotaciones cuentan sólo con bovinos criollos y/o adaptados a la región y iii) la reproducción de los animales es natural. Aunque la normativa orgánica permite el uso de inseminación artificial, en el 100% de las explotaciones la monta es natural (directa) y continua, al igual que el celo de las vacas y los partos.

El indicador de manejo sustentable del pastizal es poco favorable, por lo que se requiere fomentar la asociación de especies leguminosas en los potreros con monocultivo de gramíneas, así como promover la siembra de especies leñosas forrajeras locales en arreglos agronómicos. El escaso uso de fertilizantes de síntesis química en algunas explotaciones ganaderas, debe ser sustituido por técnicas agroecológicas de abonado (Labrador y Porcuna, 2006). El manejo integrado de plagas, que incluye el manejo ecológico de los suelos y la biodiversidad, es uno de los métodos más eficientes para sustituir el bajo uso de plaguicidas (IFOAM, 2005).

En lo que respecta al indicador de profilaxis y cuidados médicos veterinarios, las explotaciones ganaderas de las tres SPR tienen dificultad para aproximarse al modelo orgánico debido a que aunque existe una alta proporción de productores que: i) aplica vacunas contra enfermedades endémicas (91%; como Derriengue, Clostridiasis y Pasteurelosis, entre otras), existe una baja proporción

de productores que ii) realizan cuarentena de animales introducidos y/o enfermos (44%), que iii) aplica tratamiento natural de enfermedades infecciosas (0.0%) y iv) parasitarias internas (0,06%) y externas (0,0%). Existen productores que no realizan desparasitaciones convencionales internas y hay quienes realizan más de las dos desparasitaciones permitidas anualmente por la normativa orgánica; además, la mayoría de ellos trata esporádicamente con antibióticos a sus animales debido a que desconocen los tratamientos naturales.

La demostración de la inocuidad de los productos de origen animal (carne, leche y quesos) es la garantía de calidad que el productor ofrece al consumidor. Este indicador limita fuertemente el cumplimiento de la normativa orgánica de las explotaciones ganaderas evaluadas. Ello se debe a que: i) aunque se eliminan los animales seropositivos a tuberculosis y brucelosis (100%), y que los animales de las tres SPR ii) hayan demostrado estar libres de brucelosis y tuberculosis (100%), no existe iii) estricto control higiénico-sanitario de las instalaciones y equipo de trabajo, ni del manejo de la ordeña y de la leche (0,0%), y hasta ahora iv) los productos (leche, quesos y carne) no han sido evaluados para demostrar que están libres de antibióticos, hormonas, pesticidas, y otras sustancias de síntesis química (0,0%). Finalmente, la gestión ecológica fue el indicador con menor grado de aproximación al modelo orgánico, por lo que es necesario instrumentar los procedimientos que los productores deben seguir para obtener la asesoría y la capacitación necesarias para avanzar hacia la certificación orgánica de sus explotaciones.

Para superar las dificultades señaladas, se requiere una política global de desarrollo de la ganadería orgánica que incentive a los productores. Particularmente se requiere una política integral de sanidad e inocuidad agroalimentaria, que considere el financia-

miento de los costos de la certificación orgánica. Para ello, en principio se requiere avanzar en la instrumentación de la ley de productos orgánicos en México, publicado en febrero de 2006, reglamentando su normatividad para ponerla en operación.

#### Seroprevalencia de Rinotraqueítis Infecciosa Bovina

La presente investigación confirma la presencia de anticuerpos contra IBR en el ganado bovino de las tres SPR evaluadas. La seroprevalencia global (62,76%) observada indica que la enfermedad está ampliamente diseminada en la zona, y sugiere la existencia de importantes pérdidas económicas por abortos, retraso del crecimiento, reducción de la producción, problemas respiratorios y muertes, como ocurre en varias regiones del trópico mexicano (Barajas *et al.*, 1993). El hecho de que la mayoría de los animales examinados mostrara un título relativamente uniforme de seroprevalencia y el que no se haya encontrado diferencia entre las proporciones de animales seropositivos de las SPR, indica que la infección por IBR no es reciente, tiene una distribución uniforme y permanece en estado de latencia en los animales. Esto se debe a la presencia de bovinos portadores de cepas de campo que se reactivan ocasionalmente por factores estresantes como sequía, desnutrición, presencia de otros agentes infecciosos como bacterias, parásitos y manejo deficiente, que favorecen la replicación viral (Engels y Ackermann, 1996). Ello ocasiona infecciones subclínicas recurrentes en animales susceptibles (Van Orischot, 1995; Banks, 1999). Esta situación hace que la IBR sea una enfermedad de gran difusión y se requiere establecer un programa de control, ya que representa un riesgo epidemiológico regional.

Prevalencias similares de IBR han sido reportadas por Reyes (2003) en explotaciones ga-

naderas de diferentes estados de la república mexicana (57,29%), por Moles *et al.* (2002) en el altiplano Mexicano (69,5%) y por Rincón (1995) en Villafores, Chiapas (61.1%), en tanto que Cano *et al.* (2009) encontraron menor prevalencia en un estudio seroepidemiológico realizado en la zona norte (32,1%) de Chiapas. Sin embargo, en el presente estudio, la seroprevalencia global (85,33%) en vacas fue mayor que la reportada por Güiris (2001; 11,6%) y Nandayapa (1995; 33,3%) en vacas con historial clínico de disfunción reproductiva, en el estado de Chiapas.

La prevalencia global elevada de IBR en vacas asociada a la ausencia de vacunación se explica en buena medida por la alta prevalencia de IBR en los sementales evaluados. Esto se debe a la introducción de sementales a la zona de estudio procedentes de otras regiones del estado de Chiapas o de ranchos de la misma zona (7 positivos de 10 evaluados), o bien de otros Estados de la república mexicana (15 positivos de 16 evaluados) adquiridos de forma privada o mediante el programa gubernamental de canje de sementales fomentado por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación de México, los cuales son introducidos en las explotaciones sin implementar medidas cuarentenarias y sin conocer su estatus sanitario. La transmisión y diseminación de IBR en las vacas de las tres SPR estudiadas se mantiene latente debido a que ocurre principalmente por contacto sexual (Vilchis *et al.*, 1985), por lo que la introducción de sementales continua siendo un riesgo constante, señalado previamente por Güiris *et al.* (2001). Esta situación se explica por que la infección por BHV1 puede permanecer latente en el semen de toros infectados y el virus puede transmitirse por monta natural y por inseminación artificial (Parsonson y Snowdon, 1975). Sin embargo, el cuidado estricto en los centros de inseminación para adquirir únicamente animales

negativos a IBR y mantener separados a los animales positivos, conduce a que la enfermedad sea irrelevante en sistemas con inseminación artificial e importante en sistema de monta natural (Betancur *et al.*, 2006; Eskra y Splitter, 1997) como en el caso evaluado.

La tasa de prevalencia de IBR en machos es similar a la obtenida por Betancur *et al.* (2006) en el Municipio de Montería, Colombia (95%), y mayor que la señalada por Nandayapa (1995) en el Municipio de Villa Corzo, Chiapas (31,1%).

Los resultados obtenidos sugieren la necesidad de establecer las bases para el control de IBR de acuerdo con la normativa internacional de producción orgánica. En la práctica se requiere implementar una cuarentena obligatoria en animales introducidos y la vacunación contra enfermedades endémicas, como IBR, o cuando se compruebe mediante estudios la presencia de nuevas enfermedades a fin de no poner en riesgo la salud y la supervivencia de los animales (IFOAM, 2005; CERTIMEX, 2007).

Controlar el IBR significa superar la dificultad de gestión de la sanidad animal en los sistemas orgánicos concerniente en la limitada capacidad para: (i) implementar sistemas de manejo preventivos de enfermedades basados en los principios biológicos y tecnológicos de la producción animal y sostener una relación equilibrada entre los componentes de clima, suelo, planta y animal, en lugar de depender de los medicamentos de síntesis química (Gray y Hovi, 2001). (ii) instrumentar estrategias de actuaciones sobre los agentes causantes de la enfermedad (evitar contacto con animales enfermos, cuarentena, política de adquisición de animales), los factores del animal (relación hoesped-parásito: razas apropiadas, resistencia natural a enfermedades, nutrición óptima, reducción del estrés), y los factores ambientales (bienestar animal; Mata, 2002; Gray y Hovi, 2001).

(iii) ajustarse a los lineamientos de la normatividad de producción orgánica en cuanto al uso de sustancias y medicamentos permitidos, prohibidos y restringidos (IFOAM, 2005) que coadyuven a prevenir, controlar, curar y erradicar enfermedades para evitar penalizaciones (Mata, 2002; Gray y Hovi, 2001).

## Conclusiones

La importante seroprevalencia (mayor al 50%) de anticuerpos contra BHV-1 en vacas y en sementales no mostró diferencia estadística entre las tres SPR, y sugiere que los anticuerpos están presentes de igual forma en los bovinos adultos de las explotaciones ganaderas estudiadas.

Los sementales de procedencias intraregional y extrarregional de las tres SPR evaluadas presentaron de igual forma alta (entre 66,7 y 100%) seropositividad de BHV-1.

Los resultados de la presente investigación sugieren una cuarentena obligatoria en animales introducidos e implementar un esquema de vacunación acorde con la normatividad orgánica.

## Agradecimientos

Se agradece al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Chiapas (COCyTECH) por el apoyo brindado al proyecto: "Sistemas de producción de leche orgánica en bovinos de doble propósito en la región Centro del Estado de Chiapas" (Clave 44101), a través del programa FOMIX-Chiapas, del cual se derivó el presente artículo. De igual forma se agradece a las productoras y a los productores ganaderos de Tecpatán, Chiapas, por todas las facilidades brindadas durante la realización del trabajo de campo, así co-

mo a los Doctores Benito Salvatierra Izaba y Olga Aide Valdez Bermúdez por su asesoría. Los autores agradecen también el análisis crítico de los evaluadores del presente artículo designados por ITEA.

## Bibliografía

- Anderson D, Rings M, 2008. Respiratory system. pp. 124-178. En: *Current Veterinary Therapy 3: Food Animal Practice*, Saunders WB (Ed.). Fifth Edition. Philadelphia. EEUU, 736 pp.
- Banks M, 1999. Living with IBR. *Holstein J.*, 3, 84-87.
- Barajas RJ, Richmann H, Frandi CE, 1993. Application of enzyme-linked immunosorbent assay for epidemiological studies of diseases of livestock in tropics of Mexico. *Science Technique of Epizootology*, 12, 71-78.
- Behymer DE, Reimann HP, Utterback W, Elmi CD, Frant CE, 1991. Mass screening of cattle against 14 infection of disease agents, using an ELISA system monitoring health in livestock. *American Journal of Veterinary Research*, 52, 1699-1705.
- Betancur HC, González MT, Reza LG, 2006. Seroepidemiología de la Rinotraqueitis Infecciosa Bovina, en el municipio de Montería, Colombia; Universidad de Córdoba, Fac. Med. Vet. y Zoot., Departamento de Ciencias Pecuarias, Montería, Colombia. <http://www.unicordoba.edu.co/revistas/revistamvz/mvz-20/08/2007>. (Consultada el 9 de abril de 2009).
- Bommeli AG, 2000. Kit de Detección de Anticuerpos Frente al Virus de la Rinotraqueitis Infecciosa Bovina, IDEXX laboratorios B.V, Herd-CheK IBR gB, Versión 06 – 40262. 1-25 pp.
- Bracho AC, Jaramillo ACJ, Martínez MJJ, Montañón HJA, Olgún Y, Bernal A, 2006. Comparación de tres pruebas diagnósticas para el aborto por rinotraqueitis infecciosa bovina en hatos lecheros. *Vet. Méx.*, 37, 151-163.
- Cano CP, Lastra EM, García DG, Ramírez LJ, Retana RA, Monroy LF, 2009. Diagnóstico seroepidemiológico de las principales enfermedades en los bovinos de la zona norte de Chiapas. En *Memorias XXXIII Congreso Nacional de Buiatría*. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México, pp 39-51.
- CERTIMEX, 2007. Normas para la Producción, el Procesamiento y la Comercialización de Productos Ecológicos. Certificadora Mexicana de Productos y Procesos Ecológicos. Oaxaca, México, pp. 28-37.
- Daniel WW, 2005. Bioestadística. Bases para el análisis de las ciencias de la salud. Editorial Limusa Wiley. México, pp. 150-203.
- Ellis PR., 1984. Health control in relation to livestock production. pp: 63-77. En: *World Animal Science: Development of animal production systems*. B. Nestel (Ed.). A-2. Elsevier. Netherlands.
- Engels M, Ackermann M, 1996. Pathogenesis of ruminant herpesvirus infections. *Vet. Microbiol.*, 53, 3-15.
- Eskra L, Splitter GA, 1997. Bovine herpesvirus-1 infects activated CD4 (+) lymphocytes. *J. Gen. Virol.*, 78, 2159-2166.
- Favoreel H, Nauwgnck H, Pensaert M, 2000. Immunological hiding of herpesvirus-infected cells. *Arch. Virol.*, 145, 1269-1290.
- García E, 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, Universidad Nacional Autónoma de México. México, 70 pp.
- Guiris AM, Rosales ME, Morales BG, Sagahon LV, Crespo MJA, 2001. Prevalencia de Anticuerpos contra *H. sumnus* en el Ganado Bovino del Estado de Chiapas, México. *Vet. Méx.*, 32, 213-219.
- Gray D, Hovi M, 2001. Sanidad y bienestar de los animales en las explotaciones ecológicas. pp. 33-55. En: *Ganadería Ecológica (Principios, Consejos prácticos, beneficios)*. Younie D, Wilkinson JM. (Eds.). Editorial Acribia. Zaragoza, España. 151 pp.
- IFOAM, 2005. Normas de la Federación Internacional de Movimiento de Agricultura Orgánica (IFOAM), para la producción y el procesamiento orgánicos. <http://www.ifoam.org>. (Consultada el 11 de enero de 2009).
- Labrador M, Porcuna CJL, 2006. Aproximación a las bases técnicas de la agricultura ecológica.

- pp. 19-34. En: Conocimientos, Técnicas y Productos para la Agricultura y la Ganadería Ecológica. Labrador, J. (Comp.). 2ª Edición, SEAE, MAPA. España.
- Mata MC, 2002. Bases técnicas de la ganadería ecológica. pp. 163-177. En: La práctica de la agricultura y la ganadería ecológicas. Comité Andaluz de Agricultura Ecológica (C.A.A.E). España. 472 pp.
- Moles CLP, Gavaldón D, Torres B J, Cisneros PMA, Aguirre SJ, Rojas SN, 2002. Seroprevalencia simultánea de leptospirosis y tres enfermedades de importancia reproductiva en bovinos del Altiplano central de la república mexicana. *Rev. Salud Anim.*, 24, 106-110.
- Nahed TJ, Castel J, Mena Y, Caravaca F, 2006. Appraisal of the sustainability of dairy goat systems in Southern Spain according to their degree of intensification. *Livestock Science*. 101, 10-23.
- Nahed TJ, Calderón PJ, Aguilar JR, Sánchez-Muñoz B, Ruiz-Rojas JL, Mena Y, Castel JM, Ruiz FA, Jiménez FG, López-Méndez J, Sánchez-Moreno G, Salvatierra IB, 2009. Aproximación de los sistemas agrosilvopastoriles de tres microrregiones de Chiapas al modelo de producción orgánica. *Avances de Inv. Agrop.*, 13, 45-58.
- Nandayapa CFJ, 1995. Contribución al Estudio Seroepizootiológico de la Rinotraqueítis Infecciosa Bovina (IBR) en Bovinos de Diferentes Edades y Sexo, del Municipio de Villa Corzo, Chiapas. Tesis Profesional, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Chiapas. México. 76 pp.
- Navarrete J, Vera VRG, Villamil LC, 2007. Evaluación de la Prueba Elisa Usando una cepa de Campo como Antígeno para Detectar Anticuerpos contra el virus de la Rinotraqueítis Bovina Infecciosa. Universidad Colegio Mayor de Condinamares, Bogotá., 2 (002). Colombia, 112 pp.
- Parsonson IM, Snowdon WA, 1975. The effect of natural and artificial breeding using bulls infected with, or semen contaminated with, infectious bovine rhinotracheitis virus. *Aust. Vet. J.*, 51, 365-369.
- Reyes FJM, 2003. Seroprevalencia de IBR y DVB en hatos muestreados en México, *Boletín Informativo Agropecuario* 135. México, 20 pp.
- Rincón CJ, 1995. Estudio Seroepizootológico de Rinotraqueítis Infecciosa Bovina (IBR), Leptospirosis y Brucelosis en Vacas con Problemas Reproductivos del Municipio de Villaflores, Chiapas. Tesis Profesional, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Chiapas. Mexico, 78 pp.
- Sierra NR, Alvarado VM, Bojorques NL, 1993. Aplicación de ELISA para el diagnóstico de algunas enfermedades virales de repercusión reproductiva en bovinos. CENID-Microbiología-INIFAP-SARH-Pronavive. México, D. F. pp. 20-22.
- Van Orisshot J, 1995. Bovine herpesvirus 1 in semen of bulls and the risk of transmission: A brief review. *Vet. Quart.*, 17, 29-33.
- Vela F, 2001. Un acto metodológico básico de la investigación social: la entrevista cualitativa. pp. 63-95. En: *Observar, escuchar y comprender. Sobre la tradición cualitativa en la investigación social*. Tarrés ML (Coord.). Porrúa y FLACSO. México.
- Vilchis CM, Susana VM, Rosales CB, Aguilar AS, Vargas JL, Peñaim IM, Jorge GM, Batalla CD, 1985. Estudio Epizootiológico de la Rinotraqueítis Infecciosa Bovina en ganado productor de leche y de carne. *Rev. Vet. Mex.*, 49,106-115.
- Winkler M, Doster A, Jones C, 2000. Persistence and reactivation of bovine herpesvirus 1 in the tonsils of latently infected calves. *J. Virol.*, 74, 5337-5346.
- Zacarías EBA, Rivera H, 2002. Seroprevalencia del Virus de la Rinotraqueítis Infecciosa en ovinos Criollos de Parinacochas, Ayacucho. *Rev. Inv. Vet. Perú.*, 13, 61-65.

(Aceptado para publicación el 25 de enero de 2010)

## **Incidencia de alteraciones en el aparato reproductor de vacas sacrificadas en un matadero comercial de la Provincia de Lugo (Noroeste de España)**

J. Stephani de Souza, E. Costa Alexandre, L.A. Quintela, J.J. Becerra, J. Cainzos, F. Rivas, A. Prieto y P.G. Herradón

Dpto. Patología Animal. Facultad de Veterinaria de Lugo. Campus Universitario. 27002-Lugo

E-mail contacto: luisangel.quintela@usc.es

### **Resumen**

Entre los meses de diciembre de 2008 y junio de 2009 se recogieron 150 aparatos genitales, procedentes de vacas Frisonas enviadas al matadero por causas desconocidas. Los aparatos genitales fueron sometidos a un examen detallado a fin de detectar posibles patologías ováricas, oviductales y uterinas.

Los resultados mostraron que el 4,7% de las vacas tenían quistes ováricos y el 17% adherencias de diferentes grado en alguno de los ovarios. En lo que se refiere a los oviductos, más del 21% de las vacas presentaron alteraciones de la permeabilidad oviductal (en el 50% de los casos fue bilateral). Por otra parte, en menos del 40% de estos oviductos impermeables, se podían apreciar alteraciones detectables mediante palpación rectal y/o ecografía. También comprobamos la existencia de una relación significativa entre la presencia de adherencias ováricas y de alteraciones en la permeabilidad del oviducto. Por último, el hallazgo más frecuente, a nivel uterino, fue la presencia de contenido purulento en el interior de los cuernos uterinos (14,7%).

De todo este estudio, el hallazgo más relevante, desde un punto de vista práctico, fue la gran cantidad de aparatos genitales que presentaban alteraciones en la permeabilidad oviductal y que tenían una apariencia normal.

**Palabras clave:** enfermedades genitales en vacas.

### **Summary**

#### **Incidence of alterations in the reproductive apparatus of sacrificed cows in a commercial slaughter house of the Province of Lugo (the Northwest of Spain)**

From December 2008 to June 2009, 150 genital tract, coming from Frisian cows sacrificed into the slaughter house by unknown causes, were removed. The genital tract were put under a detailed examination in order to detect possible ovarian, oviduct and uterine pathologies. The results showed that 4.7% of the cows had ovarian cysts and 17% adhesions of different degree in someone of the ovaries. Concerning the oviducts, more of 21% of the cows shown alterations of the oviductal permeability (in 50% of them it was bilateral). On the other hand, in less than 40% of these impermeable oviducts, detectable alterations by rectal palpation and/or ecography could be appreciated. Also we verified the existence of a significant relation between the presence of ovarian adhesions and alterations in the permeability of oviduct. Finally, the most frequent finding, at uterine level, was the presence of purulent content inside the uterine horns (14.7%). From this study, the most important finding, from a practical point of view, was the great amount of genital apparatuses that presented alterations in the oviductal permeability and which they had a normal appearance.

**Key words:** Cattle genital diseases.



## Introducción

La reproducción es uno de los factores esenciales para determinar la viabilidad económica de las explotaciones, principalmente en vacuno lechero. Una reducción de la eficiencia reproductiva provoca una disminución drástica en la rentabilidad económica de la explotación. Según Córdova *et al.* (2002), el margen de beneficio bruto por vaca se ve afectado del 5 al 15% por deficiencias reproductivas. Short *et al.* (1990) y Pandey *et al.* (1994) consideran que las pérdidas económicas provocadas por baja fertilidad pueden superar a las debidas a enfermedades tanto infecciosas como no infecciosas.

De acuerdo con Opsomer (2008), a lo largo de los últimos 20 años la tasa de partos tras el primer servicio ha experimentado una reducción desde el 60% hasta el 40%. Si esta tendencia continuara al ritmo actual, en otros 20 años solo el 20% de las vacas concebirían en el primer servicio y, de aquí a 40 años, las vacas no quedarán gestantes. Según Gatiús *et al.* (2006) la relación entre el aumento de la producción de leche y una buena eficiencia reproductiva es inestable, de tal forma que, la deficiencia energética en el periodo inmediatamente postparto, así como los incrementos en el manejo, disminuyen la fertilidad de los animales.

Todos los días vacas de diferentes edades, estado de engrasamiento y condiciones sanitarias son enviadas al matadero por diferentes causas, que pueden estar relacionadas con la pérdida de productividad (infertilidad, problemas de parto, dificultad de manejo, baja producción de leche, etc), con problemas sanitarios (mamitis, procesos patológicos gastrointestinales, accidentes, etc.), o incluso por situaciones estructurales (cuotas lácteas, planes de jubilación, etc.) (Carballo y Moreno., 2006). El CanWest DHI y Valacta (2008), describiendo las causas de eliminación de vacas en Canadá, destacaban que el 30,3%

de los animales eran reemplazados por problemas reproductivos. En un estudio similar realizado en la provincia de Lugo (Quintela *et al.*, 2005), se citaba que el 27% de los animales eran eliminados, y enviados al matadero, por problemas directamente relacionados con la reproducción. Debemos considerar, por lo tanto, que el matadero es una buena fuente de investigación para observar las lesiones existentes en los órganos reproductivos, que pueden llegar a ocasionar infertilidad y/o esterilidad en los animales.

A lo largo de la historia se han realizado diferentes estudios relacionados con la infertilidad de la vaca a partir de material procedente de mataderos comerciales, ya que presenta la ventaja de ser económicos y dar una información real sobre la prevalencia de determinadas alteraciones del aparato reproductor en una zona determinada (Perkins *et al.*, 1954; Roine, 1977; Thrusfield, 1995; Kübar y Jalaskas, 2002; Abalti *et al.*, 2006; Eroles-Villamil *et al.*, 2008). Sin embargo, debe tenerse en cuenta que los resultados pueden tener un cierto sesgo que podría ser debido a la selección por edad, temporada, e incluso factores económicos (Eroles-Villamil *et al.*, 2008).

El objetivo de este estudio ha sido determinar, en genitales bovinos procedentes de matadero, la frecuencia de presentación de alteraciones en los cuernos del útero, oviducto y ovarios, y evaluar sus posibles implicaciones sobre el diagnóstico en granja y sobre la fertilidad.

## Material y métodos

### Animales

El presente estudio se llevó a cabo en la Provincia de Lugo (Galicia, España) entre los meses de diciembre de 2008 y junio de 2009.

A lo largo de ese tiempo se recogieron 150 aparatos genitales (elegidos al azar), procedentes de vacas Frisonas, no gestantes, sacrificadas en un matadero privado de la zona. Los aparatos genitales eran seccionados a la altura del cérvix, por lo que no se disponía de la vagina ni de los genitales externos. Tras la recogida de los aparatos genitales, estos fueron transportados a un laboratorio, perteneciente a la disciplina de Reproducción y Obstetricia de la Facultad de Veterinaria de Lugo, para su examen postmortem lo antes posible, para minimizar los cambios debidos a la autólisis.

#### Examen del aparato genital

Una vez en el laboratorio se procedió a un examen detallado, prestando una especial atención en el útero, ovarios y oviducto. El tracto genital fue sometido a un examen visual, procediendo a su disección en aquellos casos en los que fue necesario, para determinar con precisión los hallazgos. Cualquier lesión o anomalía presente fue anotada.

El examen se realizó siguiendo el siguiente protocolo:

#### 1. Ovarios:

##### 1.1. Estructuras presentes en el ovario:

##### – Fisiológicas:

*Cuerpo lúteo:* Sólo se tomaron en cuenta los cuerpos lúteos aparentes, aquellos pequeños, muy duros y/o blanquecinos, no se anotaban por considerarlos como cuerpos lúteos en regresión o cuerpos álbicans.

*Folículos:* Sólo fueron registrados los folículos dominantes, siguiendo el criterio de Savio *et al.* (1990), es decir que su diámetro fuese superior a 1 cm. Debido a la metodología empleada no se pudo diferenciar entre folículos normales y persistentes.

##### – Patológicas:

*Quistes:* Aquellas estructuras foliculares de diámetro superior a 2,5 cm en ausencia de cuerpo lúteo.

En base a estas anotaciones, y teniendo en cuenta ambos ovarios, se reclasificaron los aparatos genitales en función del momento del ciclo ovárico en que se encontraban. Para ello se dividieron en animales en:

*Fase luteínica:* Aparatos genitales que presentaban cuerpo lúteo

*Fase folicular:* Aparatos genitales con, al menos, un folículo dominante en ausencia de un cuerpo lúteo.

*Anestro:* Aparatos genitales cuyos ovarios tienen ausencia de estructuras, incluidas fosas de ovulación.

*Quiste:* Aparatos genitales que presentaban esta alteración.

#### 1.2. Adherencias del ovario con los tejidos adyacentes

También se procedió a realizar un examen minucioso de la existencia de adherencias a nivel ovárico. En función de los hallazgos se clasificaron los aparatos genitales en las siguientes categorías:

*Ausencia de adherencias:* cuando no se observaba ningún indicio de adherencias

*Adherencias Leves:* cuando apreciábamos alguna adherencia que modificaba muy poco la posición o el aspecto del ovario

*Adherencias Severas:* en este caso las adherencias afectaban de tal forma al ovario que era difícil, en muchos casos, separarlo de la bolsa ovárica y/o el oviducto.

#### 2. Oviductos:

2.1. Alteración macroscópica: En función del examen visual de las alteraciones macroscópicas de los oviductos, se establecieron las siguientes categorías:

*Ausencia de alteraciones:* Se estableció esta categoría en aquellos casos en los que el oviducto tenía una apariencia macroscópica normal.

*Alteración localizada:* Se englobaron en esta categoría los oviductos que presentaban un engrosamiento observable y palpable del oviducto, en alguna parte de su recorrido, pero sin afectar la totalidad.

*Alteración generalizada:* cuando la totalidad del oviducto se veía afectada con un incremento considerable del diámetro y la consistencia.

- 2.2. Permeabilidad: Para evaluar la permeabilidad oviductal, se procedió a introducir, desde la fimbria, una solución de azul de metileno mediante una jeringuilla de insulina (sin aguja). Con ello se clasificaron los oviductos en las siguientes categorías:

*Oviductos permeables:* la solución inyectada atravesaba todo el oviducto y salía sin dificultad por el otro extremo tiñéndose el oviducto en su totalidad.

*Oviductos permeables con resistencia:* Se incluyeron en este grupo los oviductos en los que la solución se estancaba en un punto del recorrido del oviducto y sólo se conseguía atravesar esa zona aplicando una considerable presión.

*Oviductos no permeables:* en los que la solución no llegaba al final, ni aplicando presión como en el caso anterior.

### 3. Útero:

Para evaluar el estado uterino, se procedió a extender este órgano y a realizar una incisión en cada cuerno uterino a lo largo de la superficie dorsal para exponer la luz. Se prestó especial atención al contenido uterino. En función de ello se establecieron las siguientes categorías:

*Úteros sanos:* Aparatos genitales de apariencia normal.

*Úteros con contenido purulento:* Aparatos genitales en los que se apreciaba este tipo de contenido.

*Úteros con contenido no-purulento:* en los que encontrábamos que los cuernos uterinos contenían un material mucoso o líquido, aparentemente, no purulento.

*Otras:* En esta categoría se incluyeron otras alteraciones que presentaron escasa frecuencia de aparición (Feto momificado, tumor uterino y cuerno imperforado).

### Análisis estadístico

Dado que el estudio realizado ha sido, básicamente, descriptivo, se procedió a calcular la frecuencia de las diferentes características consideradas. Posteriormente, se estudiaron las interacciones entre algunas de estas variables, para lo que se emplearon tablas de contingencia y el estadístico Chi<sup>2</sup> para determinar la relación entre las variables, considerando como significativos los valores de  $p < 0.05$ . Estos análisis fueron realizados con el programa SPSS 15.0.

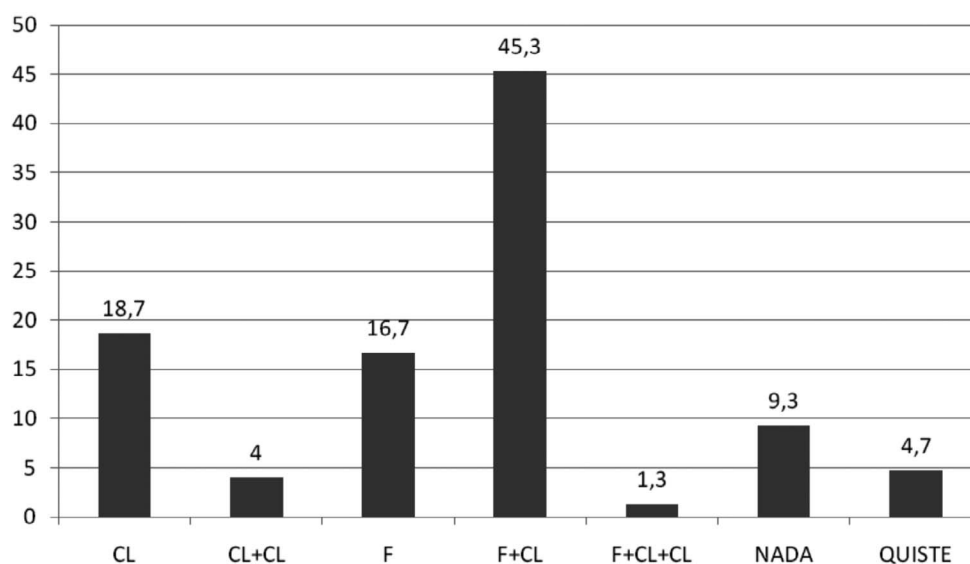
### Resultados

#### 1. Ovarios

Respecto a las estructuras presentes en los ovarios (gráfica 1, tabla 1), quizás los datos más relevantes son que el 9,3% de las vacas no presentaban actividad ovárica (ausencia de todo tipo de estructuras en ambos ovarios) y el 4,7% tenían quistes ováricos en uno o ambos ovarios. Con respecto a las estructuras fisiológicas, el 69,3% de las vacas se encontraban en fase luteínica (presencia de uno o varios cuerpos lúteos aparentes en

uno o ambos ovarios), mientras que el 16,7% estaban en fase folicular (presencia de uno o varios folículos dominantes en ausencia de cuerpo lúteo o con cuerpo lúteo regresado o en regresión). Por último, otro dato interesante es que el 5,3% de las vacas presentaban ovulación doble (presencia de dos cuerpos lúteos, con el mismo grado de desarrollo, en el mismo o diferente ovario).

Respecto a la presencia de adherencias con la bolsa ovárica, o estructuras adyacentes, los resultados se representan en la gráfica 2 y tabla 2, en las que podemos ver como entorno a un 11,5% de los ovarios presentaban alguna adherencia y en un 4% de los casos el grado de adherencias era tal, que era prácticamente imposible separar el ovario de la bolsa (y en muchos casos del ovi-

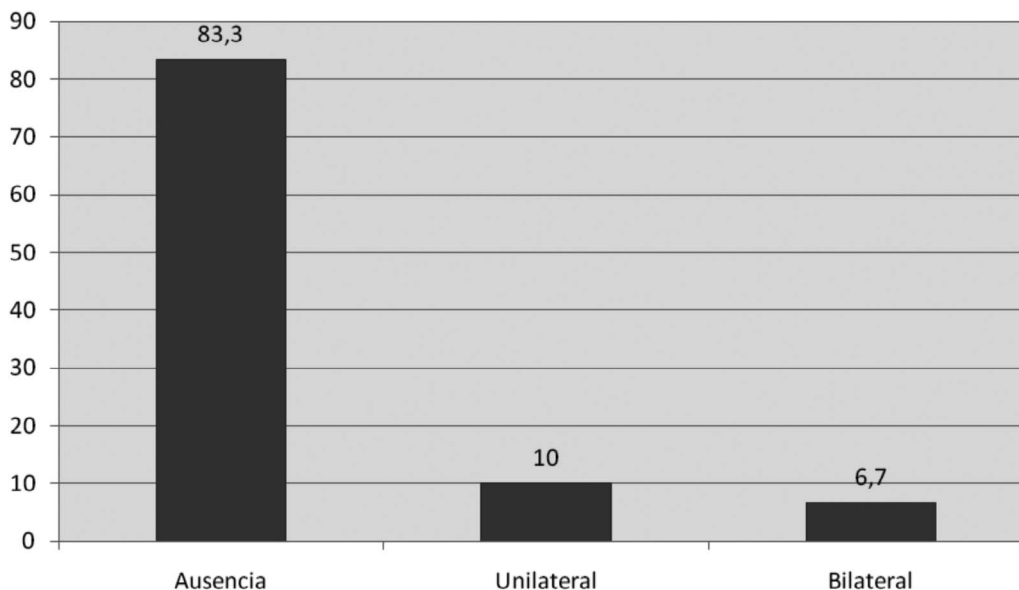


Gráfica 1. Porcentaje de las diferentes combinaciones de estructuras presentes en el ovario en los aparatos genitales objeto de este estudio (un dato por aparato genital)

*Graph 1. Percentage of the different combinations from present structures in the ovary in the genital tracts object of this study (one data by genital tract)*

Tabla 1. Frecuencia de las diferentes estructuras ováricas en función del ovario  
*Table 1. Different ovarian structures frequency based on the ovary*

Estructuras ováricas	Ovario derecho Frecuencia (N)	Ovario izquierdo Frecuencia (N)
Cuerpo lúteo	22,7% (34)	22,7% (34)
Folículo + Cuerpo lúteo	20,0% (30)	12,0% (18)
Folículo	28,0% (42)	20,7% (31)
Nada	27,3% (41)	41,3% (62)
Quieste	2,0% (3)	3,3% (5)



Gráfica 2. Porcentaje de aparatos genitales afectados de adherencias burso-ovaricas  
*Graph 2. Percentage of genital tract with burso-ovarian adhesions*

Tabla 2. Frecuencia de aparición de adherencias burso- ováricas en función del ovario  
*Table 2. Appearance of burso-ovarian adhesions frequency based on the ovary*

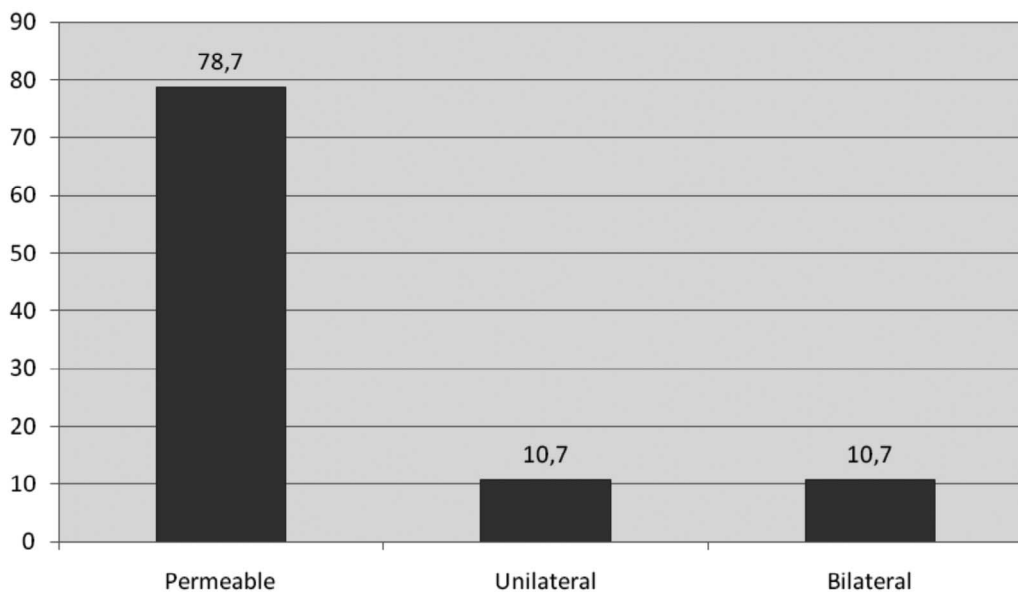
Adherencias	Ovario derecho Frecuencia (N)	Ovario izquierdo Frecuencia (N)	Total Frecuencia (N)
Ausencia	90,0 (135)	86,7 (130)	88,3 (265)
Leve	7,3 (11)	8,0 (12)	7,6 (23)
Severa	2,7 (4)	5,3 (8)	4,0 (12)

ducto). Por otra parte, el 10% de los aparatos genitales mostraban adherencias en uno de los ovarios y casi el 7% en ambos, no estando afectados en el 83,3%.

## 2. Oviducto

En los oviductos, las dos características examinadas fueron la permeabilidad y la presencia de alteraciones macroscópicas que pudieran ser detectadas por exploración rectal. Como se puede ver en la tabla 3 y gráfi-

ca 3, el 16% de los oviductos tenían alterada su permeabilidad, y esta alteración era bilateral en el 10,7% de los aparatos genitales. Sin embargo, tan solo un 6,2% de los oviductos presentaban alteraciones macroscópicas que podrían llegar a ser detectadas por exploración rectal (tabla 4), lo que deja un 9,8% en los que seríamos incapaces de detectar el problema por este procedimiento. Dicho de otra forma, el 60,4% de los oviductos no permeables tenían una apariencia macroscópica normal.



Gráfica 3. Porcentaje de aparatos genitales con alteraciones de la permeabilidad de los oviductos  
 Graph 3. Percentage of genital tracts with oviduct permeability alterations

Tabla 3. Frecuencia de aparición de alteraciones de la permeabilidad del oviducto  
 Table 3. Appearance of oviduct permeability alterations frequency

Adherencias	Ovario derecho Frecuencia (N)	Ovario izquierdo Frecuencia (N)	Total Frecuencia (N)
Permeable	85,3 (128)	82,7 (124)	84,0 (252)
Permeable con resistencia	8,7 (13)	9,3 (14)	9,0 (27)
No permeable	6,0 (9)	8,0 (12)	7,0 (21)

Tabla 4. Frecuencia de aparición de alteraciones macroscópicas en los oviductos  
 Table 4. Appearance of macroscopic oviduct alterations frequency

Alteración macroscópica	Ovario derecho Frecuencia (N)	Ovario izquierdo Frecuencia (N)	Total Frecuencia (N)
Ausencia	94,0 (141)	93,3 (140)	93,6 (281)
Localizada	2,0 (3)	3,3 (5)	2,6 (8)
Generalizada	4,0 (6)	3,3 (5)	3,6 (11)

### 3. Útero

En la tabla 5 se muestran las frecuencias de presentación de diferentes patologías uterinas, comprobando que las metritis suponen un porcentaje elevado.

### 4. Interacciones

#### 4.1. Interacción permeabilidad del oviducto-adherencias en el ovario

En la tabla 6, que se muestra a continuación, podemos comprobar que existía una relación altamente significativa entre la permeabilidad del oviducto y la presencia de adherencias en el ovario, de forma que a mayor gravedad de las adherencias, mayor era la incidencia de oviductos con permeabilidad alterada.

#### 4.2. Interacción permeabilidad del oviducto-alteraciones en el útero

No se ha encontrado una relación significativa entre ambas situaciones (tabla 7) ya que, aunque en algunos grupos aparecían diferencias notables, el bajo número de casos impidió alcanzar conclusiones estadísticamente significativas.

#### 4.3. Interacción adherencias en el ovario-alteraciones macroscópicas en el oviducto

En la tabla 8 podemos ver como la presencia e intensidad de las adherencias en el ovario se encontraban significativamente relacionadas con las alteraciones macroscópicas observadas en el oviducto.

Tabla 5. Frecuencia de aparición de diferentes alteraciones macroscópicas en el útero  
*Table 5. Appearance of different uterus macroscopic alterations frequency*

	Alteración	Frecuencia (N)
Alteraciones del contenido	Sano	74,7 (112)
	Contenido purulento	14,7 (22)
	Contenido no purulento	8,7 (13)
	Otras	2,0 (3)

Tabla 6. Relación entre permeabilidad del oviducto y adherencias ováricas  
*Table 6. Relation between oviduct permeability and ovarian adhesions*

		Permeabilidad del oviducto Frecuencia (N)		
		No permeable	Permeable	Total N
Adherencias en ovario	Ausencia	11,32 (30)	88,68 (235)	265
	Leve	43,48 (10)	56,52 (13)	23
	Total	66,6 (8)	33,3 (4)	12

#### 4.4. Interacción alteraciones uterinas-fases del ciclo estral

En este caso, las diferencias no fueron significativas, pero se podía apreciar una cierta relación entre la presencia de un folículo dominante o un quiste ovárico con la existencia de un abundante contenido mucoso o líquido en el interior de los cuernos (tabla 9).

#### Discusión

Las alteraciones del aparato genital juegan un importante papel en la rentabilidad del ganado vacuno, ya que afectan a la fertilidad de las hembras y provocan graves perjuicios económicos. Por este motivo, en este trabajo hemos procedido a evaluar la incidencia de patologías que se pueden obser-

Tabla 7. Relación entre permeabilidad del oviducto y alteraciones uterinas  
*Table 7. Relation between oviduct permeability and uterine alterations*

		Permeabilidad del oviducto Frecuencia (N)			
		Normal	Unilateral	Bilateral	Total N
Alteraciones en útero	Sano	79,5 (89)	10,7 (12)	9,8 (11)	112
	Contenido purulento	72,7 (16)	18,2 (4)	9,1 (2)	22
	Contenido no purulento	84,6 (11)	0,0 (0)	15,4 (2)	13
	Otras	66,7 (2)	0,0 (0)	33,3 (1)	3

Tabla 8. Relación entre alteraciones macroscópicas del oviducto y adherencias ováricas  
*Table 8. Relation between macroscopic oviduct alterations and ovarian adhesions*

		Alteraciones macroscópicas del oviducto Frecuencia (N)			
		Normal	Localizada	Generalizada	Total N
Adherencias en ovario	Ausencia	97,7 (259)	2,3 (6)	0,0 (0)	265
	Leve	73,9 (17)	8,7 (2)	17,4 (4)	23
	Total	41,6 (5)	0,0 (0)	58,3 (7)	12

Tabla 9. Relación entre alteraciones uterinas y ciclo estral  
*Table 9. Relation between uterine alterations and oestrus cycle*

		Fases del ciclo estral Frecuencia (N)				
		Folicular	Luteínica	Anestro	Quistes	Total N
Alteraciones en útero	Sano	72,0 (18)	75,0 (78)	71,4 (10)	85,7 (6)	112
	Contenido purulento	16,0 (4)	16,3 (17)	7,1 (1)	0,0 (0)	22
	Contenido no purulento	12,0 (3)	6,7 (7)	14,3 (2)	14,3 (1)	13
	Otras	0,0 (0)	1,9 (2)	7,1 (1)	0,0 (0)	3
Total N		25	104	14	7	150



var en las distintas partes del aparato genital, tomando como material de estudio aparatos genitales recogidos en un matadero comercial de la provincia de Lugo.

## Patologías a nivel Ovárico

### Quistes Ováricos

Tradicionalmente se han definido como estructuras foliculares con un diámetro superior a 2,5 cm, que persisten en el ovario en ausencia de cuerpo lúteo y con interrupción de la regularidad del ciclo estral (McNutt, 1927; Garverick, 1997; Dobson, 2001). En los últimos años se han propuesto definiciones alternativas (Silvia et al., 2002; Hatler et al., 2003; Bartolome et al., 2005; Crane et al., 2006). Si bien, en nuestro estudio hemos seguido la definición formulada por Hanzen et al. (2007), por la que, cuando se realiza un único examen, consideran quiste a toda estructura folicular con un diámetro superior a 24 mm (25 mm en nuestro estudio) presente en los ovarios en ausencia de cuerpo lúteo.

Estas estructuras se presentan con una alta prevalencia en el ganado vacuno de aptitud láctea (Noakes et al., 2001; Kübar y Jalaskas, 2002). La mayor incidencia del proceso se observa en los 30 primeros días postparto, periodo crítico para el restablecimiento de la actividad ovárica cíclica, reduciendo la eficiencia reproductiva de los animales afectados (Garverick, 1997). Entre los efectos negativos sobre la reproducción podemos señalar: el retraso en el restablecimiento de la actividad ovárica postparto (Kassa et al., 1986), el incremento de los intervalos parto-primera inseminación y parto-concepción (Borsberry y Dobson, 1989; Erb et al., 1985), descenso de la tasa de concepción en primera inseminación (Erb et al., 1985) y un aumento de las tasas de reposición (Stevenson y Call, 1988).

A pesar de que son la patología ovárica más frecuente en el ganado vacuno (Noakes et al., 2001; Kübar y Jalaskas, 2002), su patogénesis no está del todo clara. Se acepta que los quistes son la evolución de folículos pre-ovulatorios que no llegan a ovular, persisten en el ovario e interfieren con el normal funcionamiento ovárico (Quintela et al., 2006; Braw-Tal, 2009). Varios estudios han demostrado que el desarrollo de quistes ováricos está asociado con alteraciones endocrinas en el eje hipotálamo-hipófisis-gónadas (Silvia et al., 2002; Hatler et al., 2003).

La prevalencia del proceso ha sido estimada a través de palpación rectal y estudios de matadero, oscilando, según los autores, entre el 0,5 y el 37,81% (Summers, 1974; Borsberry y Dobson, 1989; Fathallia et al., 2000; Talukder et al., 2005). Esta gran variación depende principalmente de la forma en que se han recogido los datos. Así, en estudios de matadero y con vacas infértiles, los porcentajes suelen ser bajos entre el 0,5 y el 20% (Summers, 1974; Al-Dahash y David, 1977; Martinez et al., 1989), mientras que los realizados mediante palpación rectal muestran valores superiores entre el 13 y el 37,81% (Romaniuk, 1976; Quintela et al., 1993).

En nuestro estudio comprobamos que el 4,7% de los aparatos genitales recogidos en el matadero presentaban estructuras quísticas (uni o bilaterales), cifra ligeramente más baja que la mencionada en la bibliografía consultada. Estas diferencias son debidas, sin duda, a que el 60% de los quistes que se establecen durante el postparto involucionan espontáneamente (Kesler y Garverick, 1982), por lo que pasan inadvertidos.

### Adherencias burso-ováricas

Se ha descrito que las adherencias burso-ováricas son una de las causas más frecuentes de esterilidad en la vaca, en las que la ciclicidad sexual de la hembra no se ve alte-

rada (Arthur *et al.* 1991, Hatipoglu *et al.*, 2002), pudiendo evolucionar, en algunos casos, hacia hidrosalpinx (Farin y Estill, 1993). Estas afirmaciones se ven apoyadas por nuestros resultados, en los que se aprecia una relación significativa entre la existencia de adherencias burso-ováricas y su extensión, con la presencia de "alteración completa del oviducto". Así, en ovarios sin adherencias no encontramos casos de "alteración completa", mientras que en los afectados de adherencias graves, el porcentaje ascendía al 58,3%.

Aunque el mecanismo por el que se produce esta alteración no está claro, las adherencias muy extensas suelen encontrarse asociadas con infecciones ascendentes, como consecuencia de retenciones de placenta y endometritis (Assey *et al.*, 1998). Por contra, parece que las adherencias más leves podrían estar asociadas con procesos no infecciosos, como podrían ser los traumatismos físicos relacionados con manipulaciones violentas o con la enucleación de quistes ováricos (Herenda, 1987; Assey *et al.*, 1998). En la bibliografía se han citado incidencias que oscilan entre el 0,27% (Hatipoglu *et al.*, 2002) y el 11,6% (Feyissa, 2000). En nuestro estudio, en aparatos genitales procedentes de matadero, hemos encontrado que el 16,7% de los aparatos genitales sufren este tipo de alteración, en uno o en ambos ovarios. En el 7,6% de los ovarios se observaron adherencias leves, que podrían estar relacionadas con procesos traumáticos, mientras que en el 4% fueron observadas adherencias extensas, que podrían tener un origen infeccioso.

### Patologías a nivel Oviductal

Dentro de las patologías presentes a nivel oviductal, las hemos dividido en: alteraciones visibles macroscópicamente, y en alteraciones en la permeabilidad del oviducto.

### Alteraciones macroscópicas

El 4% de los oviductos valorados presentaban una "alteración macroscópica generalizada" con abundante contenido transparente (hidrosalpinx). Estos valores son más elevados que los descritos por Fathalla *et al.* (2000), quienes tan sólo mencionan la existencia de contenidos anormales en los oviductos en el 3,5% de los casos (hidrosalpinx, pyosalpinx y hemosalpinx). Esta alteración puede tener una naturaleza tanto congénita como adquirida, debido a la existencia de algún tipo de lesión obstructiva a nivel del oviducto (Kennedy y Miller, 1993).

### Alteraciones en la permeabilidad oviductal

En cuanto a la permeabilidad oviductal, comprobamos que el 21,4% de los aparatos genitales estudiados presentaban algún problema de permeabilidad oviductal. Estas cifras son notablemente más elevadas que las descritas por Graden *et al.* (1968) quienes describían un 6,7% de problemas de obstrucción oviductal, o el 1,2% descrito en un trabajo reciente por Azawi (2009). Llama la atención que el 10,7% de los aparatos genitales presentaban una permeabilidad parcial (sólo un oviducto permeable), lo que se asociaría con animales subfértiles, que sólo podrían quedar gestantes cuando la ovulación se produjese en el ovario ipsilateral del oviducto sano. También es importante destacar que el 10,7% de los animales presentaron una impermeabilidad total, por lo que esos animales serían estériles.

Un tema muy preocupante, desde un punto de vista clínico, es que sólo en el 39,6% de los casos en los que el oviducto era impermeable, se apreciaba algún tipo de alteración que pudiese ser detectable (ya fuese por exploración rectal y/o examen ecográfico). Esto podría indicar que, en algunos casos en los que no apreciamos alteraciones

a este nivel, ni por exploración rectal ni por ecografía, podríamos tener problemas de impermeabilidad de los oviductos.

También consideramos la relación existente entre las adherencias ováricas y la permeabilidad oviductal. Parece lógico pensar que la presencia de adherencias en el ovario podría afectar a la permeabilidad. Así, en los 300 ovario/oviductos estudiados comprobamos que, cuando no hay adherencias a nivel ovárico sólo el 11,3% de los oviductos tienen problemas de permeabilidad. Sin embargo, cuando considerábamos que los ovarios presentaban adherencias leves, el porcentaje de oviductos impermeables se elevaba al 43,5%. Finalmente cuando a nivel ovárico se apreciaban adherencias severas el 66,6% de los oviductos presentaban alteraciones en la permeabilidad. Esto nos indica que tras una exploración en la que se detecta adherencias leves, a nivel ovárico, tenemos más del 50% de probabilidad de que el oviducto ipsilateral sea permeable. Sin embargo, esa probabilidad disminuye a cerca del 30% cuando las adherencias son severas.

### Patologías a nivel uterino

El útero es el órgano genital más susceptible de sufrir alteraciones debido a su anatomía, funcionalidad y características histológicas (Ferreira et al., 2008). De los 150 aparatos genitales recogidos en el matadero, el 74,7% presentaron cuernos uterinos macroscópicamente normales. Cabe destacar que una de cada cuatro vacas estudiadas presentó algún tipo de alteración macroscópica a este nivel.

Los procesos inflamatorios del útero, producidos normalmente por infecciones inespecíficas son, según algunos autores, la patología más frecuente del postparto (Pugh et al., 1994), reducen la eficacia reproductiva de las explotaciones bovinas, incrementan

los gastos sanitarios, disminuyen el consumo de alimentos, reducen la producción láctea y son una causa importante de eliminación de los animales (Van Dorp et al., 1999). Su incidencia varía en función de los autores consultados, encontrándose en un amplio rango de valores que va del 4,2% hasta el 36% (Barlett et al., 1986; Lewis, 1997; Fourichon, 2001). En nuestro caso, la incidencia se encuentra en un punto intermedio, con el 14,7% de los animales afectados, superior al obtenido en un estudio previo, realizado en la misma zona en animales vivos, en el que se encontró una incidencia del 6,9% (García et al., 2004).

El 8,7% de los aparatos genitales presentaron un cierto contenido de aspecto "no purulento" en los cuernos uterinos. Este contenido podría estar relacionado con la secreción fisiológica existente en la fase folicular del ciclo o por la presencia de quistes en el ovario.

Por último, un 2% de las hembras presentaron otros tipos de patologías que fueron: un feto momificado, un tumor uterino y un cuerno imperforado, alteraciones (sobre todo en las dos últimas) poco frecuentes en la vaca; los tumores por la corta vida que tienen las vacas, y la imperforación del cuerno por ser una alteración congénita.

### Conclusión

La conclusión más relevante fue comprobar que un elevado porcentaje de los animales eliminados en las explotaciones de ganado vacuno presentan alteraciones en la permeabilidad oviductal. Además, en menos de la mitad de esos oviductos se puede apreciar una alteración palpable que nos permita realizar un diagnóstico de campo.

Por lo tanto, parece necesario desarrollar un método diagnóstico que permita evaluar

la permeabilidad oviductal en condiciones de campo. De lo contrario, estas vacas podrían ser inseminadas repetidas veces sin éxito, hasta que se decida su eliminación, con el consiguiente perjuicio económico para la explotación.

### Referencias bibliográficas

- Abalti A, Bekana M, Woldemeskel M, Lobago F, 2006. Female genital tract abnormalities of Zebu cattle slaughtered at Bahir-Dar Town, north-west Ethiopia. *Trop. Anim. Health Prod.* 38: 505-510.
- Al-Dahash SY, David JS, 1977. Histological examination of ovaries and uteri from cows with cystic ovaries. *The Veterinary Record.* 101(17): 342-347.
- Arthur GH, Noakes DE, Pearson H, 1991. *Reproducción y obstetrician veterinaria.* 6<sup>th</sup> Ed. McGraw-Hill, Interamericana de España.
- Assey RJ, Kessy BM, Matovelo JA, Minga U, 1998. Incidence of gross reproductive abnormalities in small East African Zebu cattle. *Tropical Animal Health and Production.* 30: 361-368.
- Azawi OI, 2009. A study on the pathological lesion of oviducts of buffaloes diagnosed at postmortem. *Vet. Res. Commun.* 33: 77-85.
- Barlett PC, Kirk JH, Wilke MA, Kaneene JB, Mather MC, 1986. Metritis complex in Michigan Holstein-Friesian Cattle: incidente, descriptive epidemiology and estimated economic impact. *Prev. Vet. Med.* 4: 235-248.
- Bartolome JA, Thatcher WW, Melendez P, Risco CA, Archbald LF, 2005. Strategies for the diagnosis and treatment of ovarian cysts in dairy cattle. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 227: 1409-1414.
- Borsberry S, Dobson, H, 1989. Periparturient diseases and their effect on the reproductive performance in five dairy herds. *Vet. Rec.* 124: 217-219.
- Braw-Tal R, Pen S, Roth Z, 2009. Ovarian cysts in high-yielding dairy cows. *Theriogenology.* 72: 690-698.
- Carballo JA, Moreno T, 2006. Características cuantitativas de las canales de vacas de desecho de Galicia. *Arch. Zootec.* 55(212): 339-350.
- Córdova A, Sánchez YM, Leal AJ, Muñoz CR, Murillo AL, 2002. Causas de infertilidad en el ganado bovino. *Med. Vet.* 19(9): 112-124.
- Crane MB, Bartolome J, Melendez P, De Vries A, Risco C, Archbald LF, 2006. Comparison of synchronization of ovulation with timed insemination and exogenous progesterone as therapeutic strategies for ovarian cysts in lactating dairy cows. *Theriogenology.* 65: 1563-1574.
- Dobson H, 2001. Cystic ovaries in cattle. *Cattle Pract.* 9: 185-189.
- Erales-Villamil JA, Ortega-Pacheco A, Rodríguez-Buenfil JC, Segura-Correa JC, 2008. Estado y alteraciones del aparato reproductor de vacas sacrificadas en el rastro de Umán, Yucatán. *Universidad y Ciencia.* 24(2): 111-116.
- Erb HN, Smith RD, Oltenacu PA, Guard CL, Hillman RB, Powers PA, Smith MC, White ME, 1985. Path model of reproductive disorders and performance, milk fever, mastitis, milk yield, and culling in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 68 (12): 3337-3349.
- Farin PW, Estill CT, 1993. Infertility due to abnormalities of the ovaries in cattle. *Vet. Clin. North. Am. Food. Anim. Pract.* 9: 291-308.
- Fathalla M, Hailat N, Lafi SQ, Abu Basha E, Al-Sahli A, 2000. An abattoir survey of gross reproductive abnormalities in the bovine genital tract in northern Jordan. *Israel Journal Veterinary Medicine.* 55: 83-87.
- Ferreira R, Antoniazzi AQ, Oliveira JFC, Pimentel CA, Moraes JCF, Henkes LE, Bordignon V, Gonçalves PBD, 2008. Relação entre características clínicas e post-mortem em vacas de corte repetidoras de serviço. *Ciência Rural, Santa Maria.* 38(4): 1056-1060.
- Feyissa T, 2000. A study on gross and histopathological abnormalities of cows slaughtered at Addis Ababa abattoir. DVM thesis, Faculty of Veterinary Medicine, Addis Ababa University, Debre Xeit, Ethiopia.

- Fourichon C, Beaudeau F, Bareille N, Seegers H, 2001. Incidence of health disorders in dairy farming systems in western France. *Liv. Prod. Sci.* 68:157-170.
- García ME, Quintela LA, Taboada MJ, Alonso G, Varela-Portas B, Díaz C, Barrio M, Becerra JJ, Peña AI, Deiros J, Herradón PG, 2004. Factores de riesgo de la metritis en vacas lecheras: estudio retrospectivo en el NO de España. *Arch. Zootec.* 53: 383-386.
- Garverick HA, 1997. Ovarian follicular cysts in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80: 995.
- Gatius FL, Ispuerto IG, Santolaria P, Yaniz J, Nogareda C, Bejar ML, 2006. Screening for high fertility in high-producing dairy cows. *Science Direct Theriogenology.* 65: 1678-1689.
- Graden AP, Durward CR, Mochow CR, Mutter LR, 1968. Causes of fertilization failure in repeat breeding cattle. *J. Dairy Sci.* 51(5): 778-781.
- Hanzen CH, Bascon F, Theron L, López-Gatius F, 2007. Les kystes ovariens dans l'espèce bovine. 1. Définitions, symptômes et diagnostic. *Ann. Méd. Vét.* 151: 247-256.
- Hatipoglu F, Kiran MM, Ortatatli M, Erer H, Çiftçi MK, 2002. An abattoir study of genital pathology in cows: I. Ovary and oviduct. *Revue Méd. Vét.* 153: 29-33.
- Hatler TB, Hayes SH, Laranja DA, Fonseca LF, Silvia WJ, 2003. Relationship between endogenous progesterone and follicular dynamics in lactating dairy cows with ovarian follicular cysts. *Biol. Reprod.* 69: 218-223.
- Herenda D, 1987. An abattoir survey of reproductive organ abnormalities in beef heifers. *Canadian Veterinary Journal.* 28: 33-36
- Kassa T, Ahlin K, Larsson K, 1986. Profiles of progesterone in milk and clinical ovarian findings in postpartum cow with ovarian dysfunctions. *Nord. Vet. Med.* 38(6): 360-369.
- Kennedy PC, Miller RB, 1993. The female genital system. In: Jubb, K.V.C.; Kennedy, P.C.; Palmer, N. (eds): *Pathology of domestic animals.* Academic Press. San Diego. 3: 349-454.
- Kesler DJ, Garverick HA, 1982. Ovarian cysts in dairy cattle: a review. *J. Anim. Sci.* 55: 1147-1159.
- Kübar H, Jalaskas M, 2002. Pathological changes in the reproductive organs of cows and heifers culled because of infertility. *Journal of Veterinary Medicine.* 49(7): 365-372.
- Lewis GS, 1997. Symposium: health problems of the postpartum cow. Uterine health and disorders. *J. Dairy Sci.* 80:984-994.
- Martínez JM, García MJ, Escudero A, 1989. Prevalencia de los quistes de ovario en bovinos de sacrificio. IVª Jornadas Internacionales de Reproducción Animal e Inseminación Artificial. León.
- McNutt GW, 1927. The corpus luteum of pregnancy in the domestic cow (*Bos taurus*) and a brief discussion of clinical ovarian changes. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 72: 286-299.
- Noakes DE, Parkinson TJ, England GCW, 2001. Arthur's veterinary reproduction and obstetrics. 8ª ed. Londo. Saunders W.B. Pp: 839-848.
- Opsomer G, 2008. La metritis postparto en las vacas lecheras de alto rendimiento: importancia y prevalencia. In: Burnell M, Chastant-Maillard S, Heuwieser W, Monge A, Opsomer G, Seegers H, Sheldon M, Tischer M. 21 recomendaciones contra la metritis. Pp: 23-31.
- Pandey SK, Pandit RK, Baghel KKS, 1994. Reproductive disorders in relation to fertility and milk production in Tharparkar cows and their crosses. *Indian J. Anim. Reprod.* 15: 131-133.
- Perkins JR, Olds D, Seath DM, 1954. A study of 1000 bovine genitalia. *J. Dairy Sci.* 37(10): 1158-1163.
- Pugh DG, Lowder MQ, Wenzel JGW, 1994. Retrospective analysis of the management of 78 cases of postpartum metritis in the cow. *Theriogenology.* 42: 455-463.
- Quintela LA, Barrio F, Peña AI, García ME, Becerra JJ, Díaz C, Herradón PG, 1993. Factores que influyen en la frecuencia de presentación de quistes ováricos en hembras bovinas. *Atti del Terzo Convegno della Federazione Mediterranea Sanità e Produzione Ruminanti.* Téramo. Italia.

- Quintela LA, Díaz C, Herradón PG, Peña AI, Becerra JJ, 2006. *Ecografía y Reproducción en la Vaca*. Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico. Universidad de Santiago de Compostela.
- Quintela LA, Díaz C, Peña AI, Becerra JJ, Barrio M, Deiros J, Rey C, Herradón PG, 2005. Causas de reposición en vacas de producción láctea del ayuntamiento de A Pastoriza (Provincia de Lugo). *Buiat. Esp.* 10(1): 205-209.
- Roine K, 1977. Observations on genital abnormalities in dairy cows using slaughterhouse material. *Nordic Veterinary Medicine.* 29: 188-193.
- Romaniuk J, 1976. Some peculiarities in the relationship between ovarian cysts and milk production in the cows. VIII Intern. Cong. Anim. Reprod. Arti. Insem. Cracow. Pp: 624-627.
- Savio JD, Boland MP, Roche JF, 1990. Development of dominant follicles and length of ovarian cycles in postpartum dairy cows. *J. Reprod. Fert.* 88: 581-591.
- Short R, Bellows R, Staigmiller J, Berardinelli J, Custer E, 1990. Physiological mechanism controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *J. Anim. Sci.* 68: 799-816.
- Silvia WJ, Hatler TB, Nugent AM, Laranja DA, Fonseca F, 2002. Ovarian follicular cysts in dairy cows: an abnormality in folliculogenesis. *Domest. Anim. Endocrinol.* 23: 167-177.
- Stevenson JS, Call EP, 1988. Reproductive disorders in the periparturient dairy cow. *J. Dairy Sci.* 71: 2572-2583.
- Summers PM, 1974. An abattoir study of the genital pathology of cows in Northern Australia. *Aust. Vet. J.* 50(9): 403-406.
- Talukder MAS, Khandoker MAMY, Rahman MGM, Islam MR, Khan MAA, 2005. Reproductive problems of cow at Bangladesh Agricultural University Dairy Farm and possible remedies. *Pakistan Journal of Biological Sciences.* 8(11): 1561-1567.
- Thrusfield M, 1995. Abattoir as a source of data. *Veterinary Epidemiology*, 2<sup>nd</sup> edn, (Blackwell Science, Cambridge, MA): 46-148.
- Van Dorp RTE, Martin SW, Shoukri. MM, Noordhuizen JPTM, Dekkers JCM, 1999. An epidemiologic study of disease in 32 registered Holstein dairy herds in British Columbia. *Can. J. Vet. Res.* 63: 185-192.

(Aceptado para publicación el 28 de enero de 2010)

## La gestión del agua y la energía en el regadío mediante técnicas de Benchmarking

J.I. Córcoles, J.A. de Juan, J.M. Tarjuelo, J.F. Ortega y M.A. Moreno

Juan Ignacio Córcoles. Centro Regional de Estudios del Agua (CREA), Universidad de Castilla-La Mancha, Ctra. de Las Peñas km. 3,2, 02071 Albacete, JuanIgnacio.Corcoles@uclm.es

### Resumen

Para la mejora de la eficiencia en el aprovechamiento de los recursos hídricos y energéticos, se establece la necesidad de desarrollar herramientas que contribuyan a mejorar la gestión de zonas regables, como es el caso de las técnicas de "Benchmarking".

La finalidad de este trabajo es presentar los resultados de la aplicación de esta metodología en siete zonas regables de Castilla-La Mancha, no sólo con el uso de indicadores descriptores y de gestión, sino también, con la introducción, como aspecto novedoso en este tipo de técnica, de indicadores de tipo energético.

Mediante la aplicación combinada de las técnicas multivariantes de Análisis de Componentes Principales, y Análisis Cluster, se han planteado tres propuestas de reducción del número de indicadores, que puedan ser de utilidad para la caracterización de zonas regables.

**Palabras clave:** Zonas regables, gestión, indicadores de gestión y energéticos, técnicas de "Benchmarking".

### Summary

#### Water and energy management of irrigation systems by using Benchmarking techniques

To carry out a sustainable use of water and energy resources, it is necessary to develop decisions support tools that permit to improve the management of irrigable areas, such as benchmarking techniques. In this paper, the results of applying this methodology in seven irrigation societies in Castilla-La Mancha, are shown.

To apply this tool, performance indicators and, mainly, energy indicators have been developed, which could help to improve the management of irrigable areas.

By means of the combined application of Principal Components Analysis and Cluster Analysis three proposals for reducing the number of indicators has been indicated, which can be useful to characterize irrigable areas.

**Key words:** Irrigable areas, management, performance and energy indicators, benchmarking techniques.

## Introducción

En la agricultura de regadío actual, la escasez de agua, característica de zonas áridas y semiáridas, junto con el encarecimiento de los costes de producción, son aspectos muy importantes a considerar para analizar la viabilidad del regadío. La agricultura de regadío necesita adoptar una nueva gestión basada en la consecución de la máxima rentabilidad, siendo un pilar básico para esta tarea el uso sostenible de los recursos disponibles.

Entre estos recursos, además del aprovechamiento eficiente del agua, se debe tener en cuenta también el de la energía, y muy particularmente en zonas como Castilla-La Mancha, cuya fuente de agua principal son los recursos subterráneos, relacionado con el elevado coste que la energía eléctrica supone en numerosas zonas regables, sobre todo tras la liberalización de las tarifas eléctricas.

Algunos de los aspectos de la gestión del regadío, de la optimización del uso del agua (económica, social, ambiental), o de la evaluación de las actuaciones desarrolladas, deben ser abordados de modo urgente e integrarse en los procesos de toma de decisiones. En general, las actuaciones sobre el regadío son sometidas a evaluaciones económicas, sociales o ambientales previas, pero con muy poca frecuencia los resultados son evaluados tras la actuación y en un plazo de tiempo adecuado.

Por todo ello, es muy importante el desarrollo de herramientas que contribuyan a la mejora de la eficiencia de los recursos dentro de la estructura de zonas regables. Entre estas herramientas, una metodología a destacar son las técnicas de "Benchmarking" (Malano y Burton, 2001; Malano *et al.*, 2004), de utilidad como ayuda a la toma de decisiones en la gestión de sociedades de riego. Esta técnica consiste en la comparación en-

tre distintas organizaciones y el aprendizaje de las mejores actuaciones llevadas a cabo por cada una de ellas, a partir de la elaboración de un conjunto de indicadores que definen los aspectos fundamentales de gestión y manejo del regadío. Estos indicadores permiten sintetizar, manejar y unificar la información recopilada en diferentes zonas de estudio (Rodríguez *et al.*, 2008; Córcoles, 2009).

Con este trabajo se pretende evaluar la gestión del agua y de la energía en siete Sociedades Agrarias de Transformación (SAT), ubicadas en Castilla-La Mancha, a través de la aplicación de las técnicas de "Benchmarking", y que permita ofrecer líneas de mejora para la gestión de recursos hídricos y energéticos.

## Material y métodos

### Zonas de estudio

El estudio se ha llevado a cabo durante tres campañas (2006-2008), en siete Sociedades Agrarias de Transformación (SAT) de Castilla-La Mancha (Fig. 1), cinco en la provincia de Albacete: SAT "A", SAT "B", SAT "C", SAT "D", SAT "G", y dos en la de Cuenca: SAT "E" y SAT "F". Se tratan de redes colectivas de riego en común, que utilizan recursos hídricos subterráneos, procedentes de la Cuenca Hidrográfica del Júcar (SAT "A", SAT "C", SAT "E", SAT "F", SAT "G"), y del Segura (SAT "B" y SAT "D"). En todas ellas, la extracción de agua se realiza mediante captaciones, siendo almacenada en embalses de regulación. Para la impulsión de agua a la red de riego a presión, todas las zonas disponen de estaciones de bombeo, exceptuando la SAT "D", que carece de estas instalaciones, al estar el embalse a suficiente altura para garantizar el riego por gravedad.





Figura 1. Ubicación de las zonas de estudio  
 Figure 1. Location of the analyzed Water Users Associations

#### Indicadores. Adquisición de datos

Los indicadores propuestos quedan clasificados en 3 categorías: descriptores, de gestión y energéticos.

##### *Indicadores descriptores*

Este tipo de indicadores son los propuestos, principalmente, por el IPTRID (Malano y Burton, 2001). Permiten realizar una caracterización del entorno de cada zona y de su infraestructura. Están clasificados en 10 categorías (Tabla 1).

Para elaborar estos indicadores, se recurre a la información proporcionada por los gestores de la sociedad, completados, en su mayoría, con datos de los proyectos técnicos de cada zona. Otras fuentes de información han sido las series históricas, procedentes de estaciones agroclimáticas completas y termopluviométricas, para completar aspectos relativos al clima, así como las clasificaciones de la WRB (1999) y de la Soil Taxonomy (USDA-NCRS, 2006), para la caracterización edáfica.

#### *Indicadores de gestión*

Los indicadores pertenecientes a este grupo quedan clasificados en cuatro categorías: de rendimiento, financieros, de eficiencia de la producción y ambientales (Tablas 1 a 4, Anexo 1). La mayor parte de estos indicadores han sido propuestos previamente por diversos autores (Alexander, 1999; Burt y Styles, 1999; Malano y Burton, 2001; Rodríguez *et al.*, 2008), siendo adaptados, en su mayoría, para su aplicación en las zonas de este estudio. Asimismo, estos indicadores se han completado con la incorporación de nuevos indicadores de gestión más específicos y de elaboración propia para este trabajo. La ampliación más destacada corresponde a los indicadores de eficiencia de la producción, que recogen aspectos relacionados con el margen bruto y neto total de los cultivos; además, se incluye un elevado número de indicadores de tipo ambiental, relacionados, principalmente, con la calidad del agua de riego, así como el aporte de unidades fertilizantes de nitrógeno, fósforo y potasio.

Tabla 1. Indicadores descriptores  
 Table 1. Descriptive indicators

Campo	Indicador
Localización	Continente País Provincia Zona regable Municipio Paraje Coordenadas U.T.M.
Clima	Clasificación climática Precipitación acumulada media anual (mm/año) Precipitación máxima mensual (mm/mes) Evapotranspiración de referencia acumulada media anual (mm/año) Evapotranspiración de referencia máxima mensual (mm/mes) Evapotranspiración de referencia máxima diaria (mm/día)
Suelo	Clasificación edáfica
Institucional	Primer año de funcionamiento Tipo de gestión Funciones agencia suministradora Sistema de facturación Sistema de propiedad de la tierra
Socioeconómico	Sistema de explotación Mercado destino de producción Política de precios
Reserva y disponibilidad de agua	Fuente de agua Disponibilidad de agua Duración de las temporadas de riego
Tamaño de la zona	Número total de usuarios Superficie total regable (ha) Superficie media anual regada (ha) Superficie media anual no regada (ha) Clasificación tamaño parcelas Intensidad de cultivo (%)
Agua asignada y distribución	Tipo de distribución de agua Frecuencia de riego Tipo de sistema de riego y superficie (ha)
Infraestructura de riego	Método de extracción de agua y superficie de alcance (ha) Características de la infraestructura de captación, almacenamiento y distribución de agua Sistema de control de agua Medida del suministro de agua
Cultivo	Especie cultivada Superficie regada por cultivo (ha)

Los indicadores de rendimiento (Tabla 1, Anejo 1), un total de 9, están relacionados con la disponibilidad de agua de la zona regable, superficie de riego y necesidades de los cultivos, así como manejo de riego de los mismos. Los 36 indicadores financieros (Tabla 2, Anejo 1) son relativos a los ingresos percibidos por las sociedades, así como a los diferentes gastos de gestión de la zona (de mantenimiento, de personal, energéticos, de manejo del sistema, etc.). Los 25 indicadores de eficiencia de la producción (Tabla 3, Anejo 1) recogen información relativa al valor total de la producción agrícola, junto con el margen bruto y neto de los cultivos, relacionada con las necesidades hídricas de los mismos, superficie de riego o volumen de agua aportado. Por último, el grupo más numeroso son los indicadores de tipo ambiental (Tabla 4, Anejo 1), un total de 44, relacionados con parámetros de calidad del agua de riego y aporte de nutrientes.

La fuente principal de información de estos indicadores tiene su origen en las bases de datos de cada sociedad, relacionados con diversos aspectos de su gestión (volúmenes de agua empleados, ingresos y costes percibidos, etc.). Por otra parte, la realización de encuestas a un número representativo de agricultores de cada zona permite completar la información relativa a los indicadores de eficiencia de la producción (precios y producción media por cultivo, etc.), y ambientales (aporte de fertilizantes), completados éstos últimos con toma de muestras y análisis de la calidad del agua de riego.

#### *Indicadores energéticos*

Como aspecto más novedoso en este trabajo, además de la ampliación de los indicadores de eficiencia de producción y ambientales, destaca la introducción de los indicadores energéticos. Este grupo, que incluye 37 indicadores (Tabla 5, Anejo 1), queda dividido en cuatro categorías: descriptivos, de fun-

cionamiento, de eficiencia y de calidad de suministro.

Este tipo de indicadores han sido elaborados, no sólo a partir de la información proporcionada por las sociedades de riego, sino también a través de la medida de parámetros hidráulicos, eléctricos y topográficos, empleando para ello equipos especializados (Córcoles, 2009).

#### **Parámetros hidráulicos**

Para cada una de las bombas que componen las instalaciones de riego, tanto de las captaciones como del rebombeo de cada sociedad, se ha medido el caudal descargado, empleando para ello un caudalímetro de ultrasonidos. Estas medidas se realizaron en dos momentos puntuales de la campaña, correspondientes a las etapas de menor y mayor demanda hídrica de la red, y de forma continuada durante un periodo de 30 minutos para cada equipo de impulsión. En el caso particular de las bombas de velocidad variable, se ha medido el caudal para todo el rango de caudales suministrados por la misma (Córcoles, 2009). La medida de presión se realiza de forma continua durante toda la campaña, mediante la instalación de un transductor de presión en el colector de impulsión de las estaciones de bombeo. El registro se realiza en un "datalogger" conectado al transductor de presión, sincronizado con el caudalímetro de ultrasonidos.

Las medidas del nivel estático y dinámico del agua se han llevado a cabo empleando una sonda de nivel del tipo eléctrica de contacto.

#### **Parámetros eléctricos**

Para el registro de los parámetros eléctricos (tensión, intensidad de corriente, potencias activa, reactiva y aparente, energías activa, reactiva inductiva y capacitiva, frecuencia, factor de potencia, etc.) en las instalaciones de bombeo, se han utilizado dos equipos

analizadores de redes. Ambos equipos se utilizan para el análisis de la calidad de suministro eléctrico, que permite detectar cualquier evento que se produzca en la red eléctrica (huecos, interrupciones, armónicos, etc.) (Córcoles, 2009).

En los centros de transformación de las zonas regables, se han instalado analizadores de redes eléctricas de forma permanente durante toda la campaña de riegos, con registros de información a intervalos de 10 minutos. Además, se han realizado medidas puntuales de los equipos consumidores de energía, de forma sincronizada con las medidas de caudal y presión.

### **Altimetría y planimetría**

Para la determinación de los datos topográficos, se utilizó un receptor geodésico de doble frecuencia para cinemático en tiempo real (estación GPS). En la totalidad de las zonas de estudio se realizaron medidas de posición y cota de cada una de las captaciones, estación de bombeo, coronación de los embalses de almacenamiento, e hidrantes.

### **Gestión de la información**

Se han desarrollado un conjunto de aplicaciones informáticas, encaminadas a la ayuda a toma de decisiones, que permiten la introducción de las técnicas de "Benchmarking" en zonas regables, así como el manejo de la información relativa a los diversos indicadores utilizados y su cálculo.

La herramienta relacionada con el uso de indicadores de gestión (INGES)(Córcoles et al., 2007; Córcoles, 2009) permite el manejo de la información relativa a los diversos indicadores utilizados. Se trata de un software específico de gestión, comparación y análisis de Asociaciones de Riego en Común, desarrollado en Visual Basic (versión 6.0), "contra base" de datos Microsoft Access. Mediante

esta aplicación, se calculan los indicadores desarrollados para este estudio.

Por otra parte, se ha generado una aplicación relacionada con un Modelo de Análisis de la Eficiencia Energética en Estaciones de Bombeo (MAEEB)(Moreno et al., 2007), de utilidad para el cálculo de algunos de los indicadores energéticos. Esta aplicación permite realizar un análisis de la eficiencia energética en estaciones de bombeo, y para redes de riego con regulación manométrica. Se pretende que esta herramienta ayude a la toma de decisiones referentes al manejo de estaciones de bombeo, así como una mejora de la eficiencia en el uso de la energía en estas instalaciones.

### **Tratamiento estadístico**

#### *Estadística descriptiva. Medidas de posición y dispersión de la media*

Con la utilización de esta técnica descriptiva, o de medidas de posición y dispersión de la media (Romero y Zúnica, 2005), se pretende conocer la variabilidad, en las tres campañas de estudio, de cada uno de los indicadores sobre los que se ha desarrollado esta metodología, para cada una de las siete zonas regables. Los estadísticos manejados para analizar la tendencia central y la dispersión de los valores son la media aritmética y el coeficiente de variación (CV).

#### *Análisis de Componentes Principales*

La aplicación de esta técnica de análisis multivariante pretende reducir la dimensionalidad del problema, en este caso, el número de indicadores. Se transforman un grupo de variables, generalmente correlacionadas, en un conjunto más reducido, de nuevas variables incorrelacionadas (factores). Los factores están constituidos como combinación lineal de las variables originales, y son de utilidad para explicar una gran parte de la varianza de éstas (Haan, 2002).

### *Análisis Cluster*

Esta técnica se desarrolla empleando los indicadores resultantes con la aplicación de la técnica de Análisis de Componentes Principales, para conocer las agrupaciones entre las distintas sociedades de estudio a partir de esos indicadores. Se emplea un tipo de Cluster Jerárquico Aglomerativo, con criterios de similitud mediante distancia euclídea, o por coeficientes de correlación, siendo, en ambos casos, el criterio de unión establecido el de enlace simple, basado en la distancia mínima entre objetos (Alhamed et al., 2002; Unal et al., 2003).

Por último, también, se aplica esta metodología, empleando el criterio de distancia por correlación, para establecer las agrupaciones entre los indicadores resultantes del Análisis de Componentes Principales, para cada campaña de estudio, con el objetivo de conocer el grado de similitud entre estos indicadores, y tratar de obtener aquellos que mejor describan y permitan caracterizar las zonas regables.

## **Resultados y discusión**

### Indicadores descriptores

En la Tabla nº 2, se recogen las características de cada zona de riego, de acuerdo a este grupo de indicadores.

### Indicadores. Estadística descriptiva

Estos indicadores quedan recogidos en la Tabla nº 3.

### *Indicadores de rendimiento*

Los indicadores que relacionan el volumen de agua que entra al sistema por unidad de área regable ( $V_{T}Sa$ ) y regada ( $V_{T}Sr$ ) mues-

tran los valores más elevados en las zonas con presencia mayoritaria de cultivos con elevadas necesidades hídricas, tales como SAT "A", SAT "B", SAT "C" y SAT "G", comprendidos en un rango medio de entre 4500  $m^3 ha^{-1}$  y 6700  $m^3 ha^{-1}$ . A diferencia de éstas, se encuentran sociedades como SAT "D", SAT "E" y SAT "F", con un intervalo medio de entre 630  $m^3 ha^{-1}$  y 1700  $m^3 ha^{-1}$  para estos indicadores, al ser zonas con mayor presencia de cultivos leñosos (principalmente, vid). A modo de ejemplo, la variabilidad entre campañas del indicador  $V_{T}Sr$  no ha sido muy elevada en las distintas zonas, siendo la más alta en SAT "D" y SAT "E", con valores del coeficiente de variación (CV) del 17% y 15%, respectivamente.

En las zonas de riego localizado como SAT "E" y SAT "F", el valor medio de la eficiencia de distribución de agua (ED) no es muy alto (77%), debido a que en estas zonas se han llevado a cabo labores de limpieza del cabezal de filtrado, así como de la red de tuberías, con el consiguiente consumo de agua y energía que ello supone, unido al resto de factores que influyen en la ED (pérdidas existentes en la distribución, evaporación de agua embalsada, etc.). Esta baja eficiencia se relaciona con el hecho de que en ambas zonas de riego localizado, apenas se riega el 50% de su superficie total, lo que reduce el volumen de agua suministrado al sistema, siendo por ello más importantes las pérdidas de agua en la distribución. En el resto de zonas, ED alcanza valores superiores al 84%. La variabilidad entre campañas ha sido más notable en la SAT "D", con un CV próximo al 11%.

En relación al manejo del riego en cada sociedad, cabe destacar el indicador del aporte relativo de agua de riego (ARAR), cuyos valores más altos se obtienen en la SAT "E" (1,26) y la SAT "F" (1,49), que reflejan aportes de dosis de riego más elevadas a los cultivos, en comparación con las necesidades

Tabla 2. Características de las zonas regables  
 Table 2. Characteristics of Water Users Associations

Indicador	SAT "A"			SAT "B"			SAT "C"			SAT "D"		
	2006	2007	2008	2006	2007	2008	2006	2007	2008	2006	2007	2008
ET0 acumulada* (mm)	1339,8	1291,5	1291,6	1302,3	1296,3	1289,0	1205,1	1183,0	1116,6	1310,2	1296,2	1266,8
Precipitación acumulada (mm)	313,8	269,6	473,8	319,4	462,6	419,6	301,6	330,6	494,4	268,4	315,8	394,2
Superficie regable (ha)	863			491			764			1671		
Superficie regada (ha)	683,6	691,5	759,9	397	388,9	416,9	750,2	590,4	729,9	1250,8	1312,6	1283,4
Captaciones (n°)	4			5			6			1		
Capacidad embalse (m <sup>3</sup> )	130000			116000			5 de 5000 1 de 6000			60000		
Estación de bombeo (n° bombas)	11			6			3 (6 sectores) 2 (1 sector)			-		
Distribución de agua	Turnos			Demanda			Turnos			Demanda		
Sistema de riego	Aspersión Localizado			Aspersión Localizado			Aspersión Localizado			Aspersión Localizado		
Cultivos predominantes	Maíz (23,4%) Cebada (14,5%) Alfalfa (12,3%) Cebolla (9,9%)			Maíz (22,8%) Vid (21,7%) Zanahoria (13,8%) Cebada (5,8%)			Maíz (39%) Cebolla (19,5%) Cebada (17,8%) Vid (7,8%)			Vid (53,2%) Olivo (27,5%) Almendra (8,5%)		

\* Obtenida mediante el método de Penman – Monteith.

Tabla 2. Características de las zonas regables (continuación)  
 Table 2. Characteristics of Water Users Associations (continuation)

Indicador	SAT "E"			SAT "F"			SAT "G"		
	2006	2007	2008	2006	2007	2008	2006	2007	2008
ET0 acumulada* (mm)	1306,5	1249,3	1198,2	1306,5	1249,3	1198,2	1145,7	1072,8	956,1
Precipitación acumulada (mm)	339,2	374,6	572,6	339,2	374,6	572,6	364,4	330,2	463,6
Superficie regable (ha)	170			267			550		
Superficie regada (ha)	87	103,8	111,8	92,8	107,5	115,7	492,6	492	493,8
Captaciones (nº)	1			1			5		
Capacidad embalse (m <sup>3</sup> )	20000			20000			23000		
Estación de bombeo (nº bombas)	4			4			10		
Distribución de agua	Demanda			Demanda			Demanda		
Sistema de riego	Localizado			Localizado			Localizado		
Cultivos predominantes	Vid (86,4%) Olivo (2,9%)			Vid (87,1%) Olivo (4,2%) Almendro (3,7%)			Maíz (31%) Cebada (20,5%) Cebolla (16,6%) Vid (14,9%)		

\* Obtenida mediante el método de Penman – Monteith.

Tabla 3. Indicadores de gestión y energéticos de las zonas regables  
 Table 3. Performance and energy indicators of Water Users Associations

	SAT "A"			SAT "B"			SAT "C"			SAT "D"						
	2006	2007	2008	CV (%)	2006	2007	2008	CV (%)	2006	2007	2008	CV (%)	2006	2007	2008	CV (%)
$V_r$ (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	6695,11	6768,46	6426,61	2,7	6477,47	5767,04	5483,64	8,7	6625,81	5411,17	6033,79	10,1	1118,52	857,20	838,98	16,7
ED (%)	99,10	98,30	97,38	0,9	85,44	103,37	88,55	10,4	89,90	92,01	97,03	3,9	93,85	86,30	74,59	11,4
ARAR (adimensional)	1,01	1,09	1,06	4,0	1,13	1,34	0,94	17,4	0,98	0,95	1,21	13,4	0,92	0,67	0,56	26,0
CMSSr (€ ha <sup>-1</sup> )	379,45	361,01	375,62	2,6	579,94	626,04	553,57	6,3	384,79	425,64	466,17	9,6	96,76	75,28	83,71	12,7
CMSSvs (€ m <sup>-3</sup> )	0,057	0,054	0,060	5,0	0,105	0,109	0,121	7,7	0,065	0,085	0,080	14,1	0,092	0,102	0,134	19,9
CENSr (€ ha <sup>-1</sup> )	200,24	231,15	254,39	11,9	478,53	471,26	431,70	5,5	260,56	248,68	344,11	18,3	41,81	34,74	37,47	9,4
CENSvs (€ m <sup>-3</sup> )	0,030	0,035	0,041	14,9	0,086	0,082	0,094	7,4	0,044	0,050	0,059	14,9	0,040	0,047	0,060	20,8
VPSr (€ ha <sup>-1</sup> )	3479,36	4614,04	3468,57	17,1	6249,50	5502,78	4463,74	16,6	4831,02	4721,04	3453,48	17,7	2056,76	2466,86	2139,63	9,8
VPVs (€ m <sup>-3</sup> )	0,524	0,694	0,554	15,3	1,129	0,954	0,976	9,4	0,811	0,948	0,590	23,1	1,959	3,335	3,419	28,2
MBSr (€ ha <sup>-1</sup> )	1674,92	2295,67	1560,61	21,5	2438,18	2292,61	1807,96	15,1	2176,15	2582,01	1309,42	32,1	1018,61	1232,23	995,88	12,0
MBVs (€ m <sup>-3</sup> )	0,252	0,345	0,249	19,3	0,441	0,397	0,395	6,2	0,365	0,519	0,224	40,0	0,970	1,666	1,591	27,1
UFNSr (UFN ha <sup>-1</sup> )	143,52	151,15	146,18	2,6	173,55	161,31	184,38	6,7	197,95	183,51	200,00	4,6	161,06	160,79	160,23	0,3
UFNVs (UFN m <sup>-3</sup> )	0,022	0,023	0,023	3,9	0,031	0,028	0,040	19,2	0,033	0,037	0,034	5,4	0,153	0,217	0,256	24,8
NtSr (kW ha <sup>-1</sup> )	3,90	3,86	3,48	6,1	3,74	3,80	4,42	9,5	2,88	3,66	2,93	13,9	0,29	0,27	0,28	2,5
EacSr (kWh ha <sup>-1</sup> )	3803,63	3962,92	3708,26	3,4	7211,03	6229,85	4826,50	19,7	4272,98	3753,63	4472,24	8,9	589,34	451,65	450,69	16,0
EacV <sub>r</sub> (kWh m <sup>-3</sup> )	0,568	0,585	0,577	1,5	1,113	1,116	0,935	9,8	0,645	0,694	0,741	6,9	0,527	0,527	0,537	1,1
EacVs (kWh m <sup>-3</sup> )	0,573	0,596	0,593	2,1	1,303	1,080	1,056	11,9	0,717	0,754	0,764	3,3	0,561	0,611	0,720	12,9
ICE (m)	132,52	131,50	138,78	2,9	225,34	233,11	235,13	2,2	130,18	130,67	136,45	2,6	115,09	117,32	120,91	2,5



Tabla 3. Indicadores de gestión y energéticos de las zonas regables (continuación)  
 Table 3. Performance and energy indicators of Water Users Associations (continuation)

	SAT "E"			SAT "F"			SAT "G"					
	2006	2007	2008	CV (%)	2006	2007	2008	CV (%)	2006	2007	2008	CV (%)
$V_rSr$ (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	1071,78	1390,09	1074,50	15,5	1734,15	1652,52	1495,47	7,5	5431,96	5906,31	5200,30	6,5
ED (%)	82,96	69,36	81,45	9,6	80,00	72,10	80,25	6,0	87,09	88,36	85,91	1,4
ARAR (adimensional)	1,24	1,45	1,09	14,1	1,60	1,52	1,35	8,3	0,84	0,93	0,93	5,5
CMSSr (€ ha <sup>-1</sup> )	165,39	156,34	174,17	5,4	244,24	236,71	227,72	3,5	485,39	522,73	490,28	4,1
CMVs (€ m <sup>-3</sup> )	0,186	0,162	0,199	10,2	0,176	0,199	0,190	6,1	0,103	0,100	0,110	4,8
CENSr (€ ha <sup>-1</sup> )	71,24	75,30	78,66	4,9	107,94	105,05	98,42	4,7	331,59	364,13	354,54	4,8
CENVs (€ m <sup>-3</sup> )	0,080	0,078	0,090	7,6	0,078	0,088	0,082	6,3	0,070	0,070	0,079	7,5
VPSr (€ ha <sup>-1</sup> )	2052,72	2552,76	2576,15	12,4	2034,26	2703,68	2409,42	14,1	3228,88	5348,38	3537,08	28,4
VPVs (€ m <sup>-3</sup> )	2,309	2,648	2,944	12,1	1,466	2,269	2,008	21,4	0,683	1,025	0,792	21,0
MBSr (€ ha <sup>-1</sup> )	539,37	682,03	581,89	12,2	575,32	620,10	587,17	3,9	1380,48	2854,69	1526,53	42,3
MBVs (€ m <sup>-3</sup> )	0,607	0,707	0,665	7,7	0,415	0,520	0,489	11,4	0,292	0,547	0,342	34,4
UFNSr (UFN ha <sup>-1</sup> )	136,80	139,04	135,21	1,4	143,62	143,88	141,43	0,9	175,68	188,23	173,96	4,3
UFNVs (UFN m <sup>-3</sup> )	0,154	0,144	0,154	3,8	0,104	0,121	0,118	8,1	0,037	0,036	0,039	3,9
NtSr (kW ha <sup>-1</sup> )	4,53	3,74	3,54	13,3	4,67	3,99	3,83	10,7	4,76	4,75	4,82	0,8
EacSr (kWh ha <sup>-1</sup> )	1080,38	1047,22	893,62	9,9	1720,71	1467,65	1126,52	20,7	5253,73	5751,83	4607,58	11,0
EacV <sub>r</sub> (kWh m <sup>-3</sup> )	1,008	0,753	0,832	15,1	0,992	0,888	0,753	13,6	0,967	0,974	0,886	5,2
EacVs (kWh m <sup>-3</sup> )	1,215	1,086	1,021	8,9	1,240	1,232	0,939	15,1	1,111	1,102	1,031	4,0
ICE (m)	159,64	154,03	159,92	2,1	151,36	146,59	153,13	2,2	164,21	165,10	167,50	1,0

de riego de los mismos, estimadas considerando riego deficitario. Conviene destacar que son zonas donde predominan suelos de horizonte argílico, de manera que la frecuencia y dosis de riego necesarias no han de ser tan elevadas como en otras sociedades, además de que se tratan de zonas con menor experiencia de los agricultores en cuanto al manejo del riego, en comparación con otras zonas de similares características, tales como la SAT "D", con un ARAR de 0,72. Este valor está relacionado con la limitación de aporte hídrico para cultivos leñosos que existe en esta zona, con un máximo de  $1000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . En el resto de sociedades, con valores de este indicador más próximos a la unidad, destaca la SAT "G", con un ARAR de 0,9, relacionado, principalmente, con el diferente manejo del riego, en la mayoría de las parcelas, de los cereales de invierno respecto a otras zonas, con dosis de aplicación de agua inferior a las necesidades de estos cultivos. El indicador ARAR muestra una mayor variabilidad en la SAT "D", con un CV del 26%, relacionado con la mayor variación del volumen suministrado a usuarios en las tres campañas. De acuerdo con los valores de este indicador, en las zonas con mayor presencia de cultivos leñosos (principalmente, vid), se plantea la necesidad de seguir incidiendo en el uso de herramientas como el Servicio Integral de Asesoramiento al Regante de Castilla-La Mancha, con el fin de contribuir a una mejora en el manejo de este tipo de cultivos.

#### *Indicadores financieros*

Los costes de manejo del sistema por unidad de área regable (CMSSa) y regada (CMSr) alcanzan valores importantes en las zonas con predominio de riego por aspersión, destacando SAT "B" y SAT "G", reduciéndose considerablemente en las zonas de riego localizado (SAT "D", SAT "E", SAT "F"). Un aspecto a tener en cuenta es la disminución

de las diferencias existentes entre algunas sociedades cuando se efectúa la comparación de los costes de manejo del sistema por unidad de volumen de agua ( $\text{CMSV}_T$  y CMSVs), alcanzando los valores más elevados de estos indicadores en la SAT "E" y SAT "F", cuyos volúmenes de agua de riego totales son inferiores al resto de zonas. Respecto al indicador CMSVs, en SAT "C" y SAT "D", con CV del 14% y 20%, respectivamente, la variabilidad de este indicador es de las más elevadas, teniendo en cuenta que en ambas zonas hubo un descenso importante del volumen suministrado a usuarios en alguna de las tres campañas de estudio.

De entre las diversas partidas que componen los costes de manejo del sistema (CMS), los costes energéticos (CEN) son los que tienen una mayor representación. Este grado de participación es más notable en las zonas de riego por aspersión, como la SAT "B" y la SAT "G", donde los CEN suponen, un 78,6% y 70,1%, respectivamente, de los CMS; en el caso de las zonas de riego localizado (SAT "D", SAT "E", SAT "F") la participación de los CEN es menor, alrededor del 45%.

La SAT "B" y la SAT "G" son las sociedades con los valores medios de los CEN por unidad de área regable (CENSa) y regada (CENSr) más altos, comprendidos entre  $313 \text{ € ha}^{-1}$  y  $460 \text{ € ha}^{-1}$ , como cabría esperar, puesto que la SAT "B" es la zona de mayor profundidad media del nivel del agua ( $152,74 \text{ m}$ ), así como la altura manométrica media ( $188 \text{ m}$ ), lo que incrementa el gasto energético en la sociedad; en el caso de la SAT "G", se debe, principalmente, al funcionamiento continuo de las bombas de velocidad variable durante toda la campaña, al ser una red de riego a la demanda, incluso en periodos tarifarios caros, encareciendo en cierta medida los CEN. En el extremo opuesto, se encuentran las zonas de riego localizado, como es el caso de la SAT "D", donde se obtienen los menores valores de CENSa ( $29 \text{ € ha}^{-1}$ ) y

CENSr ( $38 \text{ € ha}^{-1}$ ), teniendo en cuenta que esta sociedad no precisa de sistema de bombeo de agua a la red de riego.

La tendencia es diferente en el caso de los costes energéticos por unidad de agua de riego suministrada (CENVs), de tal manera que se estrechan las diferencias entre las distintas sociedades. A modo de ejemplo, destacar los valores de CENVs en zonas como SAT "E" ( $0,083 \text{ € m}^{-3}$ ; CV = 7,61%) y SAT "F" ( $0,082 \text{ € m}^{-3}$ ; CV = 6,30%), con presencia de riego localizado, entre los más altos, junto a la SAT "B" ( $0,088 \text{ € m}^{-3}$ ; CV = 7,35%), con predominio de sistema de riego por aspersión. El hecho de que en todas las sociedades se utilicen recursos hídricos subterráneos contribuye a explicar las similitudes encontradas en las diversas zonas respecto a los indicadores que relacionan los CEN por volumen de agua.

#### *Indicadores de eficiencia de la producción*

Los indicadores relativos al valor total de la producción agrícola por unidad de área regable (VPSa) y regada (VPSr), muestran los valores más bajos (entre  $900$  y  $2400 \text{ € ha}^{-1}$ ) en las zonas de riego localizado con predominio de cultivos leñosos (SAT "D", SAT "E" y SAT "F"). Cabe destacar que, en estas tres sociedades, se obtiene la menor variabilidad para estos indicadores entre campañas, teniendo en cuenta la escasa variación de las producciones y precios percibidos por los agricultores de los cultivos leñosos. Del resto de zonas, los mayores VPSa y VPSr se alcanzan en SAT "B" (alrededor de  $5000 \text{ € ha}^{-1}$ ), con una importante representación de cultivos hortícolas, de mayor valoración económica.

Si se considera el valor total de la producción por unidad de volumen de agua suministrada (VPVs), el comportamiento es diferente. A modo de ejemplo, SAT "D", SAT "E" y SAT "F", son las zonas con valores medios más elevados de VPVs, de  $2,904 \text{ € m}^{-3}$ ,  $2,633$

$\text{€ m}^{-3}$  y  $1,914 \text{ € m}^{-3}$ , respectivamente. Hay que tener en cuenta que en estas zonas hay presencia mayoritaria de cultivos con escasas necesidades hídricas (vid, olivo y almendro), a diferencia del resto (SAT "A", SAT "B", SAT "C", SAT "G"), con cultivos con altas demandas de agua, hecho que explica los bajos valores de VPVs en estas últimas. La menor variación de VPVs por campaña se presenta en SAT "B" y SAT "E", con valores del CV del 9,35% y 12,06%, respectivamente, siendo más elevada en zonas como SAT "C" (CV = 23,09%), SAT "D" (CV = 28,22%), SAT "F" (CV = 21,39%) y SAT "G" (CV = 20,99%).

En relación al margen bruto total de la producción agrícola (MB), mencionar los indicadores relativos a unidad de área regada (MBSr) y volumen de agua de riego suministrado (MBVs). Las zonas con menores MBSr son las de presencia mayoritaria del cultivo de vid, como SAT "E" ( $601 \text{ € ha}^{-1}$ ; CV = 12,2%) y SAT "F" ( $594 \text{ € ha}^{-1}$ ; CV = 3,9%), siendo algo superior a ambas en la SAT "D" ( $1082 \text{ € ha}^{-1}$ ; CV = 12,05%), puesto que en esta sociedad hay una representación importante de cultivos como olivo y almendro, además de ser una zona con mayor experiencia en el manejo de cultivos leñosos, lo que posiblemente puede repercutir en menores costes asociados a los cultivos. Respecto al indicador MBVs, los valores más elevados se presentan en SAT "D", SAT "E" y SAT "F", siendo el más elevado en SAT "D", puesto que en esta zona se reducen los aportes de agua de riego aplicado por parcela y cultivo, teniendo en cuenta que tiene limitado el aporte máximo por parcela a  $1000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ .

#### *Indicadores ambientales*

En las diferentes zonas de estudio, el agua empleada es de adecuada calidad para el uso de riego, si bien existe cierto riesgo de salinidad en algunos casos. Cabría esperar estos resultados, puesto que los valores obtenidos son representativos de la calidad

del agua de riego en estas zonas de la Región, y que responden a las características de las mismas.

De entre el resto de indicadores ambientales, a modo de ejemplo, cabe destacar el aporte de unidades fertilizantes de nitrógeno por unidad de área regada (UFNSr) y volumen de agua suministrado (UFNVs). Respecto a UFNSr, existen menores diferencias entre las diversas zonas de estudio, que muestra la importancia en la utilización de este nutriente en los cultivos de las diversas zonas. En SAT "C" y SAT "G", con 193,82 UFN ha<sup>-1</sup> y 179,28 UFN ha<sup>-1</sup>, se alcanzan los valores más elevados de este indicador, puesto que son zonas con importante presencia de cultivos como maíz y cebolla, y donde en muchas ocasiones se realizan aportes que superan incluso las 300 UFN ha<sup>-1</sup>, sobre todo en parcelas arrendadas; en caso contrario se encuentran SAT "E" y SAT "F", con 137,02 UFN ha<sup>-1</sup> y 142,97 UFN ha<sup>-1</sup>, con la presencia mayoritaria del cultivo de vid, con menores aportes de UFN ha<sup>-1</sup> en comparación con algunos cultivos de otras zonas de estudio. En general, la variabilidad del indicador UFNSr no es muy alta, con valores del CV que oscilan entre el 0,26% de la SAT "D" y el 6,67% de la SAT "B".

En el caso del indicador UFNVs, el valor medio más elevado se manifiesta en las zonas con presencia de cultivos leñosos tales como SAT "D", SAT "E" y SAT "F", con valores de 0,209 UFN m<sup>-3</sup>, 0,151 UFN m<sup>-3</sup> y 0,114 UFN m<sup>-3</sup>, respectivamente. Por el contrario, los valores de este indicador se reducen en las zonas con mayor heterogeneidad en la distribución de cultivos, y mayoritariamente con elevadas necesidades hídricas (maíz, cebolla, zanahoria, etc.), comprendidos entre 0,023 UFN m<sup>-3</sup> de la SAT "A" y 0,037 UFN m<sup>-3</sup> de la SAT "G". La variabilidad entre campañas de este indicador no es excesivamente alta, con valores de CV inferiores al 9%, exceptuando SAT "B" (CV = 19,24%) y SAT "D" (CV = 24,80%).

### Indicadores energéticos

Dentro de este grupo, destacar la potencia instalada medida por unidad de área regada (NtSr), que alcanza el valor medio más bajo en SAT "D" (0,27 kW ha<sup>-1</sup>; CV = 2,48%), debido a que en esta sociedad no hay estación de bombeo, y sólo dispone de un único sondeo. En el resto de sociedades, es importante reseñar que no hay grandes diferencias en este indicador en zonas con presencia de riego por aspersión (SAT "A", SAT "B", SAT "C" y SAT "G") y localizado (SAT "E" y SAT "F"), debido a que, en ambos casos, gran parte de la potencia instalada de cada zona corresponde a los equipos de captación de agua subterránea.

Mención especial requieren los indicadores relativos a la energía activa total consumida por unidad de área regada (EacSr), y volumen de agua que entra al sistema (EacV<sub>T</sub>) y suministrada (EacVs). La sociedad con mayor valor medio de EacSr es SAT "B" (6089,13 kWh ha<sup>-1</sup>), teniendo en cuenta que la altura manométrica media de los sondeos es la más elevada (188 m). Entre las zonas con menor EacSr se encuentran SAT "E" y SAT "F", inferiores a 1500 kWh ha<sup>-1</sup>, destacando sobre el resto SAT "D" (497,23 kWh ha<sup>-1</sup>), que no dispone de estación de bombeo a la red. Respecto a la variación entre campañas de EacSr, la SAT "B" (CV = 19,68%), donde hubo sustitución de dos grupos de impulsión en la campaña 2008, y SAT "F" (CV = 20,73%), con la reparación del sondeo en esa misma campaña, han sido las sociedades donde se ha encontrado mayor variabilidad, siendo muy escasa en el caso de la SAT "A" (CV = 3,36%).

En el caso de EacVs, mencionar la similitud de los valores de SAT "E" y SAT "F" con zonas como SAT "B" y SAT "G", grandes consumidoras de energía. Este aspecto puede deberse a que en SAT "E" y SAT "F", a pesar de ser sociedades con menor consumo de

energía, la extracción de agua se hace a una profundidad media del agua (100 m), y a una altura manométrica media (115 m) elevadas, que repercute en el incremento de los indicadores  $EacV_T$  y  $EacVs$ ; además, se tratan de las dos zonas con los valores más bajos de volumen de agua de riego, no sólo por la presencia de cultivos leñosos, sino también por la escasa superficie regada en ambas por campaña.

Respecto a  $EacV_T$ , los valores de este indicador ponen de manifiesto ciertas mejoras llevadas a cabo en algunas zonas, tales como en SAT "B", SAT "F" y SAT "G". En el caso de SAT "B", existe un descenso importante del indicador  $EacV_T$  en 2008 (un 16,2% inferior al de 2007), sobre todo por la sustitución de, al menos, dos de los cuatro sondeos de la zona. En SAT "F" y SAT "G", para la campaña 2008, se produce un descenso de este indicador del 15,2% y 9%, respectivamente, respecto a 2007, debido a la reparación de algunos de los sondeos de ambas zonas. Estas mejoras fueron posibles tras haberse llevado a cabo, durante la campaña 2007 (Córcoles et al., 2008; Moraleda et al., 2008), la aplicación del Protocolo de Auditorías Energéticas (Abadía et al., 2008) en las siete zonas objeto de estudio.

Para finalizar con el análisis de indicadores, se muestran los resultados del índice de carga energética (ICE), cuyo valor más elevado se manifiesta en la SAT "B", próximo a 232 m. La elevada profundidad media del agua de esta zona, unido a la distancia de algunas de las captaciones al embalse, hace que la altura manométrica media de las mismas se incremente, lo que explica el valor de este indicador. En el resto de zonas, SAT "D" presenta un valor más bajo de ICE (valor medio de 117 m), donde, a pesar de que tiene una profundidad media del agua no es muy alta, el embalse se encuentra a una altura elevada del único sondeo que bombea la totalidad del volumen que entra

al sistema ( $V_T$ ), así como alejado del mismo. Destacan los valores de las zonas de riego localizado de SAT "E" y SAT "F", con ICE medio de 157 m y 150 m, respectivamente, incluso superiores a zonas como SAT "A" y SAT "C". Esta similitud se debe a que la altura manométrica media de los sondeos de SAT "E" y SAT "F" es similar, e incluso superior, a la de otras zonas de riego por aspersión, teniendo en cuenta la elevada profundidad media del agua (alrededor de 100 m) en ambas. Estos aspectos contribuyen a explicar el encarecimiento de los costes energéticos de SAT "E" y SAT "F", así como la elevada potencia instalada en estas sociedades para los equipos de impulsión.

#### Análisis de Componentes Principales. Análisis Cluster

Tras la aplicación de la técnica de Análisis de Componentes Principales a 96 indicadores de la muestra inicial de 151 (Córcoles, 2009), ha sido posible la reducción de los mismos hasta un total de 79.

Los indicadores resultantes de la aplicación de esta metodología se han utilizado para establecer los agrupamientos entre las distintas zonas regables, obtenidos tras la aplicación de la técnica de Análisis Cluster. Con el tipo de Cluster Jerárquico Aglomerativo empleado, se diferencian dos grandes grupos, constituidos, por un lado, por las zonas de riego por aspersión (SAT "A", SAT "B", SAT "C", SAT "G") y, por otro, por las de riego localizado (SAT "D", SAT "E", SAT "F") (Fig. 2). De un modo general, destaca que, en las zonas de riego localizado, las sociedades con mayor similitud (SAT "E" y SAT "F"), muestran una mayor separación en comparación con las zonas de riego por aspersión, debido a que las variaciones en el manejo de las instalaciones de riego localizado influyen más en este tipo de sociedades que en las de aspersión.

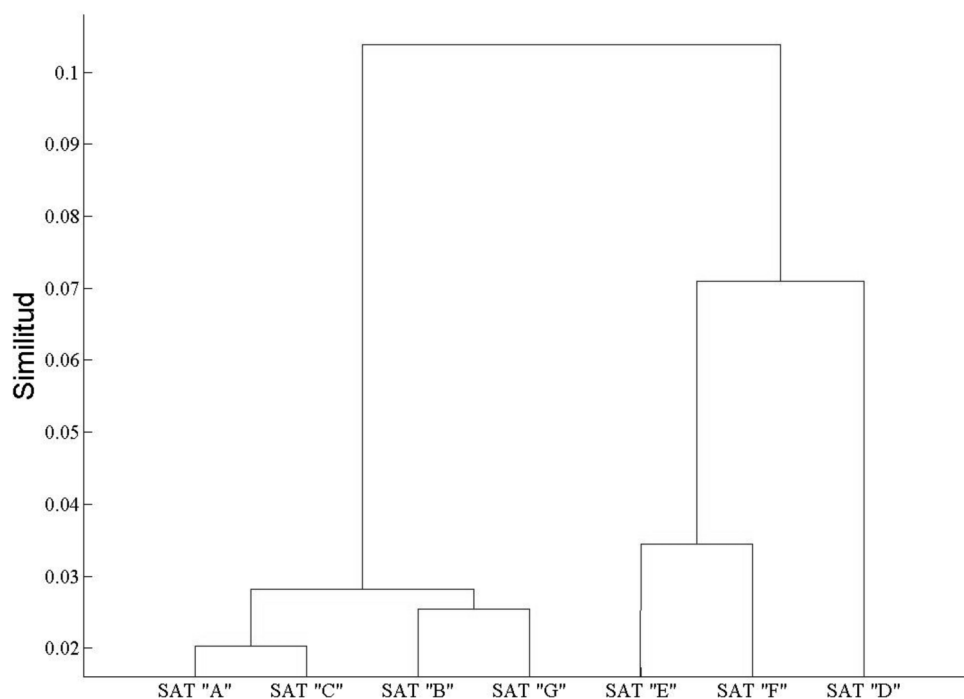


Figura 2. Dendrograma de agrupamiento de las zonas regables con todos los indicadores  
 Figure 2. Dendrogram for water users associations clustering

### Grupo 1

Este grupo lo constituyen las zonas de riego localizado, siendo SAT "E" y SAT "F" las zonas con mayor similitud. Se tratan de dos redes colectivas de riego a la demanda, con presencia mayoritaria de cultivos leñosos, principalmente vid. Ambas zonas se caracterizan por mostrar un manejo del riego análogo, con aportes de agua medios de alrededor de  $1500 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . En comparación con la otra zona de riego localizado (SAT "D"), la SAT "E" y SAT "F" muestran un cierto encarecimiento de los costes de manejo del sistema, muy relacionado con el hecho de que ambas sociedades cuentan, a diferencia de otras sociedades, con un asesoramiento técnico, que se ha incluido como personal de la zona, sobre todo por la necesidad de este asesoramiento al tratarse de una zona de reciente

transformación en regadío. La presencia de personal técnico puede explicar la disminución de los costes energéticos de estas zonas, así como otras mejoras en su gestión.

Respecto a la eficiencia de producción, las producciones medias de los cultivos son similares, así como los precios percibidos por los agricultores, que contribuye a explicar la agrupación entre ambas sociedades. Asimismo, puesto que el manejo de los cultivos es similar en ambas sociedades, los costes asociados a los mismos muestran una tendencia parecida, con valores de los indicadores relacionados con el margen bruto por unidad de área y volumen de agua similares en ambas. Desde un punto de vista energético, se tratan de zonas con gastos energéticos parecidos, puesto que ambas cuentan con una profundidad media del nivel de agua

próxima a los 100 m, y con escasas diferencias en cuanto a la altura manométrica media tanto de las estaciones de bombeo como de las captaciones.

En ambas sociedades se realiza una adecuada gestión por parte de sus integrantes, con un mantenimiento periódico de las instalaciones de riego de la red, y, principalmente, de los equipos de impulsión, aspecto muy importante en zonas que utilizan recursos hídricos subterráneos, y que contribuye a disminuir los costes energéticos de estas sociedades. A pesar de ello, el mayor inconveniente en este tipo de sociedades es el manejo del riego que se realiza por parte de algunos agricultores de estas zonas, con aportes de agua a los cultivos superiores a las necesidades hídricas de los mismos, estimadas para riego deficitario, lo que incrementa el gasto de agua y energético de esta sociedad.

La tercera zona de riego localizado (SAT "D") muestra una menor similitud con las dos anteriores (Fig. 2). Esta sociedad, a pesar de la presencia de cultivos leñosos, tiene mayor heterogeneidad en la distribución de cultivos, con presencia importante de olivo y almendro. Se trata de la única zona con ausencia de estación de bombeo a la red, lo que disminuye, en general, el consumo energético de esta sociedad. El manejo de los cultivos es diferente al de otras zonas de riego localizado, puesto que esta sociedad dispone de limitación en el aporte de agua a  $1000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , siendo el aporte medio de agua por unidad de superficie inferior al resto de sociedades ( $950 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ). A diferencia de SAT "E" y SAT "F", en SAT "D" hay mayor experiencia en el manejo de cultivos leñosos, aspecto que puede explicar los menores costes asociados a los cultivos de esta zona. Por todo ello, se puede considerar que, entre las zonas de riego localizado, la eficiencia en el uso del agua y de la energía es algo superior en la SAT "D".

## Grupo 2

En este grupo, formado por las zonas de riego por aspersión, destaca la mayor similitud existente entre las sociedades de riego a turnos de SAT "A" y SAT "C", así como las de riego a la demanda de SAT "B" y SAT "G" (Fig. 2).

Con una distribución de cultivos similar, la SAT "A" y la SAT "C" son las dos zonas con mayor volumen de agua de riego aportada por unidad de área, entre  $6100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  y  $6600 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . En comparación con el resto de sociedades de riego por aspersión, ambas muestran los menores costes energéticos por unidad de área. Este hecho se debe a que, en la SAT "A", un 35% del volumen que entra al sistema apenas precisa de gasto energético, puesto que procede de recursos hídricos superficiales, mientras que en el caso de la SAT "C" se relaciona con la escasa altura manométrica de las captaciones, inferior al resto de zonas. Asimismo, los costes energéticos no representan una participación tan elevada sobre los costes de manejo de sistema como en la SAT "B" y la SAT "G", y comprendida entre un 61% (SAT "A") y un 66% (SAT "C").

El valor total de la producción por unidad de área y volumen de agua, alcanza valores similares en ambas zonas, teniendo en cuenta la similar distribución de cultivos existente en estas sociedades.

El hecho de ser zonas con similares valores de potencia instalada por unidad de área y volumen, así como de energía consumida, contribuye a explicar la agrupación de estas sociedades. La energía real aportada al sistema en ambas es similar, como reflejan los valores del índice de carga energética.

La SAT "A" es una de las sociedades con un manejo más adecuado de la red de riego. En esta sociedad, se realiza un mantenimiento periódico de los equipos de impulsión, además de una distribución óptima de los turnos de riego, aspectos que contribuyen a la

mejora del uso del agua y de la energía. En el caso de la SAT "C", sucede de forma análoga a la SAT "A", si bien, en este caso apenas se realizan comprobaciones del funcionamiento de los equipos de impulsión, habiéndose detectado en ocasiones baja eficiencia en el funcionamiento de los mismos, lo que repercute en un incremento del coste energético de la sociedad.

En el caso de la SAT "B" y la SAT "G", ambas zonas muestran menores volúmenes de agua aportada a los cultivos que el resto de zonas de riego por aspersión, alrededor de 5700 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Estas sociedades presentan los mayores costes de manejo del sistema por unidad de área regada, relacionado con que se tratan de las dos zonas con mayores costes energéticos, incluso representan un elevado porcentaje de participación en los costes de manejo del sistema, del 71% (SAT "G") y 78% (SAT "B"). El encarecimiento de los costes energéticos se debe, principalmente, a que en la SAT "B" se encuentra la mayor profundidad media del agua y altura manométrica; en el caso de SAT "G", se relaciona con que es una sociedad de riego a la demanda con el accionamiento de dos bombas de velocidad variable durante toda la campaña, aspecto que encarece en gran medida los costes energéticos de la sociedad.

En relación a la gestión de la SAT "B" y SAT "G", ambas presentan un óptimo aprovechamiento de los recursos hídricos y energéticos. Ambas zonas realizan un adecuado mantenimiento de los equipos de impulsión, consecuencia de un mantenimiento periódico de las instalaciones de riego durante las campañas.

#### Propuesta de reducción del número de indicadores

Con el fin de profundizar en el uso de indicadores en zonas regables, en este apartado se establecen tres propuestas de reducción del número de indicadores manejados inicialmente. La reducción de los indicadores ha sido posible, principalmente, tras la aplicación del Análisis Cluster a los 79 indicadores seleccionados tras el Análisis de Componentes Principales. Así pues, se plantean tres propuestas, con un número de indicadores comprendido entre 19 (propuestas R1 y R2) y 14 (propuesta R3). Para desarrollar estas propuestas, además de tener en cuenta los indicadores que muestran cierta similitud entre ellos, se han considerado otros dos criterios de selección, basados en la facilidad de manejo y determinación de los indicadores, desde un punto de vista técnico y agronómico, y/o con menor grado de incertidumbre, aspecto que podría dificultar la fiabilidad de su determinación (Córcoles, 2009). Con estas propuestas, se pretende que los indicadores obtenidos sean de utilidad para aplicaciones futuras encaminadas a la caracterización de zonas regables mediante técnicas de "Benchmarking", y, sobre todo, para los gestores de cada sociedad.

Como ejemplo, en la Tabla nº 4, se presenta la propuesta R3, que es la más reduccionista, y que pretende ser una simplificación de las dos restantes (R1 y R2), con menor grado de incertidumbre y de más fácil determinación.



Tabla 4. Propuesta R3 de selección (14 indicadores)  
 Table 4. Proposal R3 for reducing (14 indicators)

Campo	Indicadores
De rendimiento	Volumen de agua de riego que entra al sistema por unidad de área regada ( $V_{Tsr}$ , $m^3 ha^{-1}$ )
Financieros	Costes de manejo del sistema por unidad de agua de riego suministrada (CMSVs, $€ m^{-3}$ ) Coste energético por unidad de área regada (CENSr, $€ ha^{-1}$ ) Coste energético por unidad de agua de riego suministrada (CENVs, $€ m^{-3}$ ) Gastos generales por unidad de área regada (GGSr, $€ ha^{-1}$ ) Gastos generales por unidad de agua de riego suministrada (GGVs, $€ m^{-3}$ ) Costes de personal relacionado con el riego por unidad de área regada (CPSr, $€ ha^{-1}$ )
Eficiencia de la producción	Valor total anual de la producción agrícola por unidad de área regada (VPSr, $€ ha^{-1}$ ) Valor total anual de la producción agrícola por unidad de agua suministrada (VPVs, $€ m^{-3}$ ) Margen bruto total de la producción agrícola por unidad de área regada (MBSr, $€ ha^{-1}$ ) Margen bruto total de la producción agrícola por unidad de agua suministrada (MBVs, $€ m^{-3}$ )
Energéticos	Potencia instalada medida por unidad de área regada (NtSr, $kW ha^{-1}$ ) Potencia instalada medida por unidad de agua de riego suministrado (NtVs, $kW m^{-3}$ ) Índice de carga energética (ICE, m)

## Conclusiones

Los indicadores empleados, junto con la aplicación de las técnicas de "Benchmarking", permiten establecer las características de las Entidades de Riego en Común analizadas, así como las posibles diferencias existentes entre zonas con sistemas de cultivo, origen y diseño hidráulico, sistemas de riego, manejo y gestión, diferentes. El desarrollo de indicadores en zonas regables, principalmente, los energéticos, son una

herramienta de gran utilidad para sus gestores, facilitando su función.

La aplicación conjunta de las técnicas multivariantes de Análisis de Componentes Principales y Análisis Cluster presenta una elevada potencialidad, y de gran importancia como herramientas de ayuda a la toma de decisiones para determinar los indicadores más relevantes que contribuyan a la caracterización de la gestión en zonas regables.

Con el desarrollo de ambas herramientas, ha sido posible la reducción de la muestra ini-

cial de 151 indicadores, habiéndose planteado tres propuestas que simplifican el planteamiento inicial de indicadores. Entre las propuestas mencionadas, en dos de ellas (R1 y R2), que incorporan 19 indicadores cada una, se incluyen indicadores representativos de todos los tipos manejados: de rendimiento (1), financieros (6), de eficiencia de la producción (5), ambientales (4) y energéticos (3). La última propuesta (R3), la más reduccionista, en la que se recogen 14 indicadores, pretende estar cargada de menor grado de incertidumbre y ser de más fácil determinación que las dos anteriores, al excluir los indicadores de tipo ambiental (4), así como alguno de eficiencia de la producción (1).

De acuerdo con los resultados obtenidos en los principales indicadores de gestión y energéticos propuestos, se plantean algunas mejoras a realizar en algunas de las sociedades de estudio:

- El indicador de la eficiencia de la distribución de agua es un aspecto considerar en las diferentes sociedades. Este indicador es fundamental en las zonas de riego localizado y, principalmente, en sociedades como SAT "E" y SAT "F", donde, si bien el consumo total de agua es menor en comparación con las zonas de riego por aspersión, es importante llevar a cabo un mayor control de la eficiencia de distribución en este tipo de redes, controlando, en la medida de lo posible, las pérdidas de agua que se producen por la limpieza de la estación de filtrado.
- En la medida de lo posible se debe controlar el aporte de agua de riego a los cultivos, sobre todo en algunas zonas de riego localizado (SAT "E", SAT "F"), donde se realizan aportes de agua ligeramente superiores a las necesidades hídricas del cultivo.

- De acuerdo con las características de cada zona de estudio, cuya fuente principal de agua son recursos subterráneos, es muy importante realizar revisiones periódicas de los equipos de captación (caudal descargado, potencia medida, factor de potencia, etc.). Este ha sido un aspecto a mejorar común en numerosas sociedades de estudio analizadas, de manera que no realizan revisiones periódicas de los equipos de impulsión. Este aspecto contribuye a encarecer los costes energéticos en estas sociedades, junto con el incremento del consumo energético que ello representa.
- En el caso de las sociedades con mayor presencia de cultivos herbáceos, se plantea la necesidad de mejorar aspectos relacionados con la eficiencia de producción de estos cultivos, como puede ser la implantación de cultivos más eficientes en la producción de biomasa y cosecha por unidad de agua consumida. Asimismo, la baja eficiencia productiva en algunas de estas sociedades se relaciona con los bajos precios percibidos por los agricultores, además del incremento de sus costes de producción.

### Agradecimientos

El presente trabajo queda enmarcado dentro del proyecto "Evaluación y mejora del uso del agua en el regadío y su gestión mediante técnicas de Benchmarking", financiado por la Consejería de Educación y Ciencia de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Los autores agradecen el interés mostrado por cada una de las siete sociedades de riego objeto de estudio, con una participación activa de todos sus integrantes, cuya inestimable colaboración ha hecho posible el desarrollo de este trabajo.

## Bibliografía

- Abadía R, Rocamora MC, Ruíz A, 2008. Protocolo de Auditoría Energética en Comunidades de Regantes. Vol. nº 10. Serie Ahorro y Eficiencia Energética en Agricultura. IDAE, Madrid, España.
- Alexander, P, 1999. Benchmarking of Australian Water Providers. Hydro Environmental. Australian National Committee on Irrigation and Drainage, Melbourne, Australia.
- Alhamed A, Lakshmivaran S, Stensrud DJ, 2002. Cluster analysis of multimodel ensemble data from SAMEX. *Mon Wea. Rev.* 130: 226-256.
- Burt CM, Styles W, 1999. Modern Water Control and Management Practices in Irrigation. Impact on Performance. Water Reports 19. FAO, Rome, Italy.
- Córcoles JI, de Juan JA, Moreno MA, Charco JR, Ortega JF, Tarjuelo JM, 2007. Aplicaciones informáticas para el manejo de indicadores de gestión en Castilla-La Mancha. IV Congreso Nacional y I Congreso Ibérico de Agroingeniería, 4-6 de septiembre, Albacete, España.
- Córcoles JI, Moreno MA, Moraleda D, Cuesta A, Tarjuelo JM, 2008. Auditorías energéticas en Comunidades de Regantes de Castilla-La Mancha. XXVI Congreso Nacional de Riegos, 24-26 de junio, Huesca, España.
- Córcoles JI, 2009. La gestión del agua y la energía en el regadío mediante técnicas de "Benchmarking". Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad de Castilla-La Mancha, Albacete, España.
- Haan CT, 2002. *Statistical Methods in Hydrology*. 2<sup>nd</sup> ed. Iowa State University Press, Ames, IO, USA.
- Malano H, Burton M, 2001. Guidelines for Benchmarking Performance in the Irrigation and Drainage Sector. International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage (IPTRID), Rome, Italy.
- Malano H, Burton M, Makin I, 2004. Benchmarking performance in the irrigation and drainage sector: a tool for change. *Irrig. Drain.* 53: 119-133.
- Moraleda DA, Moreno MA, Córcoles JI, Cuesta A, Tarjuelo JM, 2008. Medidas de mejoras energéticas en las instalaciones de Comunidades de Regantes de Castilla-La Mancha. XXVI Congreso Nacional de Riegos, 24-26 de junio, Huesca, España.
- Moreno MA, Pelayo J, Córcoles JI, Planells P, Carrión P, Tarjuelo JM, 2007. Model for analysis of energy efficiency at pumping stations (MAEEB). 10th Inter-Regional Conference on Water and Environment, October 17-20, New Delhi, India.
- Rodríguez JA, Camacho E, López R, Pérez L, 2008. Benchmarking and multivariate data analysis techniques for improving the efficiency of irrigation districts: An application in Spain. *Agric. Syst.* 96: 250-259.
- Romero R, Zúñica L, 2005. Métodos estadísticos en ingeniería. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- Unal Y, Kindap T, Karaca M, 2003. Redefining the climate zones of Turkey using Cluster Analysis. *Int. J. Climatol.* 23: 1045-1055.
- USDA-NCRS, 2006. Keys to Soil Taxonomy. 10<sup>th</sup> ed., United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Services, Washington D.C., WA, USA.
- WRB, 1999. World Soil Resources Reports. World Reference Base for Soils Resources. International Society of Soil Science. International Soil Reference and Information Centre and FAO.

(Aceptado para publicación el 28 de abril de 2010)

## Anejo 1. Indicadores de gestión y energéticos

Tabla 1. Indicadores de gestión. De rendimiento  
 Table 1. Performance indicators. System Operation

Indicador	
Volumen de agua de riego que entra al sistema ( $V_{Tr}$ , m <sup>3</sup> )	Eficiencia de distribución de agua en la red (ED, %)
Volumen de agua de riego suministrada a usuarios ( $V_s$ , m <sup>3</sup> )	Aporte relativo de agua anual (ARAA, adimensional)
Volumen total de agua que entra al sistema ( $V_{TT}$ , m <sup>3</sup> )	Aporte relativo anual de riego (ARAR, adimensional)
Volumen de agua de riego que entra al sistema por unidad de área regable ( $V_{T5a}$ m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Capacidad de distribución de agua (Cd, adimensional)
Volumen de agua de riego que entra al sistema por unidad de área regada ( $V_{TSr}$ m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	

Tabla 2. Indicadores de gestión. Financieros  
 Table 2. Performance indicators. Financial

Indicador	
Proporción de recuperación de los costes de explotación (RC, %)	Personal relacionado con el riego por unidad de área regada (NPSr, personas ha <sup>-1</sup> )
Proporción de coste de mantenimiento y retornos brutos (CMR, %)	Retornos medios por unidad de agua de riego que entra al sistema ( $RbV_{Tr}$ , € m <sup>-3</sup> )
Costes de manejo del sistema por unidad de área regable (CMSSa, € ha <sup>-1</sup> )	Retornos medios por unidad de agua de riego suministrada a usuarios ( $RbVs$ , € m <sup>-3</sup> )
Costes de manejo del sistema por unidad de área regada (CMSSr, € ha <sup>-1</sup> )	Costes de manejo del sistema por unidad de agua de riego que entra al sistema ( $CMSV_{Tr}$ , € m <sup>-3</sup> )
Coste total de personal relacionado con el riego (CTp, € persona <sup>-1</sup> )	Costes de manejo del sistema por unidad de agua de riego suministrada a usuarios ( $CMSVs$ , € m <sup>-3</sup> )
Eficiencia en el cobro (EC, %)	Participación de los costes de mantenimiento en los costes de manejo del sistema ( $CM_{CMS}$ , %)
Personal relacionado con el riego por unidad de área regable (NPSa, personas ha <sup>-1</sup> )	Relación de costes de gestión de la sociedad y costes de manejo del sistema ( $CGS_{CMS}$ , %)
Coste energético por unidad de área regable (CENSa, € ha <sup>-1</sup> )	Proporción de costes de mantenimiento y gastos generales ( $CM_{GG}$ , %)
Coste energético por unidad de área regada (CENSr, € ha <sup>-1</sup> )	Relación de costes de gestión de la sociedad y gastos generales ( $CGS_{GG}$ , %)
Coste energético por unidad de agua de riego que entra al sistema ( $CENV_{Tr}$ , € m <sup>-3</sup> )	Costes de personal relacionado con el riego por unidad de área regable (CPSa, € ha <sup>-1</sup> )

Tabla 2. Indicadores de gestión. Financieros (continuación)  
 Table 2. Performance indicators. Financial (continuation)

	Indicador
Coste energético por unidad de agua de riego suministrada a usuarios (CENVs, € m <sup>-3</sup> )	Costes de personal relacionado con el riego por unidad de área regada (CPSr, € ha <sup>-1</sup> )
Relación de costes energéticos y costes de manejo del sistema (CEN <sub>CMSr</sub> %)	Coste de personal relacionado con el riego por unidad de agua de riego que entra al sistema (CPV <sub>Tr</sub> , € m <sup>-3</sup> )
Gastos generales por unidad de área regable (GGSa, € ha <sup>-1</sup> )	Coste de personal relacionado con el riego por unidad de agua de riego suministrada a usuarios (CPVs, € m <sup>-3</sup> )
Gastos generales por unidad de área regada (GGSr, € ha <sup>-1</sup> )	Relación de costes de personal relacionado con el riego y costes de manejo de sistema (CP <sub>CMSr</sub> %)
Gastos generales por unidad de agua de riego que entra al sistema (GGV <sub>Tr</sub> , € m <sup>-3</sup> )	Costes de la JCR por unidad de agua de riego que entra al sistema (CJCV <sub>Tr</sub> , € m <sup>-3</sup> )
Gastos generales por unidad de agua de riego suministrada a usuarios (GGVs, € m <sup>-3</sup> )	Costes de la JCR por unidad de agua de riego suministrada a usuarios (CJCVs, € m <sup>-3</sup> )
Relación de gastos generales y costes de manejo del sistema (GG <sub>CMSr</sub> %)	Relación de costes de la JCR y costes de manejo del sistema (CJC <sub>CMSr</sub> %)
Participación del coste de personal relacionado con el riego en gastos generales (CP <sub>GG</sub> %)	Participación de otros costes diversos en costes de manejo del sistema (OC <sub>CMSr</sub> %)

Tabla 3. Indicadores de gestión. Eficiencia de la producción  
 Table 3. Performance indicators. Productive efficiency

	Indicador
Producción bruta total (Pb, t)	Valor total anual de la producción agrícola por unidad de agua suministrada a usuarios (VPVs, € m <sup>-3</sup> )
Valor total anual de la producción agrícola (VP, €)	Valor total anual de la producción agrícola por unidad de agua total que entra al sistema (VPV <sub>TT</sub> , € m <sup>-3</sup> )
Valor total anual de la producción agrícola por unidad de área regable (VPSa, € ha <sup>-1</sup> )	Valor total anual de la producción agrícola por unidad de agua consumida por el cultivo (VP <sub>ETc</sub> , € m <sup>-3</sup> )
Valor total anual de la producción agrícola por unidad de área regada (VPSr, € ha <sup>-1</sup> )	Valor total anual de la producción agrícola por unidad de agua de riego demandada por el cultivo (VPNb, € m <sup>-3</sup> )
Valor total anual de la producción agrícola por unidad de agua de riego que entra al sistema (VPV <sub>T</sub> , € m <sup>-3</sup> )	Margen bruto total de la producción agrícola por unidad de agua suministrada a usuarios (MBVs, € m <sup>-3</sup> )
Margen bruto total de la producción agrícola (MB, €)	Margen bruto total de la producción agrícola por unidad de agua total que entra al sistema (MBV <sub>TT</sub> , € m <sup>-3</sup> )
Margen bruto total de la producción agrícola por unidad de área regable (MBSa, € ha <sup>-1</sup> )	Margen bruto total de la producción agrícola por unidad de agua consumida por el cultivo (MB <sub>ETc</sub> , € m <sup>-3</sup> )
Margen bruto total de la producción agrícola por unidad de área regada (MBSr, € ha <sup>-1</sup> )	Margen bruto total de la producción agrícola por unidad de agua de riego demandada por el cultivo (MBNb, € m <sup>-3</sup> )
Margen bruto total de la producción agrícola por unidad de agua de riego que entra al sistema (MBV <sub>T</sub> , € m <sup>-3</sup> )	Margen neto total de la producción agrícola por unidad de agua suministrada a usuarios (MNVs, € m <sup>-3</sup> )
Margen neto total de la producción agrícola (MN, €)	Margen neto total de la producción agrícola por unidad de agua total que entra al sistema (MNV <sub>TT</sub> , € m <sup>-3</sup> )
Margen neto total de la producción agrícola por unidad de área regable (MNSa, € ha <sup>-1</sup> )	Margen neto total de la producción agrícola por unidad de agua consumida por el cultivo (MN <sub>ETc</sub> , € m <sup>-3</sup> )
Margen neto total de la producción agrícola por unidad de área regada (MNSr, € ha <sup>-1</sup> )	Margen neto total de la producción agrícola por unidad de agua de riego demandada por el cultivo (MNNb, € m <sup>-3</sup> )
Margen neto total de la producción agrícola por unidad de agua de riego que entra al sistema (MNV <sub>T</sub> , € m <sup>-3</sup> )	

Tabla 4. Indicadores de gestión. Ambientales  
 Table 4. Performance indicators. Environmental performance

Indicador	
Profundidad media del nivel del agua (PA, m)	Concentración de Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ , $\text{mg l}^{-1}$ )
Salinidad del agua de riego (SI, $\text{dS m}^{-1}$ )	Concentración de Cloruros ( $\text{Cl}^-$ , $\text{mg l}^{-1}$ )
pH (adimensional)	Contenido total de sales (CTS, $\text{mg l}^{-1}$ )
Concentración de Calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{mg l}^{-1}$ ) adimensional)	Relación de absorción de sodio (RAS,
Concentración de Magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{mg l}^{-1}$ )	Carbonato sódico residual (CSR, $\text{meq l}^{-1}$ )
Concentración de Sodio ( $\text{Na}^+$ , $\text{mg l}^{-1}$ )	Relación de sodio ( $R_{\text{Na}}$ , $\text{meq l}^{-1}$ )
Concentración de Potasio ( $\text{K}^+$ , $\text{mg l}^{-1}$ )	Dureza (d, ° GHF)
Concentración de Sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{mg l}^{-1}$ )	Coefficiente alcalimétrico (K, adimensional)
Concentración de Carbonatos y Bicarbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ , $\text{HCO}_3^-$ , $\text{mg l}^{-1}$ )	Relación de absorción de sodio ajustado (RASaj, adimensional)
Norma Riverside	Norma Greene
Norma Wilcox	Norma FAO
Unidad fertilizante de nitrógeno por unidad de área regable (UFNSa, $\text{UFN ha}^{-1}$ )	Unidad fertilizante de fósforo por unidad de agua de riego suministrada a usuarios ( $\text{UFP}_2\text{O}_5\text{Vs}$ , $\text{UFP}_2\text{O}_5 \text{ m}^{-3}$ )
Unidad fertilizante de nitrógeno por unidad de área regada (UFNSr, $\text{UFN ha}^{-1}$ )	Unidad fertilizante de fósforo por unidad de agua consumida por el cultivo ( $\text{UFP}_2\text{O}_{5\text{ETC}}$ , $\text{UFP}_2\text{O}_5 \text{ m}^{-3}$ )
Unidad fertilizante de nitrógeno por unidad de agua total que entra al sistema ( $\text{UFNV}_{\text{TT}}$ , $\text{UFN m}^{-3}$ )	Unidad fertilizante de fósforo por unidad de agua de riego demandada por el cultivo ( $\text{UFP}_2\text{O}_5\text{Nb}$ , $\text{UFP}_2\text{O}_5 \text{ m}^{-3}$ )
Unidad fertilizante de nitrógeno por unidad de agua de riego que entra al sistema ( $\text{UFNV}_{\text{T}}$ , $\text{UFN m}^{-3}$ )	Unidad fertilizante de potasio por unidad de área regable ( $\text{UFK}_2\text{OSa}$ , $\text{UFK}_2\text{O ha}^{-1}$ )
Unidad fertilizante de nitrógeno por unidad de agua de riego suministrada a usuarios ( $\text{UFNVs}$ , $\text{UFN m}^{-3}$ )	Unidad fertilizante de potasio por unidad de área regada ( $\text{UFK}_2\text{OSr}$ , $\text{UFK}_2\text{O ha}^{-1}$ )
Unidad fertilizante de nitrógeno por unidad de agua consumida por el cultivo ( $\text{UFN}_{\text{ETC}}$ , $\text{UFN m}^{-3}$ )	Unidad fertilizante de potasio por unidad de agua total que entra al sistema ( $\text{UFK}_2\text{OV}_{\text{TT}}$ , $\text{UFK}_2\text{O m}^{-3}$ )
Unidad fertilizante de nitrógeno por unidad de agua de riego demandada por el cultivo ( $\text{UFNNb}$ , $\text{UFN m}^{-3}$ )	Unidad fertilizante de potasio por unidad de agua de riego que entra al sistema ( $\text{UFK}_2\text{OV}_{\text{T}}$ , $\text{UFK}_2\text{O m}^{-3}$ )
Unidad fertilizante de fósforo por unidad de área regable ( $\text{UFP}_2\text{O}_5\text{Sa}$ , $\text{UFP}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ )	Unidad fertilizante de potasio por unidad de agua de riego suministrada a usuarios ( $\text{UFK}_2\text{OVs}$ , $\text{UFK}_2\text{O m}^{-3}$ )

Tabla 4. Indicadores de gestión. Ambientales (continuación)  
 Table 4. Performance indicators. Environmental performance (continuation)

Indicador	
Unidad fertilizante de fósforo por unidad de área regada ( $\text{UFP}_2\text{O}_5\text{Sr}$ , $\text{UFP}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ )	Unidad fertilizante de potasio por unidad de agua consumida por el cultivo ( $\text{UFK}_2\text{O}_{\text{ETc}}$ , $\text{UFK}_2\text{O m}^{-3}$ )
Munidad fertilizante de fósforo por unidad de agua total que entra al sistema ( $\text{UFP}_2\text{O}_5\text{V}_{\text{TT}}$ , $\text{UFP}_2\text{O}_5 \text{ m}^{-3}$ )	Unidad fertilizante de potasio por unidad de agua de riego demandada por el cultivo ( $\text{UFK}_2\text{ONb}$ , $\text{UFK}_2\text{O m}^{-3}$ )
Unidad fertilizante de fósforo por unidad de agua de riego que entra al sistema ( $\text{UFP}_2\text{O}_5\text{V}_{\text{T}}$ , $\text{UFP}_2\text{O}_5 \text{ m}^{-3}$ )	

Tabla 5. Indicadores energéticos  
 Table 5. Energy indicators

Campo	Indicador
Descriptivos	Potencia contratada ( $N_c$ , kW)
	Potencia instalada teórica ( $N_i$ , kW)
	Potencia instalada medida ( $N_t$ , kW)
	Potencia hidráulica ( $N_h$ , kW)
	Energía activa total consumida ( $E_{ac}$ , kWh)
	Energía reactiva total consumida ( $E_r$ , kVARh)
	Factor de potencia (FP, adimensional)
	Coseno de $\Phi$ ( $\cos \varphi$ , adimensional)
Disponibilidad de condensadores	
De funcionamiento	Grado de ajuste a la potencia contratada en la estación de bombeo (GA, %)
	Potencia contratada por unidad de área regable ( $N_{cSa}$ , $\text{kW ha}^{-1}$ )
	Potencia contratada por unidad de área regada ( $N_{cSr}$ , $\text{kW ha}^{-1}$ )
	Potencia instalada medida por unidad de área regable ( $N_{tSa}$ , $\text{kW ha}^{-1}$ )
	Potencia instalada medida por unidad de área regada ( $N_{tSr}$ , $\text{kW ha}^{-1}$ )
	Potencia hidráulica por unidad de área regable ( $N_{hSa}$ , $\text{kW ha}^{-1}$ )
	Potencia hidráulica por unidad de área regada ( $N_{hSr}$ , $\text{kW ha}^{-1}$ )
	Energía activa total consumida por unidad de área regable ( $E_{acSa}$ , $\text{kWh ha}^{-1}$ )
	Energía activa total consumida por unidad de área regada ( $E_{acSr}$ , $\text{kWh ha}^{-1}$ )
	Potencia instalada medida por volumen de agua de riego que entra al sistema ( $N_{tV_T}$ , $\text{kW m}^{-3}$ )
	Potencia instalada medida por volumen de agua de riego suministrado a usuarios ( $N_{tVs}$ , $\text{kW m}^{-3}$ )
Potencia hidráulica por volumen de agua de riego que entra al sistema ( $N_{hV_T}$ , $\text{kW m}^{-3}$ )	



Tabla 5. Indicadores energéticos (continuación)  
 Table 5. Energy indicators (continuation)

Campo	Indicador
De funcionamiento	Potencia hidráulica por volumen de agua de riego suministrado a usuarios (NhVs, kW m <sup>-3</sup> ) Energía activa total consumida por volumen de agua de riego que entra al sistema (EacV <sub>T</sub> , kWh m <sup>-3</sup> ) Energía activa total consumida por volumen de agua de riego suministrado a usuarios (EacVs, kWh m <sup>-3</sup> ) Índice de dependencia energética (IDE, %) Índice de carga energética (ICE, m) Frecuencia de la distribución de caudales en la estación de bombeo (Fi, adimensional)
De eficiencia	Rendimiento medio de la estación de bombeo (EEBr, %) Potencia media absorbida en la estación de bombeo durante la campaña (Ntc, kW) Eficiencia energética de los grupos de impulsión (EEB, %) Eficiencia del suministro energético al sistema de distribución (ESE, %) Eficiencia energética general de la sociedad (EEG, %)
De calidad	Continuidad de suministro (nº y duración) Picos de tensión en la red (nº) Generación de armónicos (%) Forma de onda (adimensional) Evolución del Factor de potencia (adimensional)

## Evaluación de la tolerancia de las flores de almendro a las heladas por la fluorescencia de clorofila

O. Kodad\*, F. Morales\*\* y R. Socias<sup>1\*</sup>

\* Unidad de Fruticultura, CITA de Aragón, Av. Montañana 930, 50059 Zaragoza, España.

\*\* Estación Experimental de Aula Dei, CSIC, Apartado 13034, 50080 Zaragoza, España.

<sup>1</sup> Autor para correspondencia. E-mail: rsocias@aragon.es

### Resumen

La mayoría de los cultivares de almendro son susceptibles a las temperaturas negativas, lo que limita su expansión a las zonas con riesgo de heladas primaverales. Por ello casi todos los programas de mejora genética del almendro tienen como objetivo prioritario la selección de genotipos de floración tardía o muy tardía, con el fin de evitar los períodos de alto riesgo de heladas. Los estudios de la tolerancia de las flores y los pequeños frutos a las heladas se han limitado a la observación de los daños morfológicos ocasionados por las bajas temperaturas. Por ello, en este estudio se ha evaluado el uso de la fluorescencia de clorofila (FC) para estimar la tolerancia de 12 cultivares comerciales de distinta procedencia a las bajas temperaturas. Las flores de almendro se sometieron durante 24 horas a distintas temperaturas (0°, -1°, -2° y -3°C), midiendo a continuación la FC. En general, la fluorescencia variable (Fv) y la relación Fv/Fm (donde Fm es la fluorescencia máxima) disminuyeron con el tiempo en todos los genotipos, aunque el ritmo de reducción varió según el genotipo. La reducción de estos parámetros fue más lenta en los cultivares tolerantes a las bajas temperaturas, con una reducción lineal y/o sigmoideal en los cultivares susceptibles. En general, la clasificación de los genotipos según su grado de tolerancia a las heladas mediante esta técnica coincide con las señaladas en la bibliografía. Estos resultados indican que la fluorescencia de clorofila es una técnica prometedora (rápida, cuantitativa, sencilla y no destructiva) para determinar la tolerancia de los genotipos de almendro a las heladas independientemente de su época de floración.

**Palabras clave:** Almendro, flor, tolerancia, heladas, fluorescencia de la clorofila, mejora.

### Summary

#### Evaluation of almond flower tolerance to frosts by chlorophyll fluorescence

Most almond cultivars are susceptible to negative temperatures, a limiting factor for almond expansion to regions with risks of spring frosts. As a consequence, the main objective of most almond breeding programmes is to select late- or very late-blooming genotypes, in order to avoid the periods of high frost risk. Flower and fruitlet tolerance to frosts has been only studied so far by observing the morphological damages produced by low temperatures. Thus, our objective was the evaluation of chlorophyll fluorescence (FC) to estimate the tolerance of 12 commercial almond cultivars from different origin to low temperatures. Flowers were maintained during 24 hours at different temperatures (0°, -1°, -2° and -3°C), measuring FC afterwards. In general, the variable fluorescence (Fv) and the ratio Fv/Fm (being Fm the maximal fluorescence) decreased with time in all genotypes, although the decreasing rate depended on the genotype. The decrease of these parameters was slower in the cultivars tolerant to low temperatures, whereas the decrease was linear or/and sigmoid in the susceptible cultivars. In general, the classification of genotypes according to their frost tolerance level with this technique agreed with the published references. These results lay out that chlorophyll fluorescence is a promising technique (fast, quantitative, easy and non-destructive) to ascertain the tolerance of almond genotypes to frosts independently of their blooming time.

**Key words:** Almond, flower, tolerance, frosts, chlorophyll fluorescence, breeding.

## Introducción

En la naturaleza, se entiende por estrés provocado por heladas el debido a la incidencia de temperaturas inferiores a 0°C (Sakai y Laracher, 1987). Sus daños provocan un desorden fisiológico de distinta magnitud en diferentes partes de la planta (Walker *et al.*, 1990). Desde el punto de vista agronómico, se define a la helada como el descenso térmico capaz de causar algún daño, e incluso la muerte, a los tejidos vegetales independientemente de la aparición de hielo exterior. La producción española de almendra muestra unas grandes oscilaciones, debidas sobre todo a la ocurrencia de heladas en la época de floración o en los primeros estados de crecimiento del fruto (Tabla 1). La baja producción registrada en el año 2004 se debió principalmente a la ocurrencia de varias heladas en el mes de marzo (Kodad y Socias i Company, 2005).

Grasselly y Crossa-Raynaud (1980) mencionaron los estudios llevados a cabo por Evreinoff (1952) en relación a la resistencia de las

yemas de almendro a las heladas, coincidiendo en considerar que las flores son sensibles a -3°C en el estado fenológico D (Felipe, 1977), a -1,5°C en el momento de floración y helándose los frutitos recién cuajados a -0,5°C. Büyükyilmaz y Kester (1976) mencionaron que el grado de los daños causados por las heladas depende de la fase del desarrollo de la flor y de la edad de la planta. Snyder y Connell (1995) concluyeron que "Nonpareil" y "Sonora", en un conjunto de 9 cultivares americanos, son los más resistentes a las heladas en el estado fenológico D. Desde el punto de vista genético, no se ha cuantificado la transmisión de la tolerancia a las heladas, aunque se cree que esta bajo control poligénico y que se transmite de forma cuantitativa (Felipe, 1988). La mayoría de los estudios se han limitado a la descripción morfológica de los daños causados por las heladas en las yemas y las flores del almendro (Büyükyilmaz y Kester, 1976) o a evaluar la magnitud de los daños causado por las heladas en función de las pérdidas en la producción (Felipe, 1988).

Tabla 1. Producción de almendra en pepita (tm) en las principales regiones productoras de España durante los últimos 10 años (CAP)  
 Table 1. Almond kernel production (tm) in the main Spanish producing regions during the last 10 years (CAP)

Región	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Andalucía	9.532	7.300	10.500	7.350	2.100	12.000	14.600	7.300	5.440	11.850
Murcia	7.987	8.900	11.300	8.000	2.000	8.300	11.500	6.900	6.289	11.202
Valencia	7.679	8.000	11.200	4.500	1.600	6.400	8.900	6.010	4.450	8.000
Aragón	5.402	6.600	6.700	3.600	800	5.000	6.700	5.700	5.116	10.280
Cataluña	4.793	3.600	5.100	3.460	1.400	3.693	5.000	3.413	3.071	7.102
Castilla-La Mancha	1.466	3.600	5.000	1.680	1.284	3.245	4.500	1.700	3.206	8.136
Baleares	1.277	1.400	1.800	570	2.450	2.100	2.000	2.500	2.200	880
Otras	651	700	1.050	500	500	833	720	605	898	1.556
Total	38.787	40.100	52.650	29.660	12.134	41.571	54.100	34.128	30.670	59.006

Aunque hace tiempo que se conoce que cualquier cambio en la emisión de fluorescencia por la clorofila en los órganos fotosintéticos es una indicación de cambios en su actividad fotosintética (McAlister y Meyers, 1940), recientemente se ha comprobado la validez de las medidas de fluorescencia de la clorofila para estimar la eficiencia en el transporte de los electrones por el PSII (fotosistema II) en la hoja (Genty *et al.*, 1989). La eficiencia del PSII se ha relacionado con la eficiencia de asimilación del CO<sub>2</sub> (Genty *et al.*, 1989), por lo que esta técnica permite examinar la eficacia fotosintética en hojas en condiciones controladas y en condiciones de campo (Baker y Rosenqvist, 2004). La relación entre la eficiencia del PSII y la asimilación del CO<sub>2</sub> en la hoja permite detectar las diferencias en la respuesta de las plantas a las condiciones ambientales adversas y por consiguiente seleccionar para la tolerancia frente a estas condiciones (Baker, 1996). El metabolismo de las hojas se inhibe severamente como consecuencia de la destrucción o la desregulación del PSII por las heladas (Tijskens *et al.*, 1994), lo que resulta en un cambio en la emisión de fluorescencia por la clorofila. Por ello, la estimación de la fluorescencia por la clorofila en estas condiciones permite seleccionar para la tolerancia a las heladas (Smillie y Hetherington, 1990) o para establecer un orden de las especies en función de su tolerancia a las heladas (Greaves y Wilson, 1986).

Recientemente se ha avanzado en el uso práctico de las medidas de fluorescencia de la clorofila, que se ha mostrado eficaz para evaluar la tolerancia a las heladas en tomate (Walker *et al.*, 1990), pimienta verde, patata (Greaves y Wilson, 1987), fresa (Khanizadeh y DeEll, 2001) y plantas ornamentales (Hakam *et al.*, 2000). La reducción de la emisión de fluorescencia por la clorofila fue significativa en hojas y/o en flores después de estar expuestas a bajas temperaturas

(Karukstis, 1991). En general, las plantas susceptibles y tolerantes exhiben el mismo patrón de reducción de emisión de fluorescencia de la clorofila, pero en las plantas sensibles la reducción tiene lugar a un ritmo más acelerado (Bernnan y Jefferies, 1990; Hakam *et al.*, 2000).

El objetivo principal de este trabajo fue comprobar la posibilidad de utilizar la fluorescencia de la clorofila como técnica rápida para determinar la tolerancia de las flores del almendro a las heladas y su posible uso a gran escala en los programas de mejora para la selección de genotipos tolerantes a las heladas.

## Materiales y métodos

### Material vegetal

Se estudiaron un total de 12 cultivares comerciales de almendro procedentes del banco de germoplasma del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Zaragoza (Tabla 2), algunos de ellos citados en la bibliografía como tolerantes a las heladas, como "Masbovera", "Mission", "Nonpareil" y "Peerless". Estos cultivares se encuentran plantados en bloques de tres árboles por clon en un suelo de tipo aluvial y de textura franca.

### Daños causados por bajas temperaturas

Con el objetivo de evaluar el efecto de las heladas en condiciones controladas, en la época de floración se recogieron de 20 a 30 flores en el estado fenológico E, se colocaron en bolsas de plástico de polietileno humidificadas y se llevaron al laboratorio. Inmediatamente se colocaron en una incubadora frigorífica (Cooled Incubator, Binder ATP.Line KB, Tuttlingen, Alemania). Las tem-

Tabla 2. Porcentaje de daños observados en pistilos después de los tratamientos en condiciones controladas y clasificación de los cultivares en relación a las heladas  
*Table 2. Percentage of damages observed in pistils after treatment in controlled conditions and cultivar classification in relation to frosts*

Cultivar	T1 (-1°)	T2 (-2,5°)	Tolerancia a la helada
Moncayo	26 a	46 b	Susceptible
Tuono	19 b	57 a	Muy susceptible
Perrless	19 b	41 c	Susceptible
Felisia	18 bc	52 a	Muy susceptible
Guara	16 bc	28 d	Tolerante a Susceptible
Mission	16 bc	32 d	Tolerante a Susceptible
Ferragnès	15 bc	39 c	Susceptible
D. Largueta	12 c	54 a	Muy susceptible
Nonpareil	12 c	28 d	Tolerante a Susceptible
Marcona	9 d	26 d	Tolerante a Susceptible
Bertina	9 d	24 de	Tolerante
Masbovera	8 d	21 e	Tolerante

Valores con letras distintas son significativamente diferentes por el test LSD a P = 0,05.

peraturas de ensayo se eligieron entre -1°C y -2,5°C durante 1 hora, de acuerdo con las referencias de estudios sobre el efecto de las heladas según cada estado fenológico (Proebsting y Mills, 1978). La temperatura inicial en la incubadora fue +4°C y disminuyó a un ritmo de 2°C por hora hasta la temperatura deseada. Después del período de incubación se subió a un ritmo de 2°C por hora hasta 5°C. Las muestras se guardaron después en un frigorífico a 4°C durante 24 horas para su observación y la estimación de los daños en los pistilos.

En relación a la magnitud de los daños observados en los dos tratamientos, especialmente a -2,5°C, se estableció una clasificación subjetiva de la tolerancia a las heladas de las selecciones estudiadas: muy susceptible cuando los daños superaron el 50% de las yemas de flor observadas; susceptible, con daños entre el 31% y 50%; de tolerante a susceptible, con

daños entre el 25% y 30%; y tolerante, con daños inferiores al 24%.

#### Evaluación mediante fluorescencia de la clorofila (FC)

Se aplicó, con algunas adaptaciones, el procedimiento descrito por Khanizadeh y DeElI (2001). Se marcaron varios ramos homogéneos y aproximadamente a la misma altura del suelo para disminuir el efecto del estado nutritivo de las muestras sobre la fluorescencia de la clorofila (Baker y Rosenqvist, 2004). Para evitar el efecto de la edad de la muestra sobre la FC, se cogieron al azar muestras de 20 yemas de flor en estado fenológico E. Las muestras se colocaron inmediatamente en la incubadora a una temperatura inicial de +4°C, programada para efectuar una disminución de temperaturas de 1°C por hora. Las yemas se sometieron a 4

tratamientos: 0°C, -1°C, -2°C y finalmente -3°C durante 24 horas para cada tratamiento.

Las medidas de la fluorescencia se hicieron bajo luz verde de 40W con una iluminación que permite la visibilidad para el manejo de las muestras y del aparato en una cámara oscura para evitar la pre-irradiación por la luz visible (Smillie y Hetherington, 1990). Las medidas se realizaron mediante un fluorímetro PAM 2000 (Heinz Walz, Effeltrich, Alemania), utilizando la prueba Fv/Fm (método 1 del fluorímetro) (Lindgren y Hällgren, 1993). La intensidad del modulador se fijó a 80 y el detector a 40, con una intensidad de saturación de 190 (35W, lámpara halógena) durante 0,8 seg. Se midió la FC después de alcanzar el nivel de fluorescencia inicial ( $F_o$ ). El nivel de fluorescencia alcanzó su nivel máximo ( $F_m$ ) después de 0,8 seg. Una vez determinados estos parámetros, se calculó la fluorescencia variable en la oscuridad ( $F_v$ ) aplicando la fórmula:  $F_v = F_m - F_o$ . Con estas variables se determinó la relación  $F_v/F_m$ , que mide la eficiencia potencial máxima del PSII (Abadía *et al.*, 1999). Las determinaciones se hicieron en la zona ovárica de la flor, que se mantuvo hidratada durante todo el proceso del análisis. Los parámetros de fluorescencia  $F_v$  se determinaron colocando el sensor del fluorímetro en la zona ovárica y se irradió con luz blanca con una intensidad del flujo de fotones del orden de  $6 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

## Resultados y discusión

### Daños causados por las heladas en condiciones controladas

Los análisis estadísticos han mostrado diferencias significativas entre los genotipos para cada temperatura en cuanto a la magnitud de los daños observados en los pistilos (Tabla 2). Los daños después del primer tra-

tamiento (-1°C) oscilaron entre 8% y 26%. Después del segundo tratamiento (-2,5°C) los daños superaron el 50% de las flores examinadas en 3 genotipos, oscilando entre 21% y 57%. Las yemas examinadas se encontraban en el mismo estado fenológico, por lo que las diferencias entre genotipos son independientes de este factor, que es determinante en la evaluación de la tolerancia a las heladas (Simons y Doll, 1976), como ya se había mencionado anteriormente en el almendro (Felipe, 1988).

La evaluación subjetiva de la magnitud de los daños, especialmente después del segundo tratamiento, ha permitido establecer una clasificación de los genotipos en función de su tolerancia a las heladas. Sin embargo, la mayoría de genotipos han cambiado el rango de clasificación de un tratamiento a otro en función de los daños (Tabla 2), lo que confirma que la tolerancia de las yemas de flor también depende de la intensidad de la helada (Mazur, 1969). En cualquier caso, seis genotipos son muy susceptibles a una temperatura de -2,5°C, incluyendo las variedades "Tuono", "Peerless" y "Felisia", mientras que las variedades "Bertina" y "Masbovera" son los cultivares que se mostraron más tolerantes (Tabla 2).

### Evaluación mediante la fluorescencia de clorofila (FC)

En general, la emisión de fluorescencia por la clorofila ha mostrado una clara disminución con la reducción de las temperaturas (Tabla 3), como ya se había observado en flores de fresa (Khanizadeh *et al.*, 2000) o en hojas de tomate (Brüggermann y Linger, 1994) o de rosa (Hakam *et al.*, 2000). Así mismo se ha mostrado que la disminución de la FC está relacionada con la inhibición de la actividad fotosintética, lo que se traduce en una reducción importante de la asimilación de  $\text{CO}_2$  (Baker y Nie, 1994). La

Tabla 3. Evolución de la fluorescencia de la clorofila de la zona ovárica de las yemas de los cultivares estudiados en función de las temperaturas. Valor relativo de Fv/Fm en relación al normal a 22°C (%)

*Table 3. Evolution of chlorophyll fluorescence in the ovary zone of flower buds of the cultivars studied as related to temperature. Relative value of de Fv/Fm in relation to the normal at 22°C (%)*

Variedad	Temperatura					Regresión <sup>f</sup>
	22°C	0°C	-1°C	-2°C	-3°C	
Bertina	100	100,2	85,17	70,02	54,97	Sigmoidal
Desmayo Largueta	100	95,39	61,76	59,87	52,04	Lineal
Felisia	100	99,48	95,63	73,01	65,60	Lineal
Ferragnès	100	91,29	90,54	77,15	62,42	Lineal
Guara	100	96,29	93,48	84,21	76,61	Sigmoidal
Marcona	100	92,23	91,44	88,57	80,31	Sigmoidal
Masbovera	100	100,1	88,84	85,31	82,02	Sigmoidal
Moncayo	100	84,74	76,23	74,85	73,12	Lineal
Nonpareil	100	98,5	93,1	87,16	78,44	Sigmoidal
Peerless	100	89,08	83,20	65,71	57,87	Lineal
Mission	100	93,39	87,98	86,12	74,08	Sigmoidal
Tuono	100	99,66	99,51	86,56	63,74	Lineal

reducción de la FC ha seguido dos patrones distintos: lineal y sigmoidal (Tabla 3), como se ha encontrado en las flores de la fresa (Khanizadeh y DeEll, 2001).

En esta especie, si la reducción de Fv/Fm es sigmoidal, las selecciones son susceptibles a las heladas, pero si es lineal son entre tolerantes a susceptibles. En nuestro estudio se ha encontrado una correlación directa entre la rapidez de la disminución de Fv/Fm y los valores de los daños visuales observados a -1°C y -2,5°C en condiciones controladas. Los genotipos con daños elevados presentaron una reducción rápida de Fv/Fm, como "Desmayo Largueta". También se ha observado que "Nonpareil", "Peerless" y "Mission" presentaron una reducción del Fv/Fm sigmoidal, por lo que, siguiendo la clasificación propuesta por Khanizadeh *et al.* (2000), serían entre tolerantes a susceptibles a las heladas, aunque se ha observado que la

pendiente de reducción de Fv/Fm de "Nonpareil" es menos acentuada que la de las otras dos variedades. Ello coincide con los resultados de Snyder y Connell (1995), que mostraron en condiciones controladas que "Nonpareil" era más tolerante a las heladas que "Mission" y "Peerless".

Por otro lado, el Fv/Fm de "Desmayo Largueta" sigue una reducción lineal, mientras que la de "Marcona" sigmoidal, indicando que la primera puede ser más susceptible que la segunda. Ello coincide con los resultados obtenidos en condiciones controladas y en el campo en el año 2005 (Kodad, 2006). En efecto, en la primavera de 2005 se registró una helada de -3°C que produjo daños importantes en las yemas de flor de "Desmayo Largueta", mientras que los daños en "Marcona" fueron insignificantes (datos no mostrados). En el momento de la helada, las dos variedades se encontraban en el estado

fenológico D, por lo que las yemas de flor de "Marcona" son probablemente más tolerantes que las de "Desmayo Largueta", aunque las dos variedades sean susceptibles a las heladas (Felipe, 1988). Ello coincide con los resultados encontrados aplicando la técnica de la fluorescencia de clorofila.

Sin embargo, en algunas variedades consideradas tolerantes a las heladas como "Masbovera" (F.J. Vargas, com. per.) y "Nonpareil" (Snyder y Connell, 1995), la reducción de Fv/Fm presenta el mismo patrón de reducción que el de "Ferragnès" y "Marcona" (Fig. 1), consideradas susceptibles (Miranda *et al.*, 2005), sugiriendo que estas variedades podrían considerarse entre tolerantes a susceptibles. Sin embargo, la reducción de Fv/Fm en función de las temperaturas es más lenta para "Masbovera" que para "Ferragnès" y "Marcona" (Fig. 1).

Aunque las plantas susceptibles y las tolerantes exhiben el mismo patrón de reducción de emisión de fluorescencia por la clorofila, en las plantas sensibles la reducción tiene lugar a un ritmo más acelerado (Bernnan y Jefferies, 1990; Hakam *et al.*, 2000). Ello significa que en el momento de establecer el orden de tolerancia a las heladas de las variedades de almendro mediante la fluorescencia de la clorofila, es recomendable basarse más en la rapidez de la reducción de Fv/Fm que en el patrón de su reducción. Con ello se puede concluir que el modelo de clasificación de la tolerancia a las heladas según el patrón de reducción de Fv en función de las temperaturas propuesto por Hakam *et al.* (2000) y Khanizadeh y DeEll (2001) se puede adaptar al almendro.

Los resultados mostraron que 10 genotipos (Tabla 3) presentaron una respuesta sigmoi-

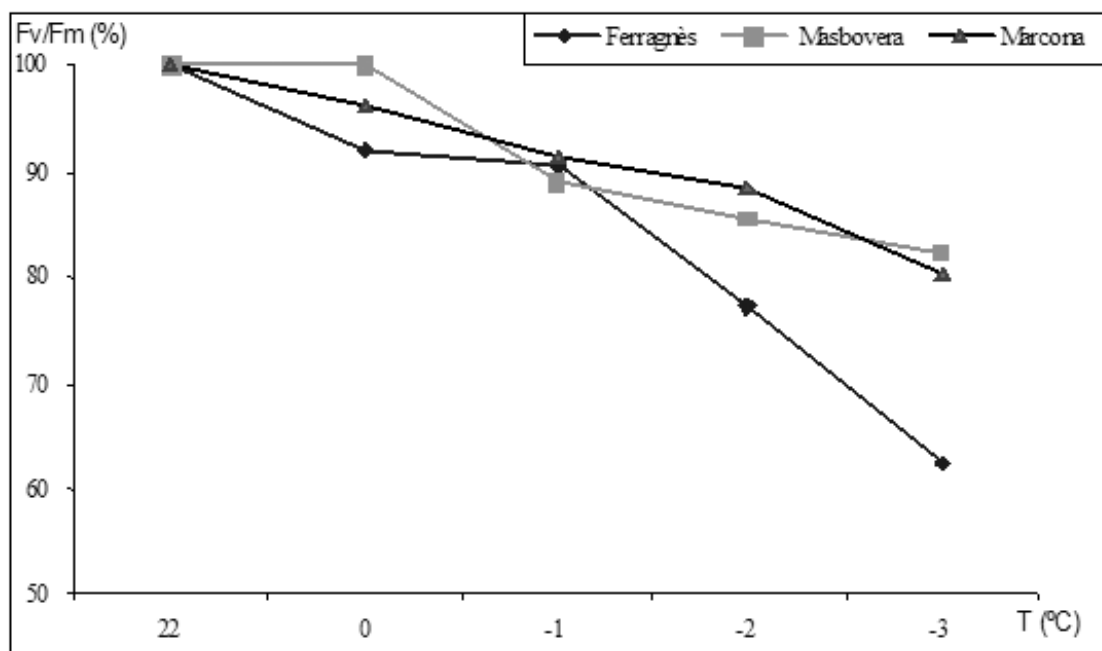


Figura 1. Evolución de Fv/Fm de "Marcona", "Masbovera" y "Ferragnès"  
 Figure 1. Evolution of Fv/Fm in "Marcona", "Masbovera" and "Ferragnès"



dal (Q) con un punto de inflexión situado entre  $-1^{\circ}\text{C}$  y  $-2^{\circ}\text{C}$ , por lo que la reducción de Fv/Fm no fue significativa hasta que se alcanzaron estas temperaturas. Por ello, las flores de estos genotipos deben ser tolerantes a temperaturas comprendidas entre  $0^{\circ}\text{C}$  y  $-2^{\circ}\text{C}$ . En todos los genotipos estudiados, los valores más bajos de fluorescencia de la clorofila se registraron a temperaturas comprendidas entre  $-2^{\circ}\text{C}$  y  $-3^{\circ}\text{C}$  (Tabla 3), indicando que las yemas de flor de todos los genotipos son vulnerables a estas temperaturas. Ello coincide con los presentes resultados y con los otros reseñados (Evreinoff, 1952; Felipe, 1988; Miranda *et al.*, 2005).

### Conclusión

La variabilidad de la respuesta de los genotipos estudiados a las heladas, independientemente de su época de floración, confirma la existencia de fuentes de tolerancia a las heladas en almendro. Los resultados obtenidos mediante la fluorescencia de la clorofila en la evaluación de la tolerancia a las heladas de las variedades estudiados coinciden con los obtenidos mediante los ensayos en condiciones de laboratorio en este estudio y los obtenidos en la bibliografía. Estos primeros resultados indican la posibilidad del uso de la fluorescencia de clorofila a gran escala como técnica prometedora (rápida, cuantitativa y sencilla) para determinar la tolerancia de las descendencias a las heladas en los programas de mejora. No obstante, esta técnica se encuentra todavía en proceso de evaluación, modificación y adaptación al material vegetal y a la mejora en la Unidad de Fruticultura del CITA.

### Agradecimientos

Trabajo realizado en el marco del proyecto AGL2007-65853-C02-02 de la CICYT y del Gru-

po Consolidado de Investigación de Aragón A12 "Adaptación y mejora de material vegetal para una fruticultura sostenible". Se agradece los comentarios científicos del Dr S. Khanizadeh y la asistencia técnica de J. Búbal y O. Frontera. FM agradece al Gobierno de Aragón por su financiación (grupo A03).

### Bibliografía

- Abadía J, Morales F, Abadía A, 1999. Photosystem II efficiency in low chlorophyll, iron-deficient leaves. *Plant Soil* 215: 183-192.
- Baker NR. (ed.). 1996. Photosynthesis and the environment. Kluwer Academic Press, Dordrecht.
- Baker NR, Nie GY, 1994. Chilling sensitivity of photosynthesis in maize. En: Y.P.S. Bajaj (ed.): *Biotechnology of maize*. Berlin Springer-Verlag, pp 465-481.
- Baker NR, Rosenqvist E, 2004. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. *J. Exp. Bot.* 55: 1607-1621.
- Bernnan RM, Jefferies RA, 1990. The use of chlorophyll fluorescence in assessment of low temperature hardiness in blackcurrant (*Ribes nigrum* L.). *Ann. Appl. Biol.* 117: 667-672.
- Brüggermann W, Linger P, 1994. Long term chilling of young tomato plants under low light. IV. Differential response of chlorophyll fluorescence quenching coefficients in *Lycopersicon* species of different chilling sensitivity. *Plant Cell Physiol.* 35: 585-591.
- Büyükyılmaz M, Kester DE, 1976. Comparative hardiness of flower buds and blossoms of some almond genotypes in relation to time of bloom and leafing. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 101: 344-347.
- Evreinoff VA, 1952. Quelques observations biologiques sur l'amandier. *Rev. Int. Bot. Appl.* 359: 442-459.
- Felipe AJ, 1977. Almendro. Estados fenológicos. *Inf. Técn. Econ. Agrar.* 27: 8-9.

- Felipe AJ, 1988. Observaciones sobre comportamiento frente a heladas tardías en almendro. Rap. EUR 11557: 145-148.
- Genty B, Briantais JM, Baker NR, 1989. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. Biochim. Biophys. Acta. 990: 87-92.
- Grasselly C, Crossa-Raynaud P, 1980. L'amandier. G.P. Maisonneuve et Larouse, Paris. 265 p.
- Greaves JA., Wilson JM, 1986. Assessment of the non-freezing cold sensitivity of wild and cultivated potato species by chlorophyll fluorescence analysis. Potato Res. 29: 509-520.
- Greaves JA, Wilson JM, 1987. Assessment of the sensitivity of wild and cultivated potato species by chlorophyll fluorescence analysis. Potato Res. 30: 381-395.
- Hakam N, Khanizadeh S, DeEll J, Ricker C, 2000. Assessing chilling tolerance in roses using chlorophyll fluorescence. HortScience 35: 184-186.
- Karukstis KK, 1991. Chlorophyll fluorescence as physiological probe of the photosynthetic apparatus. En: H. Scheer (ed.). Chlorophylls. CRC Press, Boca Raton, Fla. pp 769-795.
- Khanizadeh S, DeEll J, 2001. Chlorophyll fluorescence: a new technique to screen for tolerance of strawberry flowers to spring frost. Small Fruit Rev. 1: 61-67.
- Khanizadeh S, DeEll J, Hakam N, 2000. Use of chlorophyll fluorescence to evaluate chilling tolerance in strawberry plants. Acta Hort. 538: 453-455.
- Kodad O, 2006. Criterios de selección y de evaluación de nuevas obtenciones autocompatibles en un programa de mejora genética del almendro (*Prunus amygdalus* Batsch). Tesis Doctoral. Univ. Lérida.
- Kodad O, Socias i Company R, 2005. Daños diferenciales por heladas en flores y frutos y criterios de selección para la tolerancia a heladas en el almendro. Inf. Técn. Econ. Agrar. 101 (4): 349-365.
- Lindgren K, Hällgren JE, 1993. Cold acclimation for *Pinus contorta* and *Pinus sylvestris* assessed by chlorophyll fluorescence. Tree Physiol. 13: 97-106.
- Mazur P, 1969. Freezing injury in plants. Annu. Rev. Plant Physiol. 20: 419-448.
- McAlister ED, Meyers J, 1940. The time-course of photosynthesis and fluorescence observed simultaneously. Smithsonian Institute Miscellaneous Collection 99: 1-37.
- Miranda C, Santesteban LG, Royo JB, 2005. Variability in the relationship between frost temperature and injury level for some cultivated *Prunus* species. HortScience 40: 357-361.
- Proebsting EL, Mills HH, 1978. A synoptic analysis of peach and cherry flower bud hardiness. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103: 842-845.
- Sakai A, Laracher W, 1987. Frost survival of plants. Response and adaptation to freezing stress. Springer, New York.
- Simons RK, Doll CC, 1976. Morphological and anatomical response of apples to a late spring frost in relation to stage of fruit development. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101: 315-320.
- Smillie RM, Hetherington SE, 1990. Screening for stress tolerance by chlorophyll fluorescence. En: Y. Hashimoto, H. Nonami, P.J. Kärmer y Strain (eds.): Measurement technique in plant science. Academic Press, San Diego. pp 229-261.
- Snyder RL, Connell J, 1995. Frost protection. En: W.C. Micke (ed.). 1994: Almond orchard management. Univ. Calif. Div. Agric. Sci. Publ. 3364.
- Tijsskens LMM, Otma EC, van Kooten O, 1994. Photosystem II quantum yield as measure of radical scavengers in chilling injury in cucumber fruits and bell peppers. A static, dynamic and statistical model. Planta 194: 478-486.
- Walker MA, Smith DM, Pauls K, McKersie P, 1990. A chlorophyll fluorescence-screening test to evaluate chilling tolerance in tomato. HortScience 25: 334-339.

(Aceptado para publicación el 28 de abril de 2010)

**PREMIOS DE PRENSA AGRARIA 2010  
DE LA  
ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL  
PARA EL DESARROLLO AGRARIO**

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

Los premios se regirán de acuerdo a las siguientes

**BASES**

1. Podrán concursar todos los artículos que versen sobre cualquier tema técnico-económico-agrario.
2. Los artículos que podrán acceder al premio serán todos aquellos que se publiquen en ITEA en el año 2010. 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 2009-10-11

CIHEAM

	CURSOS	FECHAS	LUGAR	ORGANIZACIÓN
PRODUCCIÓN VEGETAL	* OLIVICULTURA Y ELAIOTECNIA	25 Sep. 09/26 Mayo 10	Córdoba	UCO/JA/CSIC/COI/ INIA/IAMZ
	SALINIDAD DE SUELOS EN LOS SISTEMAS AGRARIOS: IMPACTO Y GESTIÓN	26-31 Oct. 09	Zaragoza	IAMZ/UE-Proyecto Qualiwater
	ALIMENTOS FUNCIONALES: BASES CIENTÍFICAS Y OPORTUNIDADES PARA EL SECTOR AGROALIMENTARIO	15-19 Feb. 10	Zaragoza	IAMZ/Proyecto Consolider Fun-C-Food
	APLICACIONES DE LA BIOINFORMÁTICA EN MEJORA VEGETAL	12-16 Abr. 10	Zaragoza	IAMZ
	* MEJORA GENÉTICA VEGETAL	4 Oct. 10/10 Jun. 11	Zaragoza	IAMZ/UdL
PRODUCCIÓN ANIMAL	* NUTRICIÓN ANIMAL	5 Oct. 09/11 Jun. 10	Zaragoza	IAMZ/UZ/FEDNA/ UPM
	* MEJORA GENÉTICA ANIMAL Y BIOTECNOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN	5 Oct. 09/30 Jun. 10	Valencia/ Barcelona	UPV/UAB/IAMZ/ IVIA/INIA/IRTA/ AGROALIMED
	PRODUCCIÓN CAPRINA	8-19 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	9-13 Mayo 11	Zaragoza	IAMZ

(\* **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: 09-10; 11-12; 13-14
- NUTRICIÓN ANIMAL: 09-10; 11-12; 13-14
- MEJORA GENÉTICA ANIMAL Y BIOTECNOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN: 09-10; 11-12; 13-14
- PLANIFICACIÓN INTEGRADA PARA EL DESARROLLO RURAL Y LA GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE: 10-11; 12-13; 14-15
- MARKETING AGROALIMENTARIO: 09-10; 11-12; 13-14
- ACUICULTURA: 10-11; 12-13; 14-15

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 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 2010. El plazo de inscripción para el curso de Olivicultura y elaiotecnica finaliza el 15 de Abril 2011. El plazo de inscripción para los cursos de Nutrición animal, Mejora genética animal y biotecnología de la reproducción y Marketing agroalimentario finaliza el 3 de Mayo 2011. 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
<b>MEDIO AMBIENTE</b>	EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA DESERTIFICACIÓN Y DE LA VULNERABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE USO DEL SUELO	28 Sep./3 Oct. 09	Zaragoza	IAMZ/UE-Proyecto DeSurvey
	PREDICCIÓN DE LA DESERTIFICACIÓN A MEDIO PLAZO	18-23 Ene. 10	Zaragoza	IAMZ/UE-Proyecto DeSurvey
	ACUÍFEROS COSTEROS PARA RIEGO Y ABASTECIMIENTO: USO SOSTENIBLE Y ACTUACIONES DE REMEDIACIÓN	22-27 Mar. 10	Zaragoza	IAMZ
	GESTIÓN ADAPTATIVA DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES MEDITERRÁNEOS AL CAMBIO CLIMÁTICO	10-15 Mayo 10	Zaragoza	IAMZ
	* 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
<b>COMERCIALIZACIÓN</b>	* MARKETING AGROALIMENTARIO	5 Oct. 09/11 Jun. 10	Zaragoza	IAMZ
	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
<b>PESCA Y AGRICULTURA</b>	ESTABLECIMIENTO Y GESTIÓN DE ÁREAS MARINAS PROTEGIDAS DE INTERÉS PESQUERO	8-13 Mar. 10	Zaragoza	IAMZ/MARM-SGM
	NUEVAS PERSPECTIVAS PARA LAS CADENAS DE COMERCIALIZACIÓN EN PESCA ARTESANAL Y ACUICULTURA A PEQUEÑA ESCALA	26-30 Abr. 10	Zaragoza	IAMZ/FAO/MARM-FROM
	MEJORAS TECNOLÓGICAS EN ARTES DE PESCA PARA UNA GESTIÓN SOSTENIBLE	14-18 Jun. 10	Zaragoza	IAMZ
	* 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
	MONITORIZACIÓN DE LOS EFECTOS AMBIENTALES DE LA ACUICULTUR	23-27 Mayo 11	Murcia	IAMZ/CAA-CARM

**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](http://www.iamz.ciheam.org)



ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL  
PARA EL DESARROLLO AGRARIO

# itea

Información Técnica Económica Agraria

## CONCESIÓN DEL PREMIO PRENSA AGRARIA 2009 DE AIDA

### **Presidente**

Ricardo Revilla Delgado

### **Vocales**

José Luis Arrúe Ugarte  
Dunixi Gaviña Iturriaga  
José González Bonillo  
Blas Valero Garcés

### **Secretario**

Juan A. Marín Velázquez

Reunido el Jurado del Premio 2009 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. José Luis Arrúe Ugarte, 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 disculpa 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 2009 al siguiente:

**Premio "Prensa Agraria":** "Evaluación de la eficacia del programa de monitorización de las poblaciones de vectores de lengua azul, *Culicoides imicola* Kieffer, 1913 y complejo *Culicoides obsoletus* Meigen, 1818 (Diptera: Ceratopogonidae), en España" siendo sus autores C. Calvete, R. Estrada, M.A. Miranda, R. Del Rio, D. Borrás, L. Garrido, B. Muñoz, L.J. Romero y J. Lucientes.

Zaragoza 14 de Mayo de 2010

**INSCRIPCIÓN EN AIDA**

\* Si desea Ud. pertenecer a la Asociación, rellene la ficha de inscripción así como la carta para la domiciliación del pago de la cuota de asociado y envíelas a AIDA Avda. Montañana 930. 50059 Zaragoza.

El abajo firmante solicita su inscripción como miembro de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario.

Apellidos..... Nombre.....  
Dirección postal .....  
Teléfono .....  
Profesión..... Empresa de trabajo.....  
Área en que desarrolla su actividad profesional .....

CUOTA ANUAL: Firma.

ITEA 40 €

**FORMA DE PAGO:**

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Cargo a cuenta corriente o libreta | <input type="checkbox"/> Cargo a tarjeta |
| <input type="checkbox"/> Cheque bancario                    | <input type="checkbox"/> VISA            |
| Tarjeta número:   | <input type="checkbox"/> MASTERCARD      |

□□□□□□□□□□□□□□□□

Fecha de caducidad:     /

SR. DIRECTOR DE.....

Muy Sr. mío:

Ruego a Vd. se sirva adeudar en la cuenta cte./libreta n.º..... que matengo en esa oficina, el recibo anual que será presentado por la "Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario".

Atentamente,

Firmado:

BANCO O CAJA DE AHORROS: .....

SUCURSAL: .....

DIRECCIÓN CALLE/PLAZA: ..... N.º .....

CÓDIGO POSTAL: .....

POBLACIÓN: .....

