ISSN: 1130-6009

ITEA

PRODUCCIÓN ANIMAL

Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario

2001 – Vol. 97A N.º 2



ITEA

Información Técnica Económica Agraria
Revista de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario

2001 - AÑO XXXII
Vol. 97A N.º 2

DIRECCIÓN Y REDACCIÓN
Montañana, 176 - Apartado 727
50080 ZARAGOZA (ESPAÑA)
Tel.: 34-976 576311
Fax.: 34-976 575501
E-mail: enotivol@aragob.es
andreu@eead.csic.es
cmmarin@aragob.es

Depósito legal: Z-577-82
ISSN: 1130-6009
INO Reproducciones. S.A.
Polígono Miguel Servet. nave 13
50013 Zaragoza

COMITÉ DE REDACCIÓN

DIRECTOR: Eduardo Notivol Paino
SUBDIRECTOR: Joaquín Uriarte Abad
SECRETARIAS: Serie Producción Vegetal: Pilar Andreu Puyal
Serie Producción Animal: Clara Marín Alcalá
VOCALES: José Álvarez Álvarez
Rafael Delfa Belenguer
Joaquín Gómez Aparisi
Emilio Manrique Persiva
José Luis Alabart Álvarez
Juan A. Marín Velázquez
Azucena Gracia Royo
M.ª Dolores Quílez Sáez de Viteri
Carlos Zaragoza Larios
Pere Alberti Lasalle

JUNTA DIRECTIVA DE A.I.D.A.

PRESIDENTE: Leonardo Plana Claver
VICEPRESIDENTES: 1.º Emilio Manrique Persiva
2.º Rafael Socias i Company
SECRETARIO: José Álvarez Álvarez
TESORERO: Joaquín Uriarte Abad
VOCALES: José Folch Pera
Ignacio Delgado Enguita
Ricardo Revilla Delgado
Joaquín Gómez Aparisi
Antonio Felipe Mansergas
Pere Alberti Lasalle
Dunixi Gabiña Iturriaga

Prohibida toda reproducción total o parcial sin autorización expresa
de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario. editor titular del Copyright.

ITEA no se responsabiliza necesariamente con las opiniones vertidas en los artículos firmados
que publica, cuya responsabilidad corresponde a sus autores.

Suscripciones y Distribución

Información Técnica Económica Agraria publica tres números en volumen. En 2001 se publicarán los volúmenes 97A y 97V correspondientes a las series Producción Animal y Producción Vegetal.

El precio de la suscripción para 2001 será de 4.000 ptas. ó 24€ para una serie y de 5.500 ptas. ó 33€ para las dos series.

Se acepta el intercambio con otras revistas.

ITEA. Apartado 727. 50080 Zaragoza (ESPAÑA)

ITEA (2001), Vol. 97A N.° 2, 89-103

EVALUACIÓN FINANCIERA DE EXPLOTACIONES ACUÍCOLAS EN ESPAÑA

F. Vidal Giménez, J.M. Murcia Díaz

División de Economía, Sociología y Política Agraria,
Universidad Miguel Hernández, E.P.S.O.,
Carretera de Beniel, km 3,2, 03312 Orihuela, Alicante,
España, tel.: 96 674 96 37, e-mail: fvidal@umh.es

RESUMEN

La explotación de especies de interés acuícola es una actividad practicada desde la antigüedad. En la actualidad esta actividad, gracias a los estudios que tanto en lo relativo a la cría y engorde de estas especies, como a la evolución en las instalaciones y en los temas relativos a la hidráulica, se ha convertido en una magnífica oportunidad de inversión en el sector agropecuario. Además la explotación de los mares y océanos es otro de los muchos argumentos, ya no económicos, que justificaría su desarrollo. Pese a ello, no es usual encontrar estudios sobre la rentabilidad o la viabilidad económica de estas explotaciones, y mucho menos actualizados, por lo que pretendemos aportar algunos índices o parámetros que permitan acometer determinadas inversiones en este sector con ciertas garantías, el cual creemos que tiene un gran potencial de futuro. Para ello, emplearemos los criterios que usualmente se utilizan para evaluar la rentabilidad de una inversión: VAN, TIR, Payback y Ratio Beneficio Inversión, completándose éstos con un análisis de sensibilidad.

Palabras clave: Inversión, Acuicultura, Rentabilidad, Elasticidad, Beneficio.

SUMMARY
FINANCIAL EVALUATION OF FISH FARMS IN SPAIN

The fish farming is an activity practiced from antiquity. Nowadays this activity, due to all the studies either related with the development and enlarging of this species or the evolution of the facilities and the hydraulic subject, it becomes a very good investment opportunity in the agrifood sector. Moreover the overexploitation of seas and oceans is other of very much arguments, not economical, that justify its development. However, it's not usual to find studies about profitability and economical viability of these species, and by no means up to date, so we pretend to give some indexes or parameters that they allow to face many investments in this sector with guarantees, which we think that has a very good future. For that, we'll use the usual criteria in order to evaluate the profitability of an investment: VAN, TIR, Payback and Profit Investment Ratio, completed these with an elasticity analysis.

Key words: Investment, Fish farming, Profitability, Elasticity, Profit.

Introducción

La actividad acuícola se ha practicado en nuestro planeta desde la antigüedad, teniéndose constancia de técnicas de cría de peces en la China Imperial o durante el antiguo Imperio Romano, aunque no es hasta finales del siglo pasado cuando resurge con fuerza esta actividad, comenzando a instalarse las primeras piscifactorías tanto en Europa como en España (BERNABÉ, 1991). Se trataba generalmente de pequeños embalses donde se intentaba controlar el crecimiento de los peces, utilizando para ello zonas naturales idóneas para esa cría sin una modificación profunda del terreno, generalmente instalaciones extensivas y con fuerte apoyo estatal.

Con el desarrollo tecnológico, industrial y científico se aumentaron los recursos disponibles y los conocimientos biológicos de las especies criadas y de la ingeniería hidráulica, produciéndose un avance hacia una piscicultura de consumo, con producciones importantes de pescado y todo lo que ello implica: creación de empleo, riqueza económica, desarrollo comercial, etc.

Actualmente la acuicultura produce anualmente el equivalente al 20% de todas las capturas pesqueras que se producen en el mundo (BUXADÉ, 1998). Este porcentaje se incrementa cada año, en parte por el aumento gradual de la productividad de estas explotaciones, pero también por el constante empobrecimiento de los recursos marinos procedentes de la pesca, los cuales cada vez se ven más afectados en cantidad y calidad debido principalmente a la sobreexplotación de los mares y océanos de nuestro planeta.

La acuicultura, pues, se presenta como una actividad mercantil con unas alentadoras expectativas de futuro, con una gran proyección económica y empresarial, pese a lo cual cabe reseñar la escasez de datos e información de temática económica que, referente a los productos obtenidos de las técnicas acuícolas, existe actualmente. Las estadísticas del sector no constituyen una información fiable para el estudio económico de una empresa que pretenda introducirse en el sector debido a su desfase temporal y a la rápida evolución de las mismas, aunque cabe destacar la reciente publicación por parte del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación del *Libro Blanco de la Acuicultura* (M.A.P.A., 1999).

La existencia de una información más actualizada evitaría en parte el riesgo empresarial que supone comenzar una actividad económica sin un conocimiento previo de las previsiones de producción de la competencia, precio del producto en los mercados, cantidad total producida, etc., lo suficientemente profundo y documentado, lo que unido a posibles errores de planificación (elección de especies, localización, expectativas comerciales), motivados todos ellos por falta de información económica (estudios de mercado, de comercialización, de distribución, etc.) puede provocar cierta reticencia por parte del empresario a la hora de acometer nuevas inversiones.

El presente estudio parte con el objetivo de aportar información actual en la evaluación financiera de aquellas especies con más tradición de cría por técnicas de acuicultura en España, estudiando por separado la rentabilidad de la cría de cada una de estas especies, para posteriormente comparar las especies de un mismo grupo taxonómico entre sí, partiendo de aquellos factores económico-financieros que puedan afectar a la rentabilidad real de una explotación acuícola: la situación actual de esa especie, la producción total, la competencia, la comercialización, etc.

Situación actual de la acuicultura en España

La acuicultura española se ha basado tradicionalmente en la cría de dos especies: la trucha arcoiris y el mejillón, este último principalmente en las rías gallegas en estructuras denominadas bateas, donde nuestro país se ha situado a la cabeza de la producción mundial de esta especie en los últimos años. Por su parte, la trucha arcoiris se cría en estanques de cemento en los cursos altos de los ríos, de manera intensiva, habiendo alcanzado el techo de la producción con cerca de 25.000 toneladas al año, siendo ya un mercado maduro.

Las principales especies criadas en España son: la dorada, la lubina y el rodaballo entre los peces marinos, tanto en granjas en tierra, cemento, material plástico o, sobre todo, en jaulas flotantes; langostino entre los crustáceos; y almeja y ostra entre los moluscos, criados en bateas, estructuras *long-line* u otros tipos de estructuras flotantes.

Además resultan muy interesantes, y se encuentran en vías de implantación, las vieiras (molusco), bogavante (crustáceo), el salmón y la anguila; en fase de investigación la langosta (crustáceo), berberechos en parques de cría, pectínidos, y de forma emergente el pulpo, debiendo mencionarse también el besugo. En la zona mediterránea y sudatlántica pueden desarrollarse en los próximos años el atún rojo, el dentón y el lenguado. Se aprecia, pues, una clara apuesta por el medio marino, medio que ha experimentado un enorme desarrollo y donde se espera la mayor evolución de nuestra acuicultura en los próximos años (BUXADÉ, 1998).

Señalar otra especie continental como la tenca, que se cría en lagunas y embalses en Extremadura. Con carácter minoritario se produce cangrejo, carpa a nivel local en Baleares y esturión en la cuenca del Guadalquivir.

La producción acuícola española en 1998 fue superior a las 313.000 toneladas, lo que supone el 24% de la producción pesquera total de nuestro país. A nivel mundial cabe destacar que la acuicultura española ese mismo año representa el 3% de la producción total, ocupando el puesto 14 del ranking mundial y suponiendo el 25% de la producción europea (M.A.P.A., 1999).

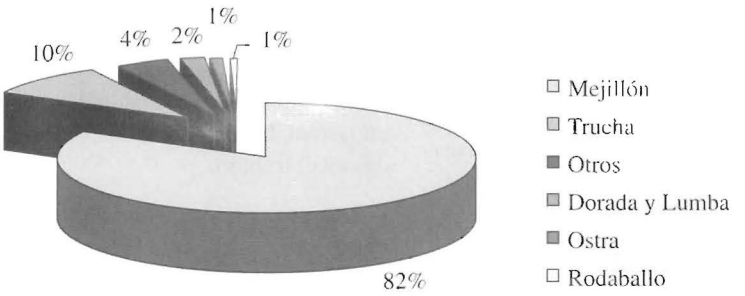


Figura 1. Producción acuícola española en 1998.
Figure 1. Spanish aquiculture production in 1998.

Fuente: M.A.P.A., 1999.
Source: M.A.P.A., 1999.

Material y métodos

Antes de comenzar con el análisis financiero propiamente dicho, señalar la escasa importancia prestada a los aspectos económicos, tanto en estudios acuícolas bibliográficos como experimentales, lo que hace que la información referida a este tema sea mínima, cuando no un poco desfasada. Los datos que figuran en el presente análisis provienen de precios actualizados, obtenidos tras consultar con diferentes empresas privadas que emplean las técnicas más modernas en la gestión de estas explotaciones (datos referidos a 1999) y que figuran en el Directorio Español de Acuicultura publicado por el Centro de Información y Documentación Científica perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (C.I.N.D.O.C., 1999). Cabe destacar la excelente respuesta que desde el sector se dio a la petición de información, ya que de las empresas que figuran en el Directorio el noventa por ciento nos remitió sus listados de precios (catálogos), quizás al ser ésta una actividad en expansión donde todavía el número de empresas presentes en el sector no es muy elevado. Se observó una gran homogeneidad de precios entre empresas del mismo sector de actividad, así como la inexistencia de monopolios o de empresas que ejercieran un poder dominante en el mercado (vía precios).

Los precios utilizados en el trabajo son la media de los precios de todas las empresas del territorio nacional, sin distinguir la ubicación (al escaparse del objeto del presente trabajo). Así, a partir de estos, se han calculado los principales costes de una empresa dedicada a la actividad acuícola: alimentación, instalaciones, alevines o larvas, maquinaria, herramientas o utensilios específicos de la actividad: bombas, tuberías, válvulas, etc.

Añadir también que la técnica utilizada para la cría de cada especie y elegida para nuestro estudio no es la única; en efecto, se podrían hacer tantos estudios económicos como técnicas de cultivo existen, lo que excedería nuestro propósito, al igual que se ha elegido según la especie el sistema de cría empleado mayoritariamente por las empresas del sector, o en su caso el que consideramos que dado el desarrollo experimentado puede acabar imponiéndose (MURCIA, 1999).

En cuanto a la mecánica elegida para la obtención de los diferentes parámetros de rentabilidad ha sido la siguiente (RUIZ y RUIZ, 1991; PILLAY, 1997; BUXADÉ, 1998):

1. Determinar el número de instalaciones necesarias para la cría de la especie en cuestión atendiendo a sus datos biológicos más importantes: velocidad de crecimiento, densidad máxima de cría, índice de conversión, etc., así como a las dimensiones de las instalaciones.

2. Calcular los costes totales de la instalación (a partir de precios medios de las empresas consultadas como ya se ha comentado), diferenciando entre inversión inicial y costes de mantenimiento. Una vez dimensionada la explotación se han calculado los costes de inversión inicial, evidentemente, estos varían mucho según la especie, ya que dependen de la técnica de cría utilizada, y son los que provocan resultados tan dispares en la rentabilidad de las especies comparadas en el trabajo.

Los principales costes de inversión para las instalaciones en tierra son: compra o alquiler del terreno, proyecto técnico, mano de obra en la instalación y/o construcción, construcción de la nave, laboratorio, oficinas, zona de empaquetado y cámara frigorífica (costes de la instalación en tierra). Además, aquellas explotaciones continentales

(agua dulce) o marinas (agua salada) que requieran estanques en tierra firme necesitarán: estanques de tierra, cemento o material plástico, mano de obra en la instalación y/o construcción, terreno de estanques e instalaciones hidráulicas. Las explotaciones marinas con instalaciones en el mar necesitarán: barco, lancha motora o barco auxiliar, material de balizamiento, mano de obra en la instalación, instalaciones flotantes (bateas, jaulas flotantes, *long-line*) y el sistema de anclaje. Los costes de mantenimiento son similares para todas las explotaciones, salvo algunas excepciones, y entre otros podríamos señalar: larvas, salarios, alimentación, seguros, mantenimiento, suministros, comercialización, amortización, patología, amortización del préstamo y alquileres.

3. Se suponen unas características comunes a todas las explotaciones para permitir una homogeneización de los datos de cada especie y dotar así de significado a la comparación entre rentabilidades:

3.1. La producción total anual es un factor determinante para el cálculo de las instalaciones, y los costes iniciales y de mantenimiento están íntimamente ligados a ésta. En la literatura especializada en la materia se ofrecen distintos valores de referencia tanto para la producción total óptima como para los diferentes costes (RUIZ y RUIZ, 1991; PILLAY, 1997; BUXADÉ, 1998), optando en nuestro caso por una producción total anual que proporcione unos ingresos de 90.000.000 pesetas (540.908,94 €), pues, dado los altos requerimientos de inversión inicial y de costes de mantenimiento, esta cantidad nos permitirá comparar explotaciones que sean rentables económicamente y homogeneizar los datos de tal modo que la comparación entre especies no esté distorsionada.

3.2. Se asumen cifras similares para aquellos gastos comunes a cualquiera de estas empresas: luz, teléfono, mobiliario, informática, etc., mientras que los únicos costes diferentes entre especies serán aquellos imputables directamente a la cría de cada especie en concreto.

3.3. En cuanto a la inversión inicial, se considera la solicitud de un préstamo por el 50 por ciento del valor total de la inversión inicial, valor del ratio de endeudamiento o grado de independencia de la empresa considerado como óptimo (SEGURA, 1996; VIDAL *et al.*, 1999). Se toma un 6% de interés anual (TAE), acorde a los niveles actuales de mercado, siendo el plazo de devolución de 10 años (se considera un sistema de devolución mediante cuota de amortización constante). Además, es éste un sector que recibe un fuerte apoyo de la Unión Europea, lo que atendiendo a experiencias pasadas nos permite contar con una subvención de capital de la política comunitaria estimada en el treinta por ciento de la inversión inicial.

3.4. Se supone una vida útil de 10 años para todas aquellas explotaciones cuyas instalaciones estén situadas en el mar o sean de un material plástico (P.V.C.). Por el contrario, en aquellas explotaciones cuyos estanques sean de cemento se supondrá una vida útil de 25 años. Esta diferencia se debe a que los costes de construcción son mucho mayores en el caso del cemento, aunque también es mucho mayor su resistencia y duración en comparación con las instalaciones marinas o plásticas, que se desgastan mucho antes, siendo estas cifras (10 y 25 años) las recomendadas por los propios fabricantes.

3.5. La tasa de actualización utilizada ha sido del 5 por ciento (valor del MIBOR a largo plazo). Además en contextos inflacionistas parece lógico pensar en no utilizar el valor monetario como referencia sino el valor real (corriente real de flujos de caja);

en efecto, la inflación es un proceso de crecimiento de precios que afecta a todos los productos y factores productivos, aunque no todos con la misma intensidad (Segura, 1996), por lo que para hacer más realista el análisis se ha considerado una tasa de inflación del dos por ciento, una tasa de crecimiento de los cobros del dos por ciento y de los pagos del uno y medio por ciento.

4. Para el cálculo del precio de venta en las diferentes especies se ha seguido la evolución del precio de venta del productor en los últimos años (M.A.P.A., 1999):

4.1. Entre los moluscos, el mejillón mantiene un precio estable durante todo el año rondando las 300 ptas./kg (1,8 €/kg). Al tratarse de un mercado estable y maduro se espera únicamente una subida mínima, para mantener el poder adquisitivo de los productores. La ostra no ha sufrido cambio alguno en su precio de mercado en los últimos 5 años, el cual depende de la talla del molusco (60-70 ptas./ostra) (0,36-0,42 €/ostra). Vieira y almeja son especies que empiezan a desarrollarse en España y no han alcanzado un valor de mercado estable, oscilando entre 125-175 ptas./vieira (0,75-1,05 €/vieira) y 500-700 ptas./kg de almeja (3-4,2 €/kg). En general los moluscos presentan tendencia alcista.

4.2. En los peces de agua dulce la trucha se ha estabilizado en torno a las 300 ptas./kg (1,8 €/kg), con un ligero aumento de precios en verano. Anguila y salmón presentan precios más elevados, en torno a las 2.500-3.000 ptas./kg (15,02-18,03 €/kg) y las 1.000 ptas./kg (6,01 €/kg) respectivamente, aunque su futuro se presenta más complicado, esperándose una bajada de los precios, sobre todo en la anguila.

4.3. En cuanto a los crustáceos, al estar menos desarrollada su comercialización se debe recurrir a los precios en Lonja y a las importaciones. Así el bogavante y la langosta tienen un precio entre las 3.000-7.000 ptas./kg (18,03-42,07 €/kg) y 4.000-8.000 ptas./kg (24,04-48,08 €/kg) respectivamente, oscilando según la época del año. El langostino varía entre las 1.000-3.000 ptas./kg (6,01-18,03 €/kg), aumentando su precio en época navideña.

4.4. En los peces marinos los precios en los primeros años de cultivo eran elevados, aunque posteriormente conforme aumentó la producción se fueron reduciendo hasta que el mercado se estabilizó, y las oscilaciones a la baja en dorada y lubina, y al alza en el rodaballo, han sido muy pequeñas. La dorada se ha estabilizado en torno a las 1.250 ptas./kg (7,5 €/kg), el rodaballo en las 1.600 ptas./kg (9,61 €/kg) y la lubina en 1.450 ptas./kg (8,71 €/kg). Las larvas de dorada se venden en el mercado a 68 ptas./unidad (0,4 €/unidad), las de rodaballo a 85 ptas./unidad (0,51 €/unidad) y las de lubina a 75 ptas./unidad (0,4 €/unidad). Se aprecia una tendencia clara al aumento paulatino de estos precios al incrementarse cada año la cantidad demandada.

5. Por último, señalar que aunque hay especies como el langostino, la langosta, el bogavante, la almeja, la vieira y el salmón que se crían de manera experimental, en plantas-piloto, o que se ha intentado su cría y se ha abandonado por problemas técnicos o biológicos, este trabajo pretende evaluar aquellas especies que pueden actualmente o en un futuro próximo ser las más producidas en España, dadas sus características físicas y climáticas. En todos los casos se ha supuesto que la gestión es correcta y que no hay problemas patológicos, comerciales, medioambientales, etc., que reduzcan los beneficios en la explotación. Estos problemas, desgraciadamente, son inevitables en la realidad, y hay que tenerlos presentes cuando se quiera hacer una instalación.

Con todas estas consideraciones de partida se ha realizado el estudio económico de cada especie, calculando la rentabilidad de las diferentes explotaciones, utilizando diferentes parámetros financieros: Valor Actual Neto de la inversión (VAN), Tasa Interna de Rendimiento (TIR), *Payback* o Plazo de Recuperación (PR) y Ratio Beneficio Inversión (RBI). A modo de breve resumen, señalar que el Valor Actual Neto de una inversión es la diferencia entre la suma del valor equivalente de los flujos de caja en el instante inicial de la inversión (año 0) y el pago de la inversión (SEGURA, 1996), mientras que la Tasa Interna de Rendimiento podría considerarse como la eficiencia marginal del capital (ROMERO, 1988), siendo la tasa de actualización que hace el VAN cero: en efecto, esta tasa es la rentabilidad (interés) que efectivamente estamos exigiendo a nuestra inversión. El Ratio Beneficio Inversión se define como el cociente entre el VAN y el pago de la inversión, es decir, cantidad recuperada por peseta invertida. Junto a estos criterios, aparece el Plazo de Recuperación, que en sentido estricto no es un índice de rentabilidad, pero es una medida de la liquidez de la empresa, siendo el tiempo (generalmente años) que tarda en recuperarse la inversión (MARCO *et al.*, 1998).

Cuadro 1. Índices de rentabilidad para diferentes especies y explotaciones acuícolas en España en 1999

Table 1. Profitability indixes for different species and fish farms in Spain in 1999

Especie	K (ptas.)	VAN (ptas.)	PR (años)	TIR (%)	RBI
Ostra	58.097.000	139.083.310	5	33,77	2,39
Mejillón	65.795.000	180.104.000	4	38,08	2,74
Vieira	53.816.000	138.820.480	5	34,73	2,58
Almeja	25.406.000	159.206.020	4	48,69	5,27
Langostino	71.507.000	222.142.520	2	90,98	3,11
Langosta	76.001.000	130.691.300	5	29,29	1,72
Bogavante	105.300.000	85.265.570	6	20,11	0,82
Trucha	69.587.000	217.412.590	7	20,18	3,12
Anguila	44.379.000	346.825.910	5	30,66	7,82
Salmón	80.607.000	318.524.660	6	24,30	3,95
Larva de lubina	70.297.000	225.447.700	2	92,98	3,21
Larva de dorada	88.556.000	205.709.940	2	73,56	2,32
Lubina	54.206.000	75.965.510	6	25,27	1,40
Dorada	50.329.000	86.367.830	6	27,84	1,72
Rodaballo	51.691.000	157.820.310	4	38,04	3,05

K = Pago de la Inversión; VAN = Valor Actual Neto; TIR = Tasa Interna de Rendimiento; PR = Plazo de Recuperación; RBI = Ratio Beneficio Inversión.

K = Investment expenditure; VAN = Net current value; TIR = Internal rate of return; PR = Payback; RBI = Ratio Profit Investment.

Fuente: Elaboración propia.

Source: Own elaboration.

De manera concisa, señalar que serán aceptadas aquellas inversiones cuyo VAN y RBI sean mayores que cero y su TIR sea mayor que la tasa de actualización, siendo preferibles aquellas inversiones con mayores valores para estos parámetros. A igualdad de índices siempre serán preferibles inversiones con menor Plazo de Recuperación.

El uso de estos parámetros nos permite la comparación entre especies y puede servir de guía a la hora de acometer nuevas inversiones en el sector, sin olvidar, también, la existencia de factores externos que influyen de forma determinante en la rentabilidad de estas inversiones: situación del mercado, comercialización, producción de terceros países, etc.

Resultados

Antes de comenzar con los resultados conviene señalar que a la hora de comparar entre especies, indicadores de rentabilidad absoluta como el VAN pueden no ser los mejores indicadores para establecer una priorización de las mismas (dependencia de parámetros externos a la inversión; Segura, 1996), al igual que ocurre con el Plazo de Recuperación (al ser más una medida de la liquidez de la inversión, como ya se ha comentado) por lo que utilizaremos como elemento de comparación y ordenación indicadores de rentabilidad relativa: TIR y RBI (aunque también se incluyen los valores de estos indicadores como información adicional y complementaria).

La comparación de rentabilidades se ha hecho por especies y forma de cría (cuadro 1), además de completarse con un análisis de sensibilidad de las mismas, en el que se puede apreciar la elasticidad media de la TIR de las diferentes especies frente a una variación porcentual de los cobros y los pagos, es decir, de los flujos de caja generados por la inversión (cuadro 2).

El análisis comparativo de rentabilidad se ha realizado separadamente para tres grupos de interés en acuicultura: moluscos, crustáceos y peces (distinguiendo entre cría en estanques y jaulas flotantes).

Análisis de rentabilidad para moluscos

Dentro de los moluscos considerados en el estudio, la almeja se muestra claramente como la especie más rentable (cuadro 1), tanto en términos de TIR, donde la rentabilidad es en torno a un treinta y cinco por ciento superior al resto de especies de este grupo, como de RBI, indicador que dobla al del resto de moluscos, los cuales muestran rentabilidades similares, algo superiores en caso del mejillón. Además de ser la especie más rentable, la almeja presenta una menor elasticidad de la TIR a variaciones de los flujos de caja (0,36), lo que la haría preferible al resto de especies (cuadro 2), las cuales presentan elasticidades similares (en torno a 0,5).

Dentro de los moluscos, pues, vemos que la almeja tiene un futuro muy esperanzador, principalmente debido al sistema de cría utilizado: estanques de tierra, con el menor desembolso inicial de todas las especies estudiadas, además de presentar una baja mortalidad (al estar enterradas y protegidas con mallas especiales anti-parásitos) y una elevada aceptación gastronómica en el mercado. El mejillón es el segundo molusco en cuanto a parámetros de rentabilidad, aunque las producciones en España son actualmente muy elevadas, con los consiguientes problemas de comercialización, problemas que se agravan dada la concentración de la produc-

Cuadro 2. Análisis de sensibilidad de la TIR a la variación de flujos de caja para diferentes especies y explotaciones acuícolas en España en 1999 (variaciones porcentuales)
Table 2. Sensivity analysis of TIR to cash flow variations for different species and fish farms in Spain in 1999 (percentage variation)

	Variación de los flujos de caja (%)								
Especie	-20	-15	-10	-5	5	10	15	20	e.m.
Ostra	-11,21	-8,17	-5,31	-2,59	2,46	4,82	7,07	9,24	0,50
Mejillón	-10,92	-7,95	-5,16	-2,51	2,39	4,67	6,84	8,92	0,49
Vieira	-10,89	-7,95	-5,16	-2,51	2,40	4,69	6,68	8,99	0,49
Almeja	-8,02	-5,85	-3,79	-1,85	1,76	3,44	5,05	6,59	0,36
Langostino	-17,32	-12,80	-8,41	-4,15	4,04	7,97	11,80	15,54	0,82
Langosta	-12,77	-9,31	-6,05	-2,95	2,81	5,50	8,07	10,53	0,57
Bogavante	-17,18	-12,54	-8,15	-3,97	3,79	7,43	10,91	14,25	0,78
Trucha	-8,93	-6,24	-4,11	-2,01	1,93	3,62	5,25	6,80	0,37
Anguila	-6,50	-4,72	-3,05	-1,48	1,40	2,73	3,99	5,19	0,28
Salmón	-8,17	-5,94	-3,85	-1,87	1,77	3,46	5,06	6,60	0,36
Larva de lubina	-17,17	-12,68	-8,33	-4,11	4,00	7,89	11,68	15,38	0,81
Larva de dorada	-18,82	-13,94	-9,17	-4,53	4,42	8,74	12,96	17,09	0,90
Lubina	-13,56	-9,91	-6,45	-3,15	3,01	5,90	8,68	11,36	0,61
Dorada	-12,67	-9,26	-6,03	-2,94	2,82	5,52	8,12	10,62	0,57
Rodaballo	-10,25	-7,47	-4,84	-2,36	2,24	4,39	6,43	8,39	0,46

e.m. = Elasticidad media.
e.m. = Medium elasticity.
Fuente: Elaboración propia.
Source: Own elaboration.

ción en las rías gallegas (95% por ciento del total nacional), lo que puede provocar problema de saturación de explotaciones en estas zonas, con el consiguiente impacto ecológico de las bateas sobre el fondo marino. Estaríamos ante el único molusco cuyo mercado se puede considerar maduro y cercano a la saturación, lo que aconsejaría la apertura hacia nuevos mercados, principalmente internacionales.

La rentabilidad del mejillón se explica en un gasto nulo en toda la fase de engorde si las bateas están situadas en una zona marina con abundancia de zooplancton y fitoplancton, práctica que puede suponer un ahorro en los gastos anuales de hasta el 30%. Es además, junto a las vieiras, en épocas de capturas elevadas, la única producción intensiva de acuicultura que aún es capaz de abastecerse de alevines procedentes del medio natural, lo que supone, de nuevo, un ahorro importante respecto a la compra de éstas en criaderos especializados. La mortalidad en esta especie está prácticamente controlada, dada la tradición de su cultivo y la existencia de gran variedad de estudios sobre su cría, lo que redunda en una reducción en las necesidades de mano de obra cualificada dada la mayor sencillez de su cría respecto a otras especies.

La vieira muestra una rentabilidad ligeramente superior a la ostra, presentando frente a esta última la ventaja de no requerir ningún gasto en alimentación (al alimentarse por filtración del agua de mar). Las ostras, por su parte, presentan una elevada mortalidad (con unos mayores gastos en salarios y tratamientos), una necesidad de instalaciones mayores dado el sistema de cría (long-line), además de un elevado gasto en larvas provenientes de criaderos especializados (lo que también ocurre en el caso de las vieiras).

Por el contrario, vieiras y ostras son especies gastronómicamente muy apreciadas, con un mercado en el que la demanda supera a la oferta, lo que se traduce en elevadas importaciones procedentes de Francia. Estaríamos, pues, ante unos magníficos sustitutos del mejillón en zonas donde éste presenta una elevada saturación. Creemos, pues, que ambas especies tienen un gran futuro en España, siempre que se profundice en el estudio sobre su elevada mortalidad, poca velocidad de crecimiento o se controlen los posibles problemas patológicos con los oportunos controles sobre la calidad del agua (sobre todo en ostras).

Análisis de rentabilidad para crustáceos

En este caso nos encontramos ante una de las especies más rentables en términos de TIR de todas las estudiadas, el langostino, con una TIR del 91 por ciento, muy superior al del resto de los crustáceos estudiados (en el peor de los casos la triplica). Esta rentabilidad, considerando el RBI, también es superior al del resto de crustáceos, aunque es apreciablemente inferior a ciertos moluscos y peces. Los otros dos crustáceos considerados, la langosta y el bogavante, presentan menores rentabilidades (principalmente este último), tanto en términos de TIR, como de RBI (cuadro 1).

La mayor rentabilidad teórica de esta especie se debe en gran medida a la rapidez de crecimiento del langostino, que cierra su ciclo vital en tan sólo 9 meses; una controlada mortalidad, por lo que se puede llevar a cabo su engorde desde larva a tamaño comercial sin necesidad de comprar alevines ni reproductores (importante ahorro) y la elevada estacionalidad de su consumo (centrado esencialmente en el mes de diciembre). El principal obstáculo que presenta esta especie para su desarrollo en acuicultura no es de tipo económico, sino comercial, la introducción de un langostino asiático denominado *Macrobachium* con características muy similares al langostino y cuya velocidad de crecimiento e índice de conversión son mucho mejores (Pillay, 1997), lo que redunda en un menor precio de venta y puede suponer una fuerte competencia para las producciones nacionales, por lo que sería necesario antes de acometer determinadas inversiones conocer la potencial competencia del *Macrobachium*.

La langosta presenta una menor rentabilidad, dadas las dificultades de su cría, ya que no se ha podido cerrar todavía su ciclo en cautividad. Existe una mortalidad elevadísima, cerca del 98% en la fase de transición desde que deja de alimentarse de las reservas del saco vitelino (4-5 días después de la eclosión del huevo) hasta que se alimenta con zooplancton. Además, las necesidades en tanques de cría y estanques de engorde hacen que la inversión inicial sea bastante elevada, lo cual reduce los beneficios considerablemente. En cuanto a sus ventajas, más que económicas, son su potencial comercial (cubierto actualmente vía importaciones), el contar con una clientela bastante estable, sin olvidar que está considerado el alimento más caro producido

por la acuicultura. Por tanto, una vez solucionado el problema de la supervivencia de larvas, se podrá producir por acuicultura una especie económicamente muy rentable.

La rentabilidad del bogavante se ve reducida, siendo la menor de todo el estudio (cuadro 1), por la gran inversión inicial que requiere (la mayor de todas las especies estudiadas), dado el espacio que cada bogavante necesita para su desarrollo. Elevadas densidades provocan problemas de canibalismo, además de causar numerosas bajas dado lo poderoso de sus pinzas. Durante los dos años que dura el engorde se tienen que mantener aislados, lo que supone un enorme gasto en instalaciones que lastra la rentabilidad de la explotación (CASTELLÓ, 1993).

La ventaja de esta especie es que no existe competencia en España, siendo nuestro principal proveedor EEUU, por lo que si, como es de esperar, se desarrollan nuevas instalaciones más económicas para el engorde, puede convertirse en un alternativa de inversión más atractiva.

Análisis de la rentabilidad para peces

En el caso del engorde de peces vamos a distinguir entre dos posibilidades: engorde en jaulas flotantes (dorada, lubina y rodaballo) y en estaques de cemento (trucha, salmón, anguila y larvas de lubina y dorada). Comenzaremos con el primero de estos sistemas.

Engorde de peces en jaulas flotantes

Entre las especies consideradas para su cría por este sistema destaca como más rentable el rodaballo, tanto en términos de TIR como de RBI (cuadro 1), además de ser la especie menos sensible a variaciones de los flujos de caja, lo que la haría, *a priori*, preferible a la lubina y la dorada (cuadro 2). Esta mayor rentabilidad se explica por la baja mortalidad durante todo el engorde (lo que reduce el gasto en compra de larvas, tratamiento de mortalidades, alimentación, etc.), una velocidad de crecimiento y unos índices de conversión bastante altos, así como unas densidades de cría elevadas, al ocupar poco volumen (peces planos), lo que disminuye las jaulas flotantes necesarias y, por tanto, la inversión inicial. En cuanto a su comercialización, al tratarse de una especie de reciente aparición, la favorable aceptación de la misma y el reducido número de explotaciones, presenta unas perspectivas inmejorables.

La dorada y la lubina presentan valores en los parámetros utilizados similares (algo superiores en el caso de la dorada), aunque en ambos casos, y pese a lo positivo de sus resultados (cuadro 1) su principal problema es la excesiva producción, problema que puede verse agravado en un futuro próximo dado que esta opción (lubina-dorada) ha sido la principal opción elegida por los inversores del sector en España y en la cuenca mediterránea (cría simultánea de ambas especies), dado lo apreciado de sus carnes y los atractivos precios hasta ahora pagados por ellas. Habrá que ver si este aumento de la producción es absorbido por los consumidores, o bien como ha ocurrido en el caso de la trucha y mejillón, se estanca la producción al ser mercados maduros.

Junto a esta problemática común, ambas especies presentan problemas específicos. En el caso de la dorada, los elevados gastos en alevines y alimentación. Para la lubina, las elevadas mortalidades en los primeros estados larvarios, el verse afectadas por numerosas enfermedades durante su engorde y una velocidad de crecimiento lenta.

Cría de peces en estanques de cemento

Dentro de este grupo incluimos tanto la cría de larvas (de lubina y dorada) como el engorde de otras especies: trucha, salmón y anguila.

La cría de larvas aparece como una actividad claramente rentable en términos de TIR (cuadro 1), siendo las especies del presente estudio con mayor valor para este indicador, mientras que en el caso del RBI sus valores son apreciablemente más modestos. Sin embargo, estamos ante especies muy dependientes de la variación en los flujos de caja, tal como indica su elevada elasticidad media (cuadro 2), lo que invitaría a no dejarse guiar sólo por los dos primeros indicadores. La rentabilidad de ambas especies depende, lógicamente, de la evolución comercial de las producciones en las explotaciones de engorde, aunque como ventajas claras de ambas están el presentar un ciclo de vida muy corto (se rentabiliza la inversión desde prácticamente su fase inicial) y unos mínimos gastos de engorde y mantenimiento de larvas (además de ser nulos en cuanto a compra de reproductores).

Como principales inconvenientes (paliados por sus elevadas rentabilidades) estarían: las elevadas necesidades en instalaciones iniciales (tanques para larvas, para zooplancton y fitoplancton, etc.), los elevados gastos en personal cualificado en la cría, así como la necesidad de una nave de grandes dimensiones para albergar todas las instalaciones (HUET, 1993). El futuro de esta cría parece muy favorable (al igual que la de larvas de rodaballo), siempre a la espera del comportamiento del mercado para el tamaño comercial de estas especies.

En cuanto al resto de peces considerados dentro de la cría en estanque de cemento destaca la anguila, con una aceptable rentabilidad en cuanto a TIR, y el valor más alto del ratio Beneficio Inversión (cuadro 1), es decir, el mayor retorno por peseta invertida, lo que la hace una importante especie a considerar, máxime cuando su elasticidad media es también la menor de todas las especies consideradas en el estudio, con una menor dependencia de la variación de cobros y pagos (cuadro 2). Su elevada rentabilidad se explica por la fácil captura de alevines de esta especie en nuestros ríos (disminución de costes), el soportar elevadas densidades, unos gastos de alimentación no muy elevados (con un índice de conversión bajo) y que al no presentar fase de cría disminuyen todos sus gastos inherentes. Su principal inconveniente es la no reproducción en cautividad, lo que hace muy dependiente su cría del abastecimiento de angulas, lo que paliaría en parte esa mayor rentabilidad teórica. Además, al no ser una especie de gran tradición en España habría que incentivar su consumo mediante campañas promocionales, o bajando los precios, antes de comenzar su producción masiva.

El salmón es, dentro de este apartado, la siguiente especie en cuanto a parámetros de rentabilidad (cuadro 1), claramente superiores a los presentados por la trucha, y con un comportamiento respecto a las posibles variaciones de los flujos de caja más que positivos (cuadro 2), aunque sus elevados inconvenientes hacen que apenas existan explotaciones de esta especie en España y que los gastos de producción no permitan una competencia con el salmón noruego (ni en fresco ni en sus posibles variantes procesadas), lo cual es un importante inconveniente comercial para su desarrollo. Los problemas fundamentales para su cría son la necesidad de aguas muy frías para su desarrollo, de las que carece nuestro país, además de que la instalación en ríos o lagos

supone la construcción de estanques de cemento, sistemas de bombeo, conducciones de agua, etc., lo que incrementa mucho la inversión inicial, amén de la competencia comercial de Noruega.

En cuanto a la trucha, fue la primera especie que comenzó a criarse por técnicas de acuicultura hace más de un siglo. Desde entonces, la investigación en las técnicas de cría se ha desarrollado mucho, hasta tal punto que actualmente se ha alcanzado una técnica de cría muy sofisticada, tanto en lo referente a alimentación, como a instalaciones, alevines, etc. Su rentabilidad es de las más bajas dentro de las especies consideradas (cuadro 1), entre otras causas por la saturación del mercado, con un techo en la producción en torno a las 25.000 toneladas anuales, y un elevado número de explotaciones en toda España, con lo que la única solución para su cría, y por tanto más que para decidir la instalación de nuevas instalaciones el reorientar las existentes, es el desarrollo de nuevos productos procesados: trucha ahumada, paté de truchas, trucha eviscerada, trucha en filetes, etc.

A modo de resumen a este extenso punto se presentan ordenadas las diferentes especies consideradas en el estudio por rentabilidad (TIR y RBI) y elasticidad media del TIR respecto a variaciones en los flujos de caja (cuadro 3).

Cuadro 3. Especies acuícolas españolas ordenadas por rentabilidad y elasticidad media frente a variaciones de los flujos de caja en 1999

Table 3. Spanish fish farm species sorted by profitability and medium elasticity by cash flow variations in 1999

TIR	Especie	RBI	Especie	e.m.	Especie
92,98	Larva de lubina	7,82	Anguila	0,28	Anguila
90,98	Langostino	5,27	Almeja	0,36	Almeja
73,56	Larva dorada	3,95	Salmón	0,36	Salmón
48,69	Almeja	3,21	Larva de lubina	0,37	Trucha
38,08	Mejillón	3,12	Trucha	0,46	Rodaballo
38,04	Rodaballo	3,11	Langostino	0,49	Mejillón
34,73	Vieira	3,05	Rodaballo	0,49	Vieira
33,77	Ostra	2,74	Mejillón	0,50	Ostra
30,66	Anguila	2,58	Vieira	0,57	Langosta
29,29	Langosta	2,39	Ostra	0,57	Dorada
27,84	Dorada	2,32	Larva de Dorada	0,61	Lubina
25,27	Lubina	1,72	Langosta	0,78	Bogavante
24,30	Salmón	1,72	Dorada	0,81	Larva de lubina
20,18	Trucha	1,40	Lubina	0,82	Langostino
20,11	Bogavante	0,82	Bogavante	0,90	Larva de Dorada

TIR = Tasa Interna de Rendimiento; RBI = Ratio Beneficio Inversión; e.m. = Elasticidad media.
TIR = Internal rate of return; RBI = Ratio Profit Investment; e.m. = Medium elasticity.
Fuente: Elaboración propia.
Source: Own elaboration.

Conclusiones

En primer lugar, y atendiendo a los resultados obtenidos tras aplicar los principales parámetros del análisis financiero, vemos que no se puede considerar ninguno de los grupos de interés establecido como más rentable que el resto (o menos), ya que como puede apreciarse (cuadro 3), la ordenación por rentabilidad (para las cuatro especies más rentables) incluye en el caso de la TIR: dos peces, un crustáceo y un molusco, mientras que en el caso del RBI, se presentan como más rentables: tres peces y un crustáceo.

Atendiendo a las especies consideradas en cada grupo de interés, sin ánimo de ser exhaustivos, destacan como más rentables la cría de larvas de lubina, la almeja, la anguila y el langostino. En el lado contrario, las especies con peores comportamientos económicos son el bogavante, seguido por la lubina y la dorada.

Junto a estos dos indicadores, como ya hemos comentado en el trabajo, es necesario conocer la sensibilidad de la inversión a variaciones en los parámetros que pueden definir su rentabilidad, plasmada en elasticidad media del TIR a variaciones porcentuales en los flujos de caja, siendo preferibles aquellas inversiones menos dependientes de una variación de los precios, menos sometidas, pues, a problemas de estacionalidad, cosa que ocurre muy marcadamente en el caso del langostino y la cría de larvas. Por el contrario, especies con buenos comportamientos en cuanto a valores del TIR y RBI también presentan una menor sensibilidad a variaciones de los flujos de caja, lo que nos ofrecería otro argumento para apostar por ellas, como es el caso de la anguila y la almeja (cuadro 3).

Junto a la consideración de la rentabilidad, también es importante conocer cual es la situación comercial de los grupos de interés establecidos. A este respecto, dentro de los moluscos la almeja presenta un futuro muy prometedor, al ser su desembolso inicial el menor de todos los estudiados, mientras que la ostra y la vieira son especies muy apreciadas gastronómicamente, con un mercado claramente descompensado del lado de la demanda, lo que también las hace inversiones muy a tener en cuenta. Por el contrario, el mejillón, con un mercado muy localizado y saturado, pese a una aceptable rentabilidad no consideramos que sea una apuesta de futuro.

Considerando los crustáceos y en particular el langostino, pese a su elevada rentabilidad, se enfrenta a una competencia bastante importante por parte del Macrobachium y a una elevada estacionalidad, lo que hace que su inversión deba ser estudiada con cuidado. La langosta, superado el problema de mortalidad de larvas, es una especie de alto potencial comercial, no cubierto actualmente por la producción nacional, mientras que el bogavante es la especie menos rentable del estudio por la gran inversión inicial y el elevado espacio requerido para su engorde.

En el caso del engorde de peces en jaulas flotantes, el rodaballo presenta unas perspectivas inmejorables, al ser una especie de reciente aparición y que ha sido acogida muy favorablemente, mientras que la lubina y la dorada, generalmente en explotación común, se enfrentan a un potencial problema de sobreproducción, lo que nos aconseja esperar a ver como es absorbido por el mercado este aumento de la producción antes de decidirnos por ellas.

Si el engorde es en estanques de cemento, la cría de larvas se configuran como especies de alta rentabilidad, pero también muy sensibles a la variación de cobros y pagos, dependientes siempre del comporta-

miento del mercado para el tamaño comercial de dorada, lubina o rodaballo. Junto a las larvas aparece la anguila, especie que presenta los mejores valores para dos de los parámetros considerados (RBI y elasticidad media), y que con unas adecuadas campañas de promoción y precios ajustados puede ser una alternativa muy a tener en cuenta en un futuro cercano. El salmón y la trucha presentan considerables problemas; el primero, la competencia de las importaciones noruegas, al no darse las condiciones ideales para su cría en nuestro país; y la segunda, una elevada producción y un mercado saturado, que necesitaría una reorientación hacia productos procesados.

Como conclusión final, somos optimistas en cuanto al futuro de este tipo de explotaciones en nuestro país, pero cualquier inversión en este sector requiere del estudio y conocimiento tanto de los parámetros económicos y financieros de la inversión, como lo relativo a la comercialización, competencia de mercados exteriores, desarrollo de nuevas técnicas de cría, etc., parámetros que hoy por hoy justificarían acometer determinadas inversiones en explotaciones acuícolas, atendiendo siempre a la especie y a los condicionantes comentados anteriormente.

Bibliografía

BERNABÉ G., 1991, Acuicultura, Ed. Omega, Barcelona.

CASTELLÓ F., 1993, Acuicultura Marina: Fundamentos biológicos y tecnología de la producción, 739 pp. Universidad de Barcelona, Barcelona.

BUXADÉ C., 1998, Producción Animal Acuática, Tomo XXIII, 376 pp., Ed. Mundi-Prensa, Madrid.

C.I.N.D.O.C., 1999, Directorio Español de Acuicultura, 274 pp., Centro de Información y Documentación Científica Científica, CSIC, Madrid.

HUET M., 1993, Tratado de piscicultura (tercera edición), 749 pp., Ed. Mundi-Prensa, Madrid.

M.A.P.A., 1999, Borrador del Libro Blanco de la Acuicultura en España, 534 pp., Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.

MARCO A. CABEDO D. MOYA I., 1998, Valoración de proyectos de inversión, 377 pp., Ed. INECO. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

MURCIA J.M., 1999, Estudio económico comparativo de explotaciones de acuicultura en España, 490 pp., Trabajo Final de Carrera, E.P.S.O., Universidad Miguel Hernández, Orihuela.

PILLAY T., 1997, Acuicultura. Principios y prácticas, 700 pp., Ed. Limusa, México.

ROMERO C., 1988, Normas prácticas para la evaluación financiera de proyectos de inversión en el sector agrario, 113 pp., Ed. Banco de Crédito Agrícola, Madrid.

RUIZ A., RUIZ G., 1991, Acuicultura y Economía, 384 pp., MAPA, Madrid.

SEGURA B., 1996, Evaluación financiera de proyectos de inversión. 227-258. En JULIÁ, J.F., SERVER, R.J. (1996), Dirección Contable y Financiera de Empresas Agroalimentarias, 491 pp., Ed. Mundi-Prensa, Madrid.

VIDAL F., BRUGAROLAS, M., DEL CAMPO F.J., FERNÁNDEZ M., MARTÍN M.A., MELIÁN M.D., SALES J.M., 1999, Economía Agraria y Valoración, 379 pp., Ed. Universidad Miguel Hernández, Elche.

(Aceptado para publicación el 2 de mayo de 2001)

ITEA (2001), Vol. 97A N.° 2, 104-116

RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE METODOLOGÍAS DE EXTENSIÓN DE LACTACIONES A 120 DÍAS EN OVEJAS DE LA RAZA LATXA

A. Legarra, E. Ugarte

NEIKER, A.B. Granja Modelo de Arkaute, Apdo. 46, 01080 Vitoria-Gasteiz, España, e-mail: alegarra@neiker.net

RESUMEN

El criterio de selección en el esquema de selección de la raza Latxa para producción de leche es la lactación tipificada a 120 días. A partir de los datos de control lechero de las campañas 1995-1998, se han comparado cuatro diferentes metodologías de extensión que permiten, a partir de lactaciones no finalizadas, el cálculo de lactaciones tipificadas a 120 días. Para ello, se tuvo en cuenta la combinación de diversos efectos fijos que resultó en 48 grupos de comparación. Los cuatro métodos considerados fueron los siguientes: primero, el método de Regresión Modificada realiza la extensión a partir del último control mediante regresión lineal; los otros tres métodos usan curvas de lactación estándar de Wood, Ali-Schaeffer y Morant-Gnanasakthy. Los cuatro métodos utilizan diferentes parámetros según el grupo de comparación considerado. Todos ellos se comparan con la metodología empleada actualmente, que se basa en regresión simple para el caso de 1 control conocido y en regresión modificada para el caso de 2 o más controles conocidos.

Aunque todas las curvas dieron buenos resultados, la que utiliza la curva de Wood fue la mejor de acuerdo a diferentes parámetros. Las correlaciones entre lactaciones reales y lactaciones extendidas a partir de 1 y 2 controles fueron de 0,95 y 0.99 respectivamente. Los sesgos fueron de pequeña magnitud (máximo de 0,22 litros).

Se calcularon las correlaciones genéticas entre los caracteres lactación extendida y lactación real, obteniéndose correlaciones del orden de 0,99 que muestran la alta precisión de la valoración genética al usar lactaciones extendidas en lugar de lactaciones tipo.

En consecuencia, se recomienda que el programa de mejora genética de la raza Latxa modifique la metodología de extensión de la lactación y utilice la metodología propuesta basada en la estimación de lactación mediante el modelo de Wood.

Palabras clave: Ovino de leche, Curvas de lactación, Esquema de selección, Control lechero.

SUMMARY

RESULTS OF NEW METHODOLOGIES FOR PREDICTING LACTATIONS IN LATXA DAIRY SHEEP

The selection criterion considered in the Latxa dairy sheep breeding scheme (blond-faced and black-faced ecotypes) for milk production is 120-days typified lactation. Using 1995-1998 milk recording data, four alternative methodologies for predicting 120-days typified lactation from part-lactation were compared. Combination of fixed effects was considered through 48 different groups of comparison. These four methods were the following: first, the Modified Regression method extends from part

to total-lactation by linear regression on the last-known test-day record. Then, the other three methods use standard lactation curves of Wood, Ali-Schaeffer and Morant-Gnanasakthy. Four methods use different parameters according to the group of animals considered. All of them were compared with the current methodology, which uses simple regression for 1 known test-day record and modified regression for 2 or more known test-day records.

Although the fitting achieved with all these four methods can be considered to be good, that using Wood's equation was the best one according to different parameters. Knowing only 1 or 2 test-day records, correlations between real data and predicted lactations were 0.95 and 0.99 respectively. Bias were regarded to be small (maximum of 0.22 litres).

Genetic correlations between both traits (real lactations and predicted lactations) were estimated to be around 0.99, showing a high accuracy in the genetic evaluation using predicted lactations.

In consequence, the Latxa sheep breeding scheme will change the current predicting lactation methodology to the one proposed here, which uses Wood's equation.

Key words: Dairy sheep, Lactation curves, Breeding scheme, Milk recording.

Introducción

El programa de mejora genética de la raza Latxa en la Comunidad Autónoma del País Vasco y Navarra en sus dos ecotipos de Cara Negra y Cara Rubia utiliza como criterio de selección la cantidad de leche producida en una lactación estandarizada a 120 días desde el parto. Esta lactación tipo se calcula por el método del día centrado o Fleischmann, a partir de los datos del control lechero mensual realizado a cada oveja según el método AT, de acuerdo a la normativa oficial (BOE, 1997). Para una descripción de todos los aspectos implicados, véase la normativa del International Committee for Animal Recording (ICAR, 1995).

Las valoraciones genéticas se realizan en dos momentos a lo largo del año: en septiembre, cuando ha finalizado la campaña, ya que la oveja Latxa tiene una marcada estacionalidad productiva (URARTE *et al.*, 1989) y una "prevaloración" en mayo, con el objetivo de tener la evaluación genética de los machos, y especialmente los machos "en prueba" (a la espera de las primeras lactaciones de sus hijas), y poder utilizarlos en la campaña de inseminación que dura de junio a septiembre. En el momento de realizar esta prevaloración de mayo hay muchos animales que aún no han llegado a los 120 días de lactación y por ello se calculan lactaciones extendidas a partir de los controles conocidos en ese momento. Es especialmente importante extender correctamente las lactaciones de los animales de primer parto, ya que los sementales "en prueba" en su primera valoración se valorarán sólo con estas lactaciones.

Hasta ahora, las lactaciones extendidas se han calculado según los métodos de regresión modificada para 2 o más controles conocidos y el de regresión simple para 1 control conocido (GABIÑA *et al.*, 1991). Dado que estos factores de extensión se calcularon con datos de los años 1988-1990, se ha considerado conveniente revisar los factores de extensión, utilizando además

metodologías más modernas, como se viene haciendo tanto en vacuno lechero (AURAN, 1976; CORDERO *et al.*, 1990; REKAYA *et al.*, 1996; WILMINK, 1987; WILMINK y OWELTJES, 1992) como en ovino (SERRANO *et al.*, 1996). En los esquemas de selección del ovino lechero francés (Lacaune, Manech y Corsa) se realizan ajustes de curvas polinómicas (Barillet, comunicación personal) aunque nunca se ha publicado la descripción del método.

El objetivo del presente trabajo es comparar estas nuevas metodologías de extensión de lactaciones con las utilizadas actualmente y comprobar su eficiencia, y en su caso adoptar una de ellas en el esquema de selección.

Material y métodos

Para realizar este estudio se utilizaron todas las lactaciones declaradas válidas según la normativa del esquema de selección (UGARTE *et al.*, 1995) en el control lechero oficial de las campañas 1995 a 1998. De ellas, se seleccionaron aquellas lactaciones que disponían de todos los controles lecheros. La descripción de los datos utilizados se encuentra en el cuadro 1.

Efectos considerados en la extensión de lactaciones

El método ideal estimaría coeficientes o curvas de lactación estándar para cada oveja. Esto evidentemente no es práctico y por ello se agrupan las ovejas en grupos de contemporáneas y se estima su curva de lactación estándar y sus coeficientes de ajuste. A la hora de establecer los diferentes grupos se tuvieron en cuenta aquellos factores que influyen de manera significativa (GABIÑA *et al.*, 1993). Concretamente se tuvieron en cuenta 4 efectos:

- Nivel de producción del rebaño, según la lactación tipo media de ese rebaño en los 4 años considerados. Se establecieron 3 niveles: bajo (<110 litros), alto (>133 litros) e intermedio.

- Mes de parto, con 4 niveles: partos en otoño, en enero, en febrero-marzo y en abril-junio

Cuadro 1. Características de los datos utilizados para el cálculo y validación de los métodos de extensión

Table 1. Summary of the data used for the calculus and validation of the methods of prediction

	Latxa Cara Negra	Latxa Cara Rubia
Lactaciones en la muestra A (estimación)	38.931	14.505
Lactaciones en la muestra B (validación)	37.766	14.241
Rebaños	225	95
Grupos de comparación rebaño-año	992	276
Grupos de comparación rebaño-mes de parto-edad-número de parto	4.490	1.547
Número de animales en datos	63.741	18.460
Número de animales en genealogía	90.719	23.333

• Edad-número de parto, con 3 niveles: ovejas de primer parto y 1 año de edad, ovejas de primer parto y 2 años de edad, y el resto.

• Número de corderos vivos en el parto, con 2 niveles: 1 y 2 o más.

Además, se estableció el requisito de que para el cálculo, en cada grupo debía haber un mínimo de 10 lactaciones. El número definitivo de grupos fue de 48.

Se utilizó el método de validación cruzada y para ello la base de datos se dividió aleatoriamente en 2 muestras, manteniendo el mismo número de animales en cada grupo. Una de ellas (muestra A) se utilizó para calcular los parámetros de las curvas y los coeficientes de extensión, mientras que la muestra B se utilizó para validar cada método. Para ello se extendieron lactaciones de dicha muestra con los factores calculados en la muestra A y se compararon con las lactaciones reales. El tamaño de cada muestra para cada ecotipo se puede observar en el cuadro 1.

Metodologías de extensión utilizadas

Para el cálculo de los factores de extensión de las lactaciones se utilizaron dos tipos de metodologías:

(1) Método de regresión modificada (AURAN, 1976; CORDERO *et al.*, 1990; SERRANO *et al.*, 1996). Predice la parte no conocida de la lactación a partir del último control. Se calcula un coeficiente b_i multiplicativo del último control y el número de días que faltan hasta el día 120 de lactación, esto es:

$$Leche_{120} = Leche_{producida} +$$

$$+ b_i(120 - d_i) \cdot leche_{ultimocontrol} \quad (1)$$

El cálculo de estos coeficientes b_i se realizó por un ajuste de mínimos cuadrados mediante el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (SAS, 1988), obteniéndose 48 coeficientes (uno por cada grupo de animales) para cada ecotipo.

(2) Métodos basados en curvas estándar de lactación, tal y como ha sido propuesto en vacuno de leche (REKAYA *et al.*, 1996; WILMINK, 1987; WILMINK y OWELTJES, 1992). Se basan en la estimación de curvas tipo para cada grupo de ovejas según distintos modelos matemáticos, a partir de las que se estiman los controles faltantes, corrigiéndolos por los controles conocidos. Una vez calculados todos los controles necesarios, se calcula la lactación estimada por el método de Fleischmann. Las producciones estimadas de esta manera son independientes del intervalo entre controles. Existe una amplia bibliografía sobre el ajuste de modelos matemáticos a curvas de lactación, tanto en vacuno como en ovino. Las principales referencias pueden encontrarse, desde el punto de vista del ovino, en RUIZ *et al.* (2001) y POLLOT y GOOTWINE (2000). También es de interés, por realizarse en la raza Latxa, el trabajo de MENDIZÁBAL y BALLAZ (1991). Todos estos autores y la mayoría de los estudios realizados en esta especie han incidido más en el ajuste de curvas individuales para estudiar los efectos de diversos factores externos (época de parto, edad, y similares) en la forma de las curvas de lactación, que en la predicción de lactaciones.

Los modelos considerados en el presente trabajo fueron:

• Modelo de función gamma incompleta descrita por WOOD (1967)

$$y_t = at^b e^{-ct} \quad (4)$$

donde a, b y c son parámetros asociados al pico, la parte ascendente y la parte descen-

dente de la lactación respectivamente, y t los días de lactación.

• Modelo de Ali-Schaeffer (ALI y SCHAEFFER, 1987)

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot \frac{t}{120} + \alpha_2 \cdot \left(\frac{t}{120}\right)^2 + \\ + \alpha_3 \cdot \ln\frac{120}{t} + \alpha_4 \cdot \left(\ln\frac{120}{t}\right)^2 \quad (5)$$

donde t son los días en lactación; y_t es la producción en el día considerado, y α_0, α_1,... α_4 son parámetros asociados a: α_0 al pico de lactación, α_1 y α_2 a la fase decreciente; y α_3 y α_4 a la fase ascendente.

• Modelo de Morant y Gnanasakthy (MORANT y GNANASAKTHY, 1989)

$$y_t = e^{a+bt_1+ct_1^2+d/t} \quad (6)$$

donde t_1 depende de la duración de la lactación del animal: t_1= *(t-duración/2)/100*, a es un parámetro de escala y b, c, d son parámetros de forma. En este trabajo se ha considerado el parámetro *"duración de la lactación"* para una lactación cualquiera dentro de una clase i como la media de la duración de la lactación de los datos de dicha clase i, ya que si el objetivo del modelo es la predicción, este parámetro no es conocido en el momento de predecir.

En los trabajos citados de MENDIZÁBAL y BALLAZ (1991), RUIZ *et al.* (2001) y POLLOT y GOOTWINE (2000) se ajustaron modelos de Wood, y en los dos últimos, además, de Morant-Gnanasakhty. No conocemos trabajos en los que se hayan descrito ajustes de la ecuación de Ali-Schaeffer al ganado ovino, sin embargo, es interesante por la aditividad de sus términos que la hace más fácil de calcular. No se ha pretendido ser exhaustivo en la búsqueda de diferentes modelos.

A partir de todos los datos de controles lecheros presentes en la muestra A, el ajuste de las diferentes curvas a los datos de cada grupo de lactaciones se ha realizado por mínimos cuadrados mediante el procedimiento NLIN del paquete estadístico SAS (SAS, 1988).

Una vez calculados los parámetros de los distintos modelos para cada grupo de lactaciones, se procedió a calcular la cantidad de leche en los controles desconocidos, mediante la expresión (REKAYA *et al.*, 1996):

$$\hat{y}_t = \hat{y}_t^{cu} + \beta_1(\bar{y}_{120} - \hat{y}_{120}^{cu}) + \\ + \beta_2(y_{ucc} - \hat{y}_{ucc}^{cu}) \quad (7)$$

donde $\hat{y}_t$ es la producción estimada en el día t; $\hat{y}_t^{cu}$ es la producción estimada según la curva correspondiente a ese grupo de animales; β_1 y β_2 son coeficientes a determinar, distintos para cada grupo de lactación y cada pareja control conocido - control estimado; $\bar{y}_{120}$ es la producción media del grupo a 120 días; $\hat{y}_{120}^{cu}$ es la producción a 120 días estimada a partir de la curva de lactación estándar para dicho grupo; y_{ucc} es la producción en el último control conocido; $\hat{y}_{ucc}^{cu}$ es la producción estimada según la curva de ese grupo en el último control conocido.

En este trabajo, los coeficientes β_1 y β_2 se calcularon, dentro de cada grupo y para cada posible pareja control conocido-control estimado (control primero-control quinto, control segundo-control tercero...) mediante regresión lineal con el procedimiento REG del paquete estadístico SAS (SAS, 1988) y utilizando los datos de la muestra A.

Validación de los métodos utilizados

A partir de los parámetros obtenidos con los datos de la muestra A, se extendieron las

lactaciones de la muestra B con diferente número de controles conocidos, comparándose los resultados.

Los criterios estudiados para analizar la eficacia de los diferentes métodos fueron:

• Coeficientes de correlación entre las lactaciones predichas según cada método y las reales

• Medias del error de predicción, para ver el posible sesgo del método. Donde el error de predicción (EP) se define como la diferencia entre lactación estimada y lactación real.

• Desviación típica del EP.

• Porcentaje de la variabilidad no explicada por el modelo, medida mediante el PSB (porcentaje de sesgo cuadrático), cuya expresión es (ALI y SCHAEFFER, 1987):

$$PSB = \frac{\sum (y_{120} - \hat{y}_{120})^2}{\sum y_{120}^2} \cdot 100$$

Cuanto más cercano a 0 es el PSB, mejor modelo, ya que las predicciones se desvían poco de las producciones reales. Además, este dato tiene la ventaja de ser adimensional y por tanto no depende de la cantidad absoluta de leche producida en la lactación.

Para estudiar los efectos de la nueva metodología de extensión sobre la valoración genética de los animales, se extendieron las lactaciones de las campañas 95-98 a partir de 1, 2 y 3 controles conocidos, para posteriormente estimar las heredabilidades y correlaciones genéticas de los caracteres lactación real y lactación extendida con 1 a 3 controles conocidos, mediante el programa VCE 4.2.5 por REML por el método de los gradientes analíticos (NEUMAIER y GROENEVELD, 1998), según el siguiente modelo:

$$Y_{ijklmn} = RA_i + RMNE_j + NCV_k + IP1C_l + u_m + pe_m + e_{ijklmn}$$

donde

Y_{ijklmn} = lactación extendida o lactación real.

RA_i = efecto del grupo i de comparación rebaño-campaña.

$RMNE_j$ = efecto del grupo j de comparación rebaño-mes de parto- índice combinado edad- número de parto.

NCV_k = efecto del número de corderos nacidos vivos, con 2 niveles (1 o más de 1).

$IP1C_l$ = intervalo fecha de parto de la oveja – primer control lechero, en fracciones de 10 días (8 niveles).

u_m = efecto genético aditivo del animal m.

pe_m = efecto permanente aleatorio del animal m.

e_{ijklmn} = efecto residual aleatorio.

El modelo es similar al que se utiliza en la evaluación genética de la raza, aunque en esta última se incluyen grupos genéticos.

Asimismo, en la prevaloración de primavera de 2000 se estudiaron las diferencias entre el método utilizado actualmente (descrito en la introducción) y el que utiliza el modelo de Wood (que según los resultados obtenidos se consideró como la más idónea), en la valoración de los animales y en su clasificación genética ("ranking") para lo que se calcularon respectivamente las correlaciones de Pearson y de rango de Spearman, utilizando el paquete SAS (SAS, 1988) para ver en qué medida afecta la extensión de lactaciones a las valoraciones. Dichas correlaciones se calcularon para los animales que pueden verse más afectados: sementales en activo, hembras con alguna

lactación extendida y hembras en primer parto con su única lactación extendida.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos al aplicar la nueva metodología al conjunto de la muestra B, para los ecotipos Latxa Cara Negra (cuadro 2) y Latxa Cara Rubia (cuadro 3) aparecen a continuación.

Analizando estos resultados se puede observar que el método que mejor predice la lactación a 120 días es el método de curva estándar de lactación gamma incompleta de Wood, si bien todos los métodos analizados presentaron resultados satisfactorios. Una ventaja adicional de la curva gamma incompleta es su sencillez matemática y computacional, ya que necesita de menos parámetros para ser definida. Además, a diferencia de lo ocurrido con otras curvas, no se hizo necesario el uso de restricciones para obtener resultados dentro del espacio paramétrico. RUIZ *et al.* (2001) y POLLOTT y GOOTWINE (2000), observaron un mejor ajuste del modelo de Morant y Gnanasakthy. Sin embargo, en ambos trabajos se ajustaron curvas individuales a cada lactación y no se realizaron predicciones ni validación cruzada; por tanto no es de extrañar que los resultados sean ligeramente diferentes.

Cuadro 2. Correlación (r), media del error de predicción (medias EP), porcentaje de sesgo cuadrático (PSB) y desviación estándar del error de predicción (s EP), entre la lactación tipo real y los métodos de extensión por medio de la función gamma incompleta (Wood), Ali-Schaeffer (Ali), Morant-Gnanasakthy (Morant), regresión modificada (Rmod) y el sistema actual, en Latxa Cara Negra

Table 2. Correlation (r), prediction error mean (medias EP), percentage of square bias (PSB) and prediction error standard deviation (s EP) between different predicting methods, using incomplete gamma function (Wood), Ali-Schaeffer (Ali), Morant-Gnanasakthy (Morant), Modified Regression (Rmod) and current (Actual) method, and real lactation, in Black-Faced Latxa

Controles conocidos	Wood	Ali	Morant	Rmod	Actual	Wood	Ali	Morant	Rmod	Actual
	r					medias EP				
1	0,947	0,945	0,946	0,936	0,938	0,05	-0,60	-0,36	-2,18	1,06
2	0,989	0,989	0,989	0,986	0,989	0,09	0,10	-0,19	-3,67	1,63
3	0,998	0,998	0,998	0,998	0,998	0,08	0,08	-0,14	-1,02	0,23
	PSB					s EP				
1	1,2326	1,2838	1,2722	1,7256	1,4630	15,15	15,45	15,38	17,79	16,47
2	0,2734	0,2767	0,2759	0,4006	0,3931	7,13	7,18	7,16	7,82	8,40
3	0,0359	0,0361	0,0358	0,0437	0,0423	2,62	2,62	2,61	2,70	2,83

Cuadro 3. Correlación (r), media del error de predicción (medias EP), porcentaje de sesgo cuadrático (PSB) y desviación estándar del error de predicción (s EP), entre la lactación tipo real y los métodos de extensión por medio de la función gamma incompleta (Wood), Ali-Schaeffer (Ali), Morant-Gnanasakthy (Morant), regresión modificada (Rmod) y el sistema actual, en Latxa Cara Rubia

Table 3. Correlation (r), prediction error mean (medias EP), percentage of square bias (PSB) and prediction error standard deviation (s EP) between different predicting methods, using incomplete gamma function (Wood), Ali-Schaeffer (Ali), Morant-Gnanasakthy (Morant), Modified Regression (Rmod) and current (Actual) method, and real lactation, in Blond-Faced Latxa

Controles conocidos	Wood	Ali	Morant	Rmod	Actual	Wood	Ali	Morant	Rmod	Actual
	r					medias EP				
1	0,951	0,950	0,950	0,933	0,941	-0,10	-1,08	-0,59	-1,83	-2,46
2	0,990	0,990	0,990	0,987	0,986	0,22	0,06	-0,11	-3,40	2,63
3	0,999	0,999	0,999	0,998	0,998	0,15	0,15	-0,02	-1,36	0,64
	PSB					s EP				
1	1,2407	1,2760	1,2598	2,0611	1,5175	16,09	16,28	16,20	20,66	17,63
2	0,2661	0,2691	0,2664	0,3960	0,4371	7,45	7,49	7,46	8,43	9,18
3	0,0356	0,0355	0,0354	0,0468	0,0468	2,76	2,76	2,76	2,86	3,11

No es el propósito del presente trabajo el analizar el efecto de los factores ambientales sobre los parámetros de la curva de Wood, y la metodología tampoco es la más adecuada para ello. Sin embargo, a título de ejemplo, en la figura 1 se muestra el efecto del nivel de producción del rebaño sobre las diferentes curvas. Estas gráficas se han obtenido promediando los diferentes parámetros obtenidos para los diferentes grupos. Se puede observar cómo las curvas de los rebaños de mayor producción tienen una mayor producción durante toda la lactación y mayores pendientes, tanto ascendente como descendente. También se puede observar que en ambos ecotipos, pero especialmente en Latxa Cara Negra, los niveles de producción medio y bajo presentan curvas muy similares. La razón de que, aun siendo curvas similares, unos rebaños sean de producción media y otros de producción baja, estriba en que en los rebaños de producciones bajas el período en ordeño de cada animal es frecuentemente más corto.

También se vio que la predicción según el modelo de Wood se comporta mejor en determinados grupos de animales que tienen especial importancia en la valoración genética de los animales. Por ejemplo, en la valoración genética de corderas que son la base de las primeras pruebas de los machos en testaje. En los cuadros 4 y 5 se presentan los resultados para las lactaciones extendidas de animales de primer parto con 1 año de edad, para Latxa Cara Negra y Latxa Cara Rubia respectivamente.

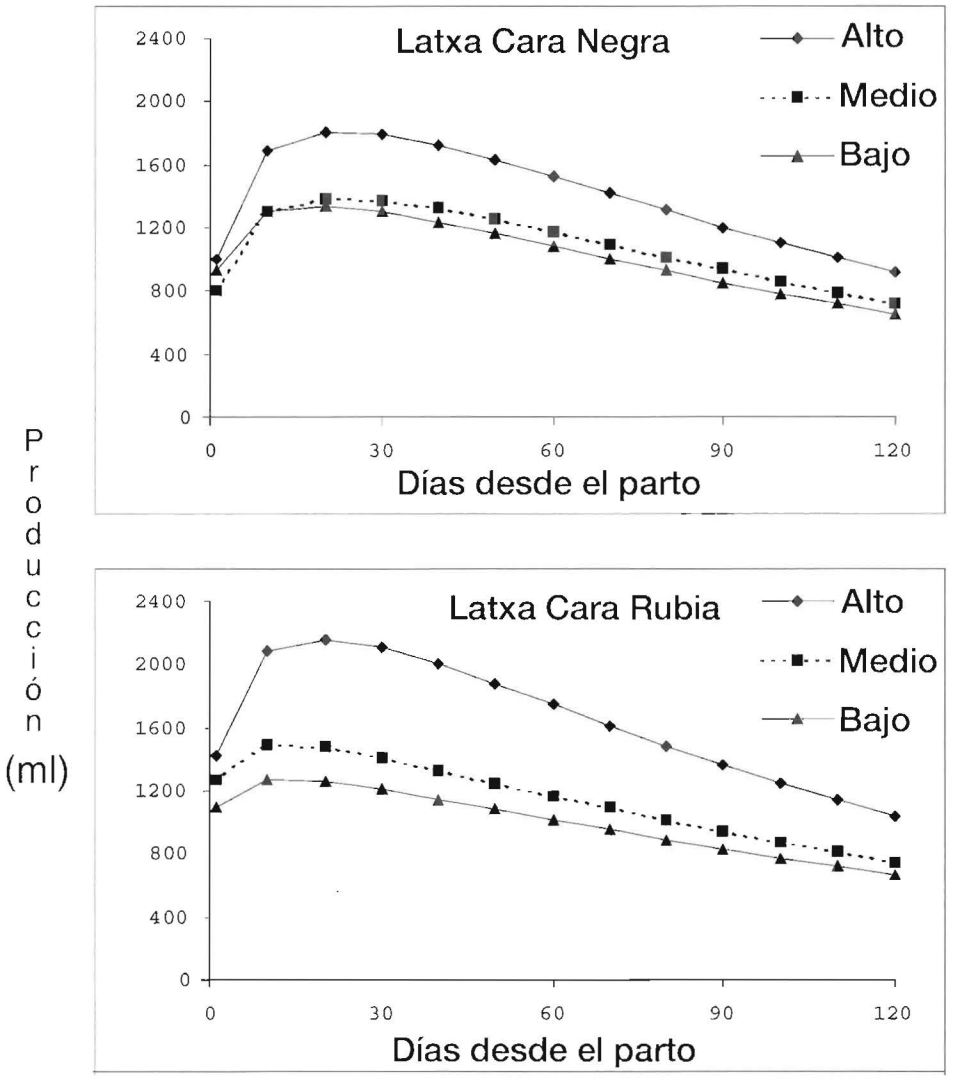


Figura 1. Estimas de la curvas de lactación según el modelo de Wood en función del nivel productivo del rebaño, para los ecotipos Latxa Cara Negra y Latxa Cara Rubia.

Figure 1. Estimates of lactation curves following Wood model, in function of the flock's producting level, for Black-Faced and Blond-Faced Latxa ecotypes.

Cuadro 4. Correlación (r), media del error de predicción (medias EP) y porcentaje de sesgo cuadrático (PSB) entre los métodos de extensión según la función gamma incompleta (Wood) y el sistema actual, y la lactación tipo real, en animales de 1 año de edad y primer parto, Latxa Cara Negra

Table 4. Correlation (r), prediction error mean (medias EP) and percentage of square bias (PSB), between predicting methods using incomplete gamma function (Wood) and actual method, and real lactation, in one-year old, first lambing Black-Faced Latxa

Controles conocidos	Wood	Actual	Wood	Actual	Wood	Actual
	r		Medias EP		PSB	
1	0,924	0,911	0,62	0,07	1,735	1,992
2	0,983	0,981	0,33	1,11	0,407	0,466
3	0,997	0,997	0,04	0,15	0,063	0,059

Cuadro 5. Correlación (r), media del error de predicción (medias EP) y porcentaje de sesgo cuadrático (PSB) entre los métodos de extensión según la función gamma incompleta (Wood) y el sistema actual, y la lactación tipo real, en animales de 1 año de edad y primer parto, Latxa Cara Rubia

Table 5. Correlation (r), prediction error mean (medias EP) and percentage of square bias (PSB), between predicting methods using incomplete gamma function (Wood) and actual method, and real lactation, in one-year old, first lambing Blond-Faced Latxa

Controles conocidos	Wood	Actual	Wood	Actual	Wood	Actual
	r		Medias EP		PSB	
1	0,922	0,920	-0,62	-2,50	1,626	1,716
2	0,982	0,975	0,31	4,56	0,398	0,782
3	0,997	0,997	-0,23	0,75	0,051	0,063

Se puede observar en dichos cuadros cómo el método utilizado actualmente tiende a sobrestimar lactaciones con 2 controles conocidos. Esto puede influir en las valoraciones de los sementales en prueba según cuántos controles conocidos tengan sus hijas. Con el nuevo método de extensión, se corrige este error, si bien en el cuadro 4, animales con 1 control conocido, se observa un sesgo de 0,62 l que no existe en la extensión realizada con el método actualmente en uso. Sin embargo, este sesgo se corrige para los casos de 2 y 3 controles conocidos. No se ha encontrado una razón lógica para este error. En cualquier caso, el resto de indicadores (correlación y PSB) indican una mejora en

la precisión con el método que utiliza el modelo de Wood.

En el trabajo de SERRANO *et al.* (1996) en el que solamente se consideró el método de regresión modificada, se obtuvieron correlaciones entre lactaciones estimadas y predichas similares a las presentadas en este trabajo y presentadas en los cuadros 2 y 3. Sin embargo, para nuestros datos se observan en dichos cuadros sesgos (medias del error de predicción) muy altos. De hecho son mayores que con el método utilizado actualmente. Se han revisado exhaustivamente los programas de cálculo para encontrar algún error pero no se ha encontrado. En cualquier caso, hay que indicar que SERRANO *et al.* pretendieron preparar un método sencillo de extensión, dado que la problemática de la raza Manchega es diferente de la de la raza Latxa: existen numerosas lactaciones finalizadas anticipadamente por baja producción que pueden producir sesgos en la valoración.

A priori era de esperar un mejor ajuste de los métodos que ajustan curvas de lactación, dado que toman mejor en cuenta el hecho de que la curva de lactación es curva y no recta. En cualquier caso, en el trabajo de REKAYA *et al.* (1996) la mejora en la predicción de las lactaciones tipo respecto al método de CORDERO *et al.* (1990) fue muy superior a la observada en el presente trabajo. La explicación más probable es que las curvas de lactación en ovino son mucho más rectas, tal como asume la metodología de regresión modificada, que en vacuno.

Una vez elegido el método de Wood como el más adecuado para calcular las lactaciones extendidas, se procedió a la estimación de las heredabilidades y correlaciones genéticas entre lactación extendida y lactación tipo, tal como se presenta en el cuadro 6.

Como era de esperar, las correlaciones, así como las heredabilidades, mejoran a medida que se conoce más tramos de la lactación. Las correlaciones genéticas son muy altas, indicando que lactación extendida y lactación tipo son medidas del mismo carácter. Correlaciones genéticas similares se encontraron en el trabajo de SERRANO *et al.* (1996). Las heredabilidades obtenidas en su

Cuadro 6. Heredabilidades (h^2) y correlaciones genéticas con lactación tipo real (r_g) para los caracteres lactación tipo real y lactación extendida, suponiendo 1, 2 y 3 controles conocidos, Latxa Cara Negra y Latxa Cara Rubia

Table 6. Heritabilities (h^2) and genetic correlations with real lactation (r_g) for real lactation and predicted lactation traits with 1, 2 or 3 known test-days, in Black-faced Latxa and Blond-faced Latxa

	Latxa Cara Negra		Latxa Cara Rubia	
	h^2	r_g	h^2	r_g
Lactación tipo real	0,179	–	0,192	–
Lactación tipo extendida con 1 control	0,130	0,978	0,128	0,984
Lactación tipo extendida con 2 controles	0,169	0,998	0,175	0,999
Lactación tipo extendida con 3 controles	0,176	0,999	0,182	0,999

Cuadro 7. Correlaciones de Pearson y de Spearman entre las valoraciones genéticas con lactaciones extendidas según el método actual y utilizando el modelo de Wood en la campaña 2000

Table 7. Pearson and Spearman correlations between genetic values for lactations predicted with current method and lactations predicted with the Wood model in 2000 season

	Latxa Cara Negra		Latxa Cara Rubia	
	r Pearson	r Spearman	r Pearson	r Spearman
Machos vivos	0,994	0,988	0,998	0,992
Hembras con lactaciones extendidas	0,992	0,993	0,997	0,998
Hembras con lactaciones extendidas en primer parto	0,988	0,989	0,996	0,997

trabajo fueron mayores que las obtenidas en este trabajo para la raza Latxa, tanto para lactaciones extendidas como para lactaciones tipo.

Para estudiar la variación que el nuevo método provocaría en las valoraciones genéticas, se han calculado las correlaciones de Pearson y Spearman entre las valoraciones genéticas realizadas en la precampaña de mayo de 2000 con lactación extendida según el método antiguo y el método aplicando la curva de Wood para los animales que se van a ver principalmente afectados: machos en activo, hembras con alguna lactación extendida, y dentro de estas últimas, hembras de primer parto. Estos valores se presentan en el cuadro 7.

Podemos concluir del cuadro 7 que las valoraciones no se verán severamente afectadas, lo que es deseable desde el punto de vista de la aplicación práctica.

Conclusiones

1. El nuevo método de extensión propuesto utilizando curvas de lactación estándar mediante el modelo de Wood es mejor que el utilizado actualmente, corrigiendo algunos sesgos sistemáticos, especialmente en las valoraciones de corderas.

2. Se recomienda que la extensión sea realizada teniendo en cuenta factores de nivel de producción, parto-edad, tipo de parto y época de parto.

Bibliografía

ALI T.E., SCHAEFFER L.R., 1987. Accounting for covariances among test day milk yields in dairy cows. Can. J. Anim. Sci., 67, 637-644.

AURAN T., 1976. Studies on monthly and cumulative monthly milk records. IV. Estimating total lactation from part-lactation. Acta Agric. Scand. 26, 10-17.

BOE., 1997. Real decreto 1213/1997. BOE 189 (8 de agosto de 1997), 24181-24183.

CORDERO J.L., ALENDA R., VARGAS P., 1990. Factores de extensión de la lactación a 305 días en Cantabria, País Vasco y Orense. Frisona Española, 56 (Marzo-Abril), 144-147.

GABIÑA D., ARRESE F., ARRANZ J., 1991. Predicción de lactaciones a partir de datos parciales en la raza Latxa. ITEA vol. extra 11 (I), 325-327.

GABIÑA D., ARRESE F., ARRANZ J., BELTRAN DE HEREDIA I., 1993. Average milk yields and environmental effects on latxa sheep. J. Dairy Sci., 76, 1191-1198.

ICAR, 1995. Recording Guidelines. Appendices to the International agreement of recording practices. 160 pp. ICAR. Rome, Italy / RVN, Arnhem, The Netherlands. Disponible en http://www.icar.org/recordin.htm.

MENDIZÁBAL F.J., BALLAZ A., 1991. Aplicación del modelo de Wood para la estimación de curvas de lactación en ovino de leche en Navarra. ITEA vol. extra 11 (1), 328-330.

MORANT S.V., GNANASAKTHY A., 1989. A new approach to the mathematical formulation of lactation curves. Anim. Prod., 49, 151-162.

NEUMAIER A., GROLNEVELD E., 1998. Restricted Maximum Likelihood estimation of covariances in sparse linear models. Genet. Sel. Evol., 30, 3-26.

POLLOTT G.E., GOOTWINE E., 2000. Appropriate mathematical models for describing the complete lactation of dairy sheep. Anim. Sci., 71:197-207.

REKAYA R., BÉJAR F., ALENDA R., CARABAÑO M.J., 1996. La nueva metodología de extensión de la lactación. Frisona Española, 94 (Julio-Agosto), 33-41.

RUIZ R., OREGUI L.M., HERRERO M., 2001. Comparison of models for describing the lactation curve of Latxa sheep and an analysis of factors affecting milk yield. J. Dairy Sci., 83, 2709-2719.

SAS, 1988. SAS/STAT User's guide. Release 6.03 Edition. 1028 pp. SAS Institute Inc, Cary, N.C.

SERRANO M., JURADO J.J., PÉREZ-GUZMAN M.D., MONTORO V., 1996. Cálculo de los factores de extensión de la lactación a 120 días en ganado ovino manchego. Invest. Agr.: Prod. Sanid. Anim. Vol. 11 (1), 69-83.

UGARTE E., URARTE E., ARRANZ J., ARRESE F., BELTRÁN DE HEREDIA I., OREGUI L.M., BRAVO M.V., GABIÑA D., 1995. Estructura y organización técnica del programa de mejora genética y selección de las ovejas de raza Latxa y Carranzana en la Comunidad Autónoma del País Vasco. Ciene. Vet., XIV, 267-285.

URARTE E., GABIÑA D., ARRANZ J., ARRESE F., GOROSTIZA P., SIERRA I., 1989. Las razas ovinas Latxa y Carranzana. I. Sistemas de producción. ITEA 84, 7-25.

WILMINK J.B.M., 1987. Adjustment of test-day milk, fat and protein yield for age, season and stage of lactation. Livestock Production Science, 16, 335-348.

WILMINK J.B.M., OWELTJES W., 1992. Calculation of lactation production in the Netherlands. Proceedings of the 28th Biennal Session of the International Committee for Animal Recording (ICAR), 121-129. Neustift im Stubaital, Tyrol, Austria, 7-12 de junio de 1992. EAAP Publication no. 61, 1993. Pudoc Scientific Publishers, Wageningen, 1993.

WOOD P.D.P., 1967. Algebraic model of the lactation curve in cattle. Nature, 216, 164-165.

(Aceptado para publicación el 3 de mayo de 2001)

ITEA (2001). Vol. 97A N.° 2, 117-130

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE DIFERENTES ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN DE LA VACA Y EL TERNERO DURANTE LAS FASES DE LACTACIÓN Y CEBO EN GANADO VACUNO DE CARNE EN SISTEMAS EXTENSIVOS DE MONTAÑA

Alberto Bernués*[,1], Isabel Casasús*, Albina Sanz*, Emilio Manrique, Ricardo Revilla***

* Servicio de Investigación Agroalimentaria, Gobierno de Aragón, Apdo. 727, 50080 Zaragoza, España

** Dpto. de Agricultura y Economía Agraria, Universidad de Zaragoza, Miguel Servet 177, 50013 Zaragoza, España

RESUMEN

La alimentación invernal del ganado vacuno de carne explotado en condiciones extensivas de montaña representa la mayor proporción de los costes de alimentación. Un manejo adecuado de la alimentación de la madre y el ternero durante esta fase puede resultar decisivo en los resultados económicos finales obtenidos.

El objetivo de este trabajo fue evaluar económicamente diferentes estrategias de alimentación de las vacas y los terneros en las fases de lactación y cebo. Para ello se analizaron 2 estrategias de alimentación de las vacas durante la lactación (alimentación Alta –100% de necesidades– o Baja –66% de necesidades–) y 2 estrategias en la alimentación de los terneros (Con o Sin concentrado de iniciación) a través de un Análisis de Presupuestos Parciales.

Las estrategias de alimentación Baja para las vacas fueron las de menor coste. El coste global de la alimentación del ternero fue similar entre las diferentes estrategias, independientemente del suministro de piensos de iniciación en lactación, lo que puso de manifiesto una ausencia de crecimiento compensador en cebo y similares eficiencias económicas globales. El análisis ordenó las estrategias de manejo en función de su interés económico. Este orden varió según la fase del ciclo, o lo que es lo mismo, el tipo de explotación considerada (explotaciones de vacas nodrizas, de cebo o de ciclo completo). El precio del ternero destetado fue el factor de mayor incidencia en los resultados económicos obtenidos en las diferentes fases.

Palabras clave: Estrategias de alimentación, Costes de alimentación, Evaluación económica, Análisis de Presupuestos Parciales, Sistemas extensivos bovinos.

1. Autor al que debe dirigirse la correspondencia.

SUMMARY

ECONOMIC EVALUATION OF DIFFERENT FEEDING STRATEGIES OF COWS AND CALVES DURING LACTATION AND FATTENING PERIODS IN BEEF EXTENSIVE SYSTEMS

Winter-feeding of beef cattle represents the highest proportion of feeding costs of farms in extensive mountain systems. Therefore, an adequate management of the feeding strategies for cows and calves will be decisive in the final economic results obtained.

The objective of this study was to evaluate, from the economic point of view, several cow and calf feeding strategies during the lactation and fattening periods. Two cow-feeding strategies (High –100% of requirements– or Low –66% of requirements–) and two calf-feeding strategies (With or Without concentrate) during lactation were analysed using Partial Budgeting.

Low cow-feeding strategies had the lowest global costs. Considering both rearing periods altogether (lactation and fattening), calf-feeding cost was similar between strategies, independently from the use of concentrates during lactation. This phenomenon revealed that there was not compensatory growth during the fattening period and that the global economic efficiency was similar. The analysis established a ranking of strategies according to their economic performance. The ranking varied for the different rearing periods, i.e. type of farms (calf-production farms, fattening farms and farms with both rearing periods). The price of the calf at weaning was the factor that most influenced the economic results obtained in the different periods.

Key words: Feeding strategies, Feeding costs, Economic evaluation, Partial Budgeting, Beef extensive systems.

Introducción

La alimentación invernal del ganado vacuno de carne explotado en condiciones de montaña representa la mayor proporción de los costes de alimentación; los cuales son a su vez los más importantes entre los costes totales de explotación (SERRANO *et al.*, 1997; CABALLERO, 1997). Por ello, un manejo adecuado de la alimentación de la madre y el ternero durante esta fase puede resultar decisivo en los resultados económicos finales obtenidos.

Pueden utilizarse diferentes estrategias de sub-nutrición de los animales adultos durante la estabulación para reducir los costes de alimentación, pero es necesario considerar las repercusiones productivas y reproductivas a corto y largo plazo que éstas pudieran tener. Del mismo modo, el suministro de piensos de iniciación desde edades tempranas a los terneros en fase de lactación tendrá repercusiones en los resultados técnicos y económicos finales.

Lógicamente, los resultados económicos obtenidos no sólo dependerán de los resultados técnicos, sino también del mercado, a través de los precios variables de los insumos y productos. Si bien el producto final (ternero cebado) tiene un precio de mercado establecido en función del peso y la calidad de la canal, los terneros destetados carecen de precio de mercado objetivo, fijándose el mismo en función de parámetros más o menos subjetivos como la conformación del animal o la raza y de la habilidad comercial de compra-

dores y vendedores. Esta peculiaridad hace muy difícil la determinación del punto óptimo de comercialización de estos animales.

El objetivo de este trabajo es evaluar y ordenar en función de su interés económico diferentes estrategias de alimentación de las vacas y los terneros en las fases de lactación y cebo de los terneros.

Metodología

Animales

Se utilizaron 40 vacas de raza Parda Alpina pertenecientes a la Finca Experimental "La Garcipollera" del Servicio de Investigación Agroalimentaria del Gobierno de Aragón.

Las vacas tuvieron el parto en otoño de 1998 (fecha media 15/10/98) y tras el parto se hicieron 4 lotes de 10 animales. Las características de los animales al comienzo del ensayo eran similares en cuanto a peso, condición corporal y producción lechera.

Los cuatro lotes de animales se mantuvieron en estabulación durante toda la lactación, y se sometieron a un diseño 2 x 2 combinando dos tipos de alimentación de la madre (alto y bajo) con dos tipos de alimentación del ternero (con o sin concentrado): lotes AC (alto, con concentrado); AS (alto, sin concentrado); BC (bajo, con concentrado); BS (bajo, sin concentrado).

Los lotes con alimentación alta (AC y AS) recibieron el 100% de las necesidades energéticas durante toda la lactación, para un peso de 600 kg y una producción lechera de 9 litros/día (ARC, 1980). Las vacas de los lotes bajos (BC y BS) recibieron el 66% de esas necesidades. Las vacas se alimentaron con dietas unifeed, compuestas por heno de alfalfa 18/26 (25%), paja de cereales (10%), pulpa de cítricos seca (17%), gluten 20 (14%), cebada (18%), palmiste (7%), melaza de caña (8%) y complemento vitamínico-mineral (1%).

Durante la lactación los terneros de los lotes AC y BC recibieron un pienso concentrado de arranque *ad libitum* basado en cereales, subproductos de oleaginosas, grasas y productos lácteos. El destete de los terneros se realizó a fecha fija, a los 150 días de edad. Posteriormente, los terneros machos (n = 20, 5 por lote) se cebaron *ad libitum* hasta alcanzar un peso vivo de 525 kg.

La figura 1 representa esquemáticamente el manejo de los animales durante la experiencia.

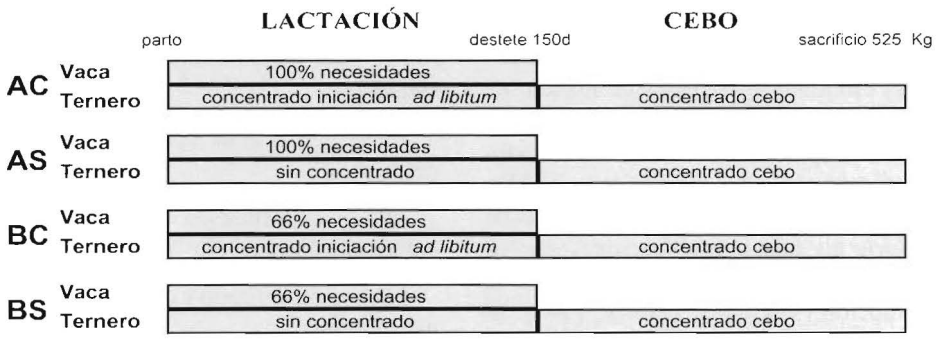


Figura 1. Manejo de los lotes de animales a lo largo de la experiencia.
Figure 1. Management of the groups of animals.

Controles

Tanto durante la lactación como en el cebo los animales se pesaron semanalmente. Asimismo, se determinó la condición corporal de las vacas en el momento del parto, el día 75 de lactación y al destete, según el método de LOWMAN *et al.* (1976).

La ingestión de pienso de iniciación de los terneros durante la lactación se midió diariamente para el lote en su conjunto (lotes AC y BC). Asimismo, el suministro de alimento a las vacas de todos los lotes se realizó de manera colectiva por lote. Durante la fase de cebo se registraron individualmente los consumos diarios de pienso a través de un sistema computerizado de identificación del ternero y suministro automático (ALPRO®, Alfa Laval Agri).

Los animales se sacrificaron a un peso vivo fijo de 525 kg, por lo que la duración del periodo de cebo fue variable según individuos, siendo los extremos 152 y 266 días. En el sacrificio se registraron el peso y el rendimiento canal, el estado de engrasamiento y la conformación según la escala europea SEUROP.

Análisis económico

El estudio de la conveniencia económica de las diferentes estrategias de manejo de los animales se realizó a través de un Análisis de Presupuestos Parciales (APP), metodología de elección cuando los cambios propuestos (en nuestro caso, alternativas de manejo) no tienen implicaciones en los recursos globales y en la estructura de la explotación (TURNER y TAYLOR, 1998). El APP es una aplicación directa del principio de coste de oportunidad; en él se testan diferentes opciones de manejo a través de la comparación de los beneficios que generan con los costes de oportunidad al no seguir otras alternativas (WARREN, 1997). Hay que considerar aquellos ítems financieros que cambian en cada alternativa: ingresos adicionales (A); costes evitados (B); costes adicionales (C); e ingresos perdidos (D), de manera que la mejor alternativa desde el punto de vista económico será aquélla cuya diferencia entre A+B y C+D sea mayor.

La sola comparación de los costes de alimentación no permite identificar qué sistemas de manejo de la alimentación son los más eficientes desde el punto de vista económico: para ello, es necesario considerar todas las repercusiones económicas posibles, tanto positivas como negativas, que cada alternativa supone.

Se tomó el lote AC (alimentación de la vaca en establo para cubrir el 100% de sus necesidades y suministro de pienso de iniciación al ternero a libre disposición) como sistema de referencia para comparar las otras estrategias de manejo. Podría considerarse este sistema, uno de los más utilizados por los ganaderos de vacuno en el Pirineo Central, como el óptimo desde el punto de vista técnico, si nos referimos al peso del ternero al destete y condición corporal de la vaca.

Los aspectos técnicos y económicos que variaban según las estrategias de manejo adoptadas, y que inicialmente se consideraron para ser incluidas en el APP, fueron los siguientes:

- Peso y precio de venta de los terneros destetados.
- Peso, conformación de la canal y precio del ternero al sacrificio.
- Duración del cebo y coste de utilización del cebadero.
- Consumo y precio del pienso de iniciación y cebo para terneros y vacas.

• Variación de la condición corporal de las vacas y coste de su recuperación en caso de pérdida.

• Consecuencias reproductivas: fertilidad a término de las vacas.

• Mortalidad de terneros en cebadero.

Sin embargo, tras el análisis de los resultados técnicos de la experiencia (CASASÚS *et al.*, 2001a, CASASÚS *et al.*, 2001b), se adoptaron una serie de premisas para la realización del análisis:

• La conformación de la canal no presentaba diferencias significativas en los distintos lotes de terneros sacrificados; por lo tanto, no se moduló el precio de venta de las canales en función de este criterio.

• Las diferencias en condición corporal entre las vacas sometidas a regímenes alimenticios altos (AC, AS) y bajos (BC, BS) al término de la lactación no se tradujeron en un coste económico adicional de recuperación de peso en los lotes de alimentación baja, ya que estos animales recuperaron peso hasta niveles similares de CC en la estación primaveral de pastoreo.

• La fertilidad a término (porcentaje de vacas preñadas en el siguiente periodo de cubrición) de las vacas de los diferentes lotes no fue diferente significativamente; luego este capítulo no supuso coste adicional alguno. Este hecho viene refrendado por los resultados obtenidos por SANZ (2000), según los cuales la duración del anestro postparto en las vacas nodrizas está principalmente afectada por la alimentación recibida en el periodo anterior al parto y la CC en el momento del parto, teniendo menor relevancia la alimentación en el postparto.

• Tampoco hubo diferencias en tasas de mortalidad de los terneros durante el cebo, independientemente de su duración; luego no se consideró este factor en los cálculos económicos.

Los insumos se valoraron a precios reales de mercado en las fechas en que tuvo lugar la compra. El precio de los animales al sacrificio se obtuvo de los datos publicados por los boletines de la Lonja de Binefar, tomándose el precio medio (ptas./kg canal) de animales añojos de 280 a 320 kg de peso canal a lo largo del período en que se sacrificaron animales.

Los terneros destetados carecen de precio de mercado establecido. Para determinar su precio se consideraron los precios reales pagados en la zona de estudio ese año, que oscilaron entre 90.000 y 100.000 ptas. para terneros machos de características similares a los de la experiencia. Considerando este abanico de precios, se estableció el precio de los animales de manera proporcional a su peso vivo, de manera que el precio de los terneros más ligeros se fijó en 90.000 ptas. y el de los más pesados en 100.000 ptas., teniendo el resto precios intermedios. El coste de utilización del cebadero se tomó de datos reales de alquiler (SCLAS[2], comunicación personal); éstos ascendían a 35 ptas. por ternero y día y comprendían los costes de mano de obra, gastos de funcionamiento y amortización de instalaciones.

Finalmente se realizó un análisis de sensibilidad para observar el efecto de la variación de diversos indicadores técnicos y precios de insumos y animales sobre el resultado económico final obtenido en cada alternativa de manejo.

2. SCLAS: Sociedad Cooperativa Limitada Agropecuaria del Sobrarbe.

Resultados y discusión

Costes de alimentación

En el cuadro 1 se detallan los principales indicadores técnicos y económicos que intervinieron en los cálculos.

Aunque este trabajo no pretendió establecer la importancia relativa de los diferentes capítulos de coste, es importante subrayar que los costes de alimentación son los de mayor importancia en explotaciones de vacuno de carne, tanto de producción de terneros destetados como de cebo, oscilando entre un 45 y un 55% de los costes totales (SERRANO *et al.*, 1997; CABALLERO, 1997).

Al considerar los costes de alimentación totales de la unidad vaca-ternero, caso de una explotación de ciclo completo, los lotes AC y AS supusieron unos costes de alimentación significativamente mayores (14% aproximadamente) que los lotes BC y BS (cuadro 1; figura 2). Esto fue debido a la alimentación

Cuadro 1. Indicadores técnicos y económicos medios de los diferentes lotes
Table 1. Average technical and economical indicators of the groups of animals

LOTE	AC	AS	BC	BS
Periodo lactación				
CC de la vaca al parto	2,48	2,53	2,58	2,54
CC de la vaca al destete	2,61	2,59	2,34	2,39
Consumo ración vacas (kg MS/vaca)	1.602	1.629	1.068	1.075
Consumo pienso terneros (kg MS/tern.)	161	–	169	–
Periodo cebo y sacrificio				
Peso entrada cebo (kg)	250,2	201,4	225,7	166,0
Peso sacrificio (kg)	525,3	521,0	517,2	515,2
Peso canal (kg)	301,1	310,7	304,3	299,4
Duración del cebo (días)	168,0	204,4	171,8	220,0
Consumo pienso (kg MS/tern.)	1.078	1.282	1.080	1.385
Consumo diario pienso (kg MS/tern./d)	6,42	6,27	6,29	6,30
Consumo paja (kg MS/tern.)	228	284	239	306
Coste aliment. ternero en lactación (ptas./ ternero)	8.130,5	0,0	8.534,5	0,0
Coste alimentación vaca en lactación (ptas./ vaca)	29.957,4	30.462,3	19.971,6	20.102,5
Coste aliment. Lactac. (ptas./ unidad vaca-ternero)	38.087,9	30.462,3	28.506,1	20.102,5
Coste alimentación cebo (ptas./ ternero)	29.630,2	35.333,8	29.764,5	38.166,5
Coste alimentación ternero total (ptas./ ternero)	37.760,7	35.333,8	38.299,0	38.166,5
Coste aliment. total (ptas./ unidad vaca-ternero)	67.718,1	65.796,1	58.270,6	58.269,0
Precio umbral terneros destetados (ptas./ kg)	152,2	151,3	126,3	121,1
Precio umbral terneros cebados (ptas./ kg)	128,9	126,3	112,7	113,1

Precios de mercado considerados en los cálculos de costes de alimentación: ración vacas (unifeed) 18,7 ptas./kg MS; pienso iniciación terneros (50,5 ptas./kg MS); pienso cebo (25,9 ptas./kg MS); paja cebo (7,5 ptas./kg MS).

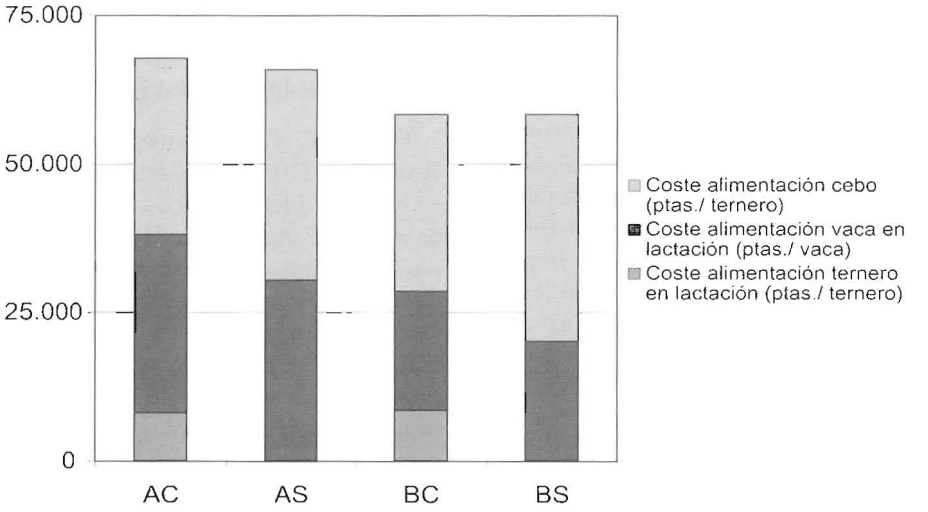


Figura 2. Importancia de los costes de alimentación del ternero y la vaca durante la lactación y el cebo.

Figure 2. Importance of feeding costs of cows and calves during lactation and fattening periods.

más elevada de la vaca lactante. El coste de alimentación del ternero en todo el ciclo varió muy poco alrededor de las 37.000 ptas., lo que significó que para un mismo régimen alimenticio de la madre, no se evidenciaron diferencias significativas entre los costes finales de terneros que recibieron pienso de iniciación y los que no.

Los costes de alimentación del ternero fueron nulos para los lotes AS y BS durante la lactación, pero fueron mayores en el cebo en una cuantía que compensó el ahorro producido. Este hecho puso de manifiesto la ausencia de crecimiento compensador de los animales menos pesados al destete que fueron alimentados exclusivamente con la leche materna, como lo demostró el hecho de que el coste de alimentación del ternero durante el cebo estuviera muy correlacionado con el peso de entrada de los animales a cebo ($r = -0,95$) y con la duración del mismo ($r = 0,99$). La falta de compensación podría deberse a que la subnutrición se aplicó desde el nacimiento, ya que ésta es más probable si la subnutrición es más tardía (BERGE, 1991).

La ausencia de crecimiento compensador tendrá repercusiones económicas diferentes para explotaciones de vacas nodrizas (típicas del área Pirenaica) y explotaciones de cebo intensivo, como discutiremos más adelante.

El precio umbral (aquí definido como precio unitario que ha de obtenerse para cubrir los costes de alimentación) varió de manera similar a los costes totales. El precio umbral de los lotes AC y AS fue significativamente superior que en los lotes BC y BS (≈23% y 13% para animales destetados y cebados, respectivamente) debido a los costes de alimentación de las vacas (cuadro 1). El precio umbral similar de los terneros, dentro de un mismo régimen de alimentación de la madre, mostró que los las estrategias de manejo tenían eficiencias biológicas y económicas globales semejantes.

Análisis económico de estrategias de manejo

En el cuadro 2 se recogen todos los ingresos y costes, adicionales y evitados, incluyéndose los gastos de la vaca nodriza en el periodo de lactación, expresados por animal para cada alternativa de manejo. El Beneficio Extra fue el resultante de la diferencia entre efectos económicos positivos (ingresos adicionales generados y costes evitados) y efectos negativos (ingresos perdidos y costes adicionales generados).

Los tres lotes –AS, BC y BS– generaron, globalmente, beneficios extra con relación al lote de referencia AC. El manejo seguido en el lote AS supuso un beneficio extra de 5.544 ptas. por ternero. Durante el cebo, los costes de alimentación y de uso del cebadero fueron mayores que el ahorro debido a la compra de un animal más ligero.

Sin embargo, se obtuvo un resultado positivo causado por un mayor ingreso en la venta de la canal ligeramente más pesada. Durante la lactación, el ahorro que supuso no utilizar pienso de lactación para los terneros compensó el menor precio obtenido en la venta de los mismos para recría.

El lote BC obtuvo los mejores resultados económicos (10.946 ptas. de beneficio extra en relación al lote AC). Los menores costes de alimentación de las vacas en lactación fueron los que más contribuyeron a este resultado positivo. Estos compensaron sobradamente el menor ingreso obtenido a la venta del ternero para recría. En cebo, los costes adicionales de alimentación y uso de las instalaciones fueron muy reducidos, lo que también contribuyó notablemente en el resultado final.

La estrategia de manejo del lote BS también resultó globalmente rentable. Los costes evitados en la alimentación de la vaca y el ternero en lactación compensaron holgadamente el menor precio obtenido por el ternero para recría y fueron los responsables de los resultados finales positivos. Sin embargo, el periodo de cebo originó pérdidas netas, debido al coste adicional que representó la alimentación que no pudo compensar el menor precio de compra de los animales.

Cuadro 2. Ingresos adicionales, Costes evitados, Ingresos perdidos y Costes adicionales de las estrategias de alimentación correspondientes a los lotes AS, BC y BS, con respecto al lote AC (ptas./ternero)

Table 2. Additional incomes, avoided costs, lost incomes and additional costs of different feeding strategies in comparison to strategy AC (ptas./calf)

ALTO SIN (AS) *LACTACIÓN*	Ingresos adicionales	Costes evitados	Ingresos perdidos	Costes adicionales
Pienso terneros lactación 161 kg@50,5 ptas.		8.130,5		
Alimentación vacas 27 kg@18,7 ptas.				504,9
Precio venta ternero recría (94.203,3 ptas.)			5.796,7	
TOTAL	0,0	8.130,5	5.796,7	504,9
BENEFICIO EXTRA	1.828,9			
CEBO				
Precio compra ternero recría (94.203,3 ptas.)		5.796,7		
Pienso terneros cebo 204 kg@25,9 ptas.				5.283,6

Paja cebo 56 kg@7,5 ptas.				420,0
Uso de cebadero 36,4 d@35 ptas.				1.274,0
Precio venta ternero cebado 9,6 kg@510 ptas.	4.896,0			
TOTAL	4.896,0	5.796,7	0,0	6.977,6
BENEFICIO EXTRA	3.715,1			
CICLO COMPLETO				
BENEFICIO EXTRA	5.544,0			

BAJO CON (BC) *LACTACIÓN*	Ingresos adicionales	Costes evitados	Ingresos perdidos	Costes adicionales
Pienso terneros lactación 8 kg@50,5 ptas.				404,0
Alimentación vacas 534 kg@18,7 ptas.		9.985,8		
Precio venta ternero recría (97.089,1 ptas.)			2.910,9	
TOTAL	0,0	9.985,8	2.910,9	404,0
BENEFICIO EXTRA	6.670,9			
CEBO				
Precio compra ternero recría (97.089,1ptas.)		2.910,9		
Pienso terneros cebo 2 kg@25,9 ptas.				51,8
Paja cebo 11 kg@7,5 ptas.				82,5
Uso de cebadero 3,8 d@35 ptas.				133,0
Precio venta ternero cebado 3,2 kg@510 ptas.	1.632,0			
TOTAL	1.632,0	2.910,9	0,0	267,3
BENEFICIO EXTRA	4.275,6			
CICLO COMPLETO				
BENEFICIO EXTRA	10.946,5			

BAJO SIN (BS) *LACTACIÓN*	Ingresos adicionales	Costes evitados	Ingresos perdidos	Costes adicionales
Pienso terneros lactación 161 kg@50,5 ptas.		8.130,5		
Alimentación vacas 527 kg@18,7 ptas.		9.854,9		
Precio venta ternero recría (90.000 ptas.)			10.000,0	
TOTAL	0,0	17.985,4	10.000,0	0,0
BENEFICIO EXTRA	7.985,4			
CEBO				
Precio compra ternero recría (90.000 ptas.)		10.000,0		
Pienso terneros cebo 307 kg@25,9 ptas.				7.951,3
Paja cebo 78 kg@7,5 ptas.				585,0
Uso de cebadero 52 d@35 ptas.				1.820,0
Precio venta ternero cebado 1,7 kg@510 ptas.				867,0
TOTAL	0,0	10.000,0	867,0	10.356,3
BENEFICIO EXTRA	-1.223,3			
CICLO COMPLETO				
BENEFICIO EXTRA	6.762,1			

Con estos resultados podemos establecer un orden de alternativas de manejo en función de su interés económico para cada periodo de crianza y globalmente, tal y como refleja el cuadro 3.

Considerando el ciclo completo (caso de una explotación de vacas nodrizas que cebe sus propios terneros), la estrategia de "alimentación baja" para la madre y suministro de pienso al ternero en lactación fue la que más beneficio extra generó bajo las condiciones antes descritas (10.946 ptas./ternero más que la estrategia AC). A continuación se situaron las estrategias BS y AS con un beneficio extra de 6.762 ptas. y 5.544 ptas./ternero, respectivamente.

Sin embargo, este orden se vio alterado cuando considerábamos los periodos de lactación y cebo por separado. En explotaciones de cría de terneros (típicas de la zona donde se enmarca este trabajo), la estrategia óptima desde el punto de vista económico suponía una alimentación baja para la vaca sin suministro de pienso para los terneros (7.985 ptas./ternero de beneficio extra), seguida de las estrategias BC y AS con 6.670 y 1.828 ptas./ternero, respectivamente.

Estos resultados variaron cuando se consideraban desde el punto de vista de una explotación de cebo de terneros. En este caso, la estrategia óptima fue la misma que para explotaciones de ciclo completo, alimentación baja para la madre y suministro de pienso al ternero, seguida de la estrategia AS, 4.275 y 3.715 ptas./ternero, respectivamente. El beneficio extra de la estrategia BS fue negativo (-1.223 ptas./ternero), lo que significó que, considerado el cebo aisladamente, la estrategia de referencia AC ofreció mejores resultados económicos que la estrategia BS.

Análisis de sensibilidad

Los resultados económicos obtenidos en esta experiencia dependieron, lógicamente, de los resultados técnicos obtenidos, pero fundamentalmente de los precios de insumos y productos. Estos precios, sobre todo algunos como los de los animales de recría, están sujetos a fuertes variaciones interanuales. En el cuadro 4 figuran los factores (precios y peso canal) de mayor incidencia en los resultados finales de cada alternativa de manejo.

La modificación del precio del ternero de recría no alteró el beneficio extra obtenido globalmente (ciclo completo). Esto fue debido a la anulación de los precios de venta

Cuadro 3. Estrategias de manejo ordenadas según su interés económico para cada periodo de crianza

Table 3. Ranking of feeding strategies by economic interest in each productive period

N.º de orden	Ciclo completo	Lactación	Cebo
1.º	BC	BS	BC
2.º	BS	BC	AS
3.º	AS	AS	AC
4.º	AC	AC	BS

Cuadro 4. Análisis de sensibilidad: efecto de la modificación de diversos factores sobre el Beneficio Extra obtenido por cada alternativa y periodo de crianza

Table 4. Sensitivity analysis: effect of changes of different factors on the Extra Benefit for each feeding strategy and productive period

	AS			BC			BS		
Variable	Lactación	Cebo	Total	Lactación	Cebo	Total	Lactación	Cebo	Total
Experiencia sin modificar									
	1.828,9	3.715,1	5.544,0	6.670,9	4.275,6	10.946,5	7.985,4	-1.223,3	6.762,1
Precio ternero recría +10%									
	1.250,5	4.293,5	*5.544,0*	6.381,2	4.565,3	*10.946,5*	6.985,4	-223,3	*6.762,1*
Precio ternero recría +20%									
	671,1	4.872,9	*5.544,0*	6.090,6	4.855,9	*10.946,5*	5.985,4	776,7	*6.762,1*
Precio ternero recría +30%									
	90,7	5.453,3	*5.544,0*	5.798,6	5.147,9	*10.946,5*	4.985,4	1.776,7	*6.762,1*
Precio ternero recría +40%									
	-488,6	6.032,6	*5.544,0*	5.507,9	5.438,6	*10.946,5*	3.985,4	2.776,7	*6.762,1*
Precio ternero recría -10%									
	2.410,2	3.133,8	*5.544,0*	6.963,9	3.982,6	*10.946,5*	8.985,4	-2.223,3	*6.762,1*
Precio ternero recría -20%									
	2.989,0	2.555,0	*5.544,0*	7.254,0	3.692,5	*10.946,5*	9.985,4	-3.223,3	*6.762,1*
Diferencia entre precios = 20.000 ptas. (85-105.000)									
	-3.965,9	9.509,9	*5.544,0*	3.762,3	7.184,2	*10.946,5*	-2.014,6	8.776,7	*6.762,1*
Precio único = 95000 ptas.									
	7.625,6	-2.081,6	*5.544,0*	9.581,8	1.364,7	*10.946,5*	17.985,4	-11.223,3	*6.762,1*
Precio pienso lact.+10%									
	2.641,9	*3.715,1*	6.357,0	6.630,5	*4.275,6*	10.906,1	8.798,5	*-1.223,3*	7.575,1
Precio pienso lact. -10%									
	1.015,8	*3.715,1*	4.730,9	6.711,3	*4.275,6*	10.986,9	7.172,4	*- 1.223,3*	5.949,0
Precio unifeed vacas +10%									
	1.778,4	*3.715,1*	5.493,5	7.669,5	*4.275,6*	11.945,1	8.970,9	*- 1.223,3*	7.747,6
Precio unifeed vacas -10%									
	1.879,4	*3.715,1*	5.594,5	5.672,4	*4.275,6*	9.947,9	6.999,9	*- 1.223,3*	5.776,6
Precio pienso cebo +10%									
	1.828,9	3.186,8	5.015,6	*6.670,9*	4.270,4	10.941,3	*7.985,4*	-2.018,4	5.967,0
Precio pienso cebo -10%									
	1.828,9	4.243,5	6.072,4	*6.670,9*	4.280,7	10.951,7	*7.985,4*	-428,2	7.557,2
Precio uso cebadero +10%									
	1.828,9	3.587,7	5.416,6	*6.670,9*	4.262,3	10.933,2	*7.985,4*	-1.405,3	6.580,1
Precio uso cebadero -10%									
	1.828,9	3.842,5	5.671,4	*6.670,9*	4.288,9	10.959,8	*7.985,4*	-1.041,3	6.944,1
Precio kg canal +10%									
	1.828,9	4.204,7	6.033,6	*6.670,9*	4.438,8	11.109,7	*7.985,4*	-1.310,0	6.675,4
Precio kg canal -10%									
	1.828,9	3.225,5	5.054,4	*6.670,9*	4.112,4	10.783,3	*7.985,4*	-1.136,6	6.848,8
Peso canal igual = 301,1 kg									
	1.828,9	-1.180,9	648,0	*6.670,9*	2.643,6	9.314,5	*7.985,4*	-356,3	7.629,1

Las cifras en cursiva indican que no ha habido cambios respecto a la experiencia original.

y compra de estos animales, ya que éstos no tuvieron lugar. Sin embargo, fue el factor más influyente cuando consideramos los periodos de lactación y cebo por separado.

A medida que aumentaba el precio del ternero de recría, el beneficio extra respecto al lote AC obtenido en el periodo de lactación disminuyó en todas las estrategias de manejo; mientras que, necesariamente, aumentó en el periodo de cebo. En lactación, debido al mayor peso de destete de los animales del lote AC, un aumento de precio provocó que las diferencias en márgenes generados entre este lote y el resto disminuyeran. De esta manera, un aumento de precio entre el 10 y el 20% hizo que la opción BC fuera más rentable que la BS, y un aumento entre el 30 y el 40% provocó que la opción AC fuera más rentable que la AS. Por el contrario, en el periodo de cebo, un aumento del precio del ternero de recría benefició las estrategias que no suministraban pienso de lactación a los terneros (AS y BS), de manera que un aumento de entre el 10 y 20% supuso que la opción AS ocupara el primer lugar en cuanto a rentabilidad, por delante de BC, y que la opción BS superara a la AC. La disminución del precio del ternero de recría tuvo efectos simétricamente contrarios.

Este mismo efecto, más acentuado, se observó cuando estableciamos mayor diferencia de precios entre los terneros más pesados y más ligeros (20.000 ptas.). Si éste fuera el caso, la estrategia BC seguiría siendo la más rentable en el periodo de lactación, seguida en este caso de AC, ya que tanto AS como BS obtuvieron beneficios extra negativos (es decir, rentabilidades por debajo de AC) (cuadro 5). Las estrategias BC y AC suministraron pienso a los terneros y por lo tanto obtuvieron animales más pesados que lograron un precio mayor. La producción de animales más pesados hacía recomendable el uso de concentrados en lactación.

Contrariamente, en cebo, las estrategias que no suministraban pienso a los terneros en lactación fueron las más rentables, puesto que el coste de compra de terneros más ligeros fue menor.

Alternativamente, con un sistema de precio único (95.000 ptas.) los resultados fueron muy diferentes. En lactación, el orden de estrategias de manejo según su rentabilidad económica fue el mismo que con los precios establecidos originalmente. El lote BS obtuvo un beneficio extra superior en 17.985 ptas./ternero al lote AC. En cebo, sin embargo, los lotes que suministraban concentrado en lactación eran los más rentables, debido al mayor peso de los animales de recría (cuadro 5).

La alteración de los precios de los insumos afectó a la cuantía de los beneficios extra generados respecto al lote AC en el momento de uso del insumo. Sin embargo, el orden de alternativas respecto a su interés económico no se llegó a modificar en ningún momento. Por ejemplo, un aumento del precio del pienso de lactación afectó únicamente al periodo de lactación (y por tanto al ciclo completo también), de manera positiva en los lotes que no utilizaban este pienso (AS y BS) y negativa en los que sí lo utilizaban (BC y AC). De forma similar, un aumento del precio del pienso de cebo, benefició la estrategia AC y BC frente a BS y AS en este periodo, pero no afectó a los resultados obtenidos en lactación.

Por último, teniendo en cuenta que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre el peso canal de los terneros cebados de los diferentes lotes, fijamos este factor como constante. En este caso, el beneficio extra de las alternativas respecto al lote AC cambió notablemente para el periodo de cebo, de manera que la estrategia AC (situada cuarta originalmente) pasó a

Cuadro 5. Estrategias de manejo ordenadas según su interés económico para cada periodo de crianza bajo diferentes regímenes de precios del ternero

Table 5. Ranking of feeding strategies by economic interest in every productive period under different calf price scenarios

	Diferencia de precio de 20.000 ptas.			Precio único		
N.º de orden	Ciclo completo	Lactación	Cebo	Ciclo completo	Lactación	Cebo
1.º	BC	BC	AS	BC	BS	BC
2.º	BS	AC	BS	BS	BC	AC
3.º	AS	BS	BC	AS	AS	AS
4.º	AC	AS	AC	AC	AC	BS

ocupar el segundo lugar en rentabilidad tras BC, y AS (situada segunda originalmente) pasó a ocupar el cuarto lugar tras BS.

Conclusiones

1. El interés económico de las alternativas de manejo estudiadas, en las condiciones técnicas y de mercado que se han considerado, depende del tipo de explotación: explotaciones de ciclo completo, de vacas nodrizas o de cebo. En el caso de explotaciones de ciclo completo, las alternativas más convenientes son las de alimentación baja para la madre, debido al menor coste de alimentación de la vaca. Para las explotaciones de vacas nodrizas la no utilización de piensos de iniciación es positiva desde el punto de vista económico. Contrariamente, en una explotación de cebo, el uso de piensos de iniciación sería más interesante.

2. En los terneros que no dispusieron de pienso de iniciación en lactación no existe crecimiento compensador durante la fase de cebo. La eficiencia biológica y económica del ciclo completo es similar, independientemente de que se suministre o no pienso de iniciación a los terneros en lactación.

3. El factor que en mayor medida determina el interés económico de unas estrategias de manejo frente a otras durante la lactación es el precio del ternero destetado. La fijación de un precio de mercado en función del peso y conformación de los animales haría más interesante el aporte de pienso de iniciación en las explotaciones de vacas nodrizas; o asimismo, una mejor alimentación de la madre, que repercutiría en mayores ganancias del ternero a través de la mayor producción de leche.

4. En explotaciones de vacas nodrizas, la falta de precio objetivo de mercado del ternero destetado y su variabilidad interanual hacen que sea difícil predecir el momento óptimo de venta de los terneros, por lo que las estrategias de manejo de alimentación más adecuadas durante la lactación pueden variar en situaciones de precios cambiantes. Además, la creciente incidencia de las primas (prima especial a los productores de bovinos machos y la reciente prima por sacrificio) puede condicionar de manera decisiva los momentos de venta de los terneros y, por tanto, los sistemas de producción practicados.

Bibliografía

ARC. 1980. The nutrient requirements of ruminant livestock. 351 p. Farnham Royal. United Kingdom.

BERGE P.. 1991. Long-term effects of feeding during calfhood on subsequent performance in beef cattle (a review). Livestock Production Science. 28. 179-201.

CABALLERO J.R.. 1997. Costes de producción en carne de añojo. 571-579. En: Vacuno de Carne: Aspectos Claves. Buxadé. C. (Ed.). 655 pp. Mundi-Prensa. Madrid.

CASASÚS I., BERNUÉS A., SANZ A., REVILLA R., 2001a. Alimentación de la vaca y el ternero durante la lactación y el cebo en sistemas extensivos de montaña: (I) Rendimientos del rebaño en lactación. IX Jornadas sobre Producción Animal. Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario. Zaragoza 25-27 de abril de 2001.

CASASÚS I., BERNUÉS A., SANZ A., ALZÓN M., EGUINOA P., 2001b. Alimentación de la vaca y el ternero durante la lactación y el cebo en sistemas extensivos de montaña: (II) Rendimiento de los terneros en cebo y eficiencia biológica. IX Jornadas sobre Producción Animal. Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario. Zaragoza 25-27 de abril de 2001.

LOWMAN B.G., SCOTT N.A., SOMERVILLE S.H. 1976. Condition scoring of suckler cows. East of Scotland College of Agriculture. Bulletin 6. 1-31.

SANZ A., 2000. Dinámica folicular en vacas nodrizas sometidas a condiciones nutricionales y de manejo del ternero diferentes. Factores de explotación asociados a la duración del anestro postparto. 224 pp. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza.

SERRANO E., LAVÍN P., RUIZ A., 1997. Coste de producción en carne rosada y de ternera 557-569. En: Vacuno de Carne: Aspectos Claves. BUXADÉ. C. (Ed.). 655 pp. Mundi-Prensa. Madrid.

TURNER J., TAYLOR M., 1998. Applied farm management. 394 pp. Blackwell Science. Oxford.

WARREN M., 1998. Financial management for farmers and rural managers. 292 pp. Blackwell Science. Oxford.

(Aceptado para publicación el 27 de agosto de 2001)

ITEA (2001), Vol. 97A N.° 2, 131-144

BASE GENÉTICA DE LA RESISTENCIA-SUSCEPTIBILIDAD A LAS ENCEFALOPATÍAS ESPONGIFORMES TRANSMISIBLES EN LAS ESPECIES BOVINA Y OVINA

C. Díaz*,[1], M. Serrano*, J.M. Torres**

* Dpto. de Mejora Genética Animal, SGIT-INIA, Ctra. de La Coruña, km 7,5, 28040 Madrid, España, e-mail:cdiaz@inia.es

** Centro de Investigación en Sanidad Animal, CISA-INIA, Ctra. Algete-El Casar, 28130 Valdeolmos, Madrid, España

RESUMEN

Las Encefalopatias Espongiformes Transmisibles (EETs) engloban un grupo de enfermedades neurodegenerativas causadas por priones que se caracterizan por la acumulación en el cerebro de una proteína infectiva (PrP^{Sc}) altamente insoluble y resistente a proteolisis. La PrP^{Sc} corresponde a la isoforma patógena de la proteína celular (PrP^{c}), una metaloproteína entre cuyas características destaca su capacidad para el transporte de cobre. La isoforma patógena se deriva de la forma celular a través de un proceso postraduccional que probablemente sólo implica un cambio en la estructura secundaria de la proteína, de tal forma que la secuencia de aminoácidos de la PrP^{C} y la PrP^{Sc} es idéntica. La proteína priónica está codificada por un gen cromosómico denominado Prn-p o PRNP, el cual contiene dos o tres exones dependiendo de la especie. Este gen está altamente conservado y presenta una gran homología entre especies.

Se han descrito diversas variantes polimórficas naturales en el gen de la PrP que determinan la resistencia o susceptibilidad a esta enfermedad. Dichas variantes son bien mutaciones puntuales que producen cambios aminoacídicos en la proteína dando lugar a polimorfismos de un solo nucleótido (SNPs) o inserciones y deleciones que afectan al número de repeticiones de un octapéptido. Por lo general, se puede decir que cuanto mayor es el número de repeticiones mayor es la susceptibilidad a la enfermedad. Estas variantes polimórficas han sido relacionadas con la EET en humanos. En ganado bovino no ha sido establecida la relación entre ciertos polimorfismos y la EET, aunque existen indicios (estudios de asociación, epidemiológicos y de homología con otras especies) que fundamentarían las existencia de una base genética, también en este caso. En este ganado [bovino], se han encontrado pocos polimorfismos en la fase de lectura abierta (ORF) del gen de la PrP. Los que se han descrito, hasta la fecha, generalmente afectan al número de repeticiones del octapéptido en combinación con SNPs en estas mismas regiones. En ganado ovino, la resistencia-susceptibilidad a la EET ovina (*scrapie*) y posiblemente a la EEB, viene determinada por el polimorfismo de los codones 136, 154 y 171, en la ORF del gen de la PrP. Los animales portadores del alelo ARR y AHQ son resistentes a la enfermedad y los VRQ susceptibles, existiendo una situación

1. Autor al que debe dirigirse la correspondencia.

variada de distintos grados de susceptibilidad de los heterocigotos en distintas razas. Así, en esta especie, la selección puede constituirse a corto plazo como una herramienta eficaz en la prevención de dicha enfermedad.

Palabras clave: PrP, EET; EEB, Scrapie, Vacuno, Ovino, Selección.

SUMMARY

GENETIC BASIS OF RESISTANCE-SUCEPTIBILITY TO TRANSMISSIBLE SPONGIFORM ENCEPHALOPATIES IN THE BOVINE AND OVINE SPECIES

Transmissible Spongiform Encephalopaties (TSEs) are a group of neurodegenerative diseases caused by prions. All TSEs are characterised by an accumulation of an abnormal infectious form of the protein (PrP^{Sc}) in the brain. This protein is a pathogenic insoluble and partially proteinase-resistant isoform of the cellular PrP (PrP^{C}), a copper binding protein. The pathogenic isoform is derived from the PrP^{C} by a postranslational process which probably only implies a change in the secondary structure of the protein, since the sequence of amino acids of both proteins is the same. Prion protein is encoded by a highly conserved chromosomal gene named Prn-p or PRNP. This gene contains two or three exons, depending on species, with a high degree of homology among them.

Several natural polymorphic variants of the PrP gene have been described as involved in resistance-susceptibility to TSE. Such polymorphisms are either point mutations producing a change in the aminoacidic composition of the protein (single nucleotide polymorphisms (SNPs) or insertions and deletions affecting the number of octarepeats. There seems to be a direct relationship between the number of octarepeats and the susceptibility to the disease, the higher the number of octarepeats the more the susceptibility to disease. This type of variants has been related to TSE in humans. In cattle, there is not evidence for an association between particular PrP gene polymorphisms and BSE although there are some indications (epidemiological, association studies and homology with other species) which also support the existence of a genetic basis. A few polymorphisms in the ORF of the PrP gene have been found, in cattle. They generally affect the number of octarepeats, combined with SNPs in these regions. In sheep, the resistance/susceptibility to scrapie, and possibly to BSE, is determined by polymorphisms in codons 136, 154 and 171 located in the ORF of the PrP gene. Homocygous animals for alleles ARR and AHQ are resistant to scrapie and those for alleles VRQ are susceptible. However, heterocygous show different degrees of susceptibility, in different breeds. Thus, in sheep, selection may become in a short period of time, a useful tool for prevention of TSE.

Key words: PrP, TSE; BSE, Scrapie, Cattle, Sheep, Selection.

Introducción

La FAO ha puesto de manifiesto la necesidad de que todos los países presten atención a las Encefalopatías Espongiformes Transmisibles (EETs) ya que en algunos países europeos han desencadenado un importante problema de salud pública. En 1996, se describió el primer caso de la nueva variante de la enfermedad de Creutzfeldt-Jakob (vCJD) que ha sido asociada a la Encefalopatía Espongiforme Bovina (EEB; HAGENNAARS *et al.*, 2000). Por el momento, en junio del 2001 el número de

personas afectadas por esta enfermedad ascendía a 102 casos declarados oficialmente en el Reino Unido, 3 en Francia y 1 en Irlanda. Sin embargo, aunque el número de casos no resulte todavía alarmante en el Reino Unido, se estima que la incidencia real de la vCJD ha tenido un incremento anual del 23% entre los años 1994 y 2000 (BALTER, 2000) y que las predicciones sobre el número de casos esperados asciende a unos 136.000 (BALTER, 2000). Si las previsiones de los epidemiólogos se cumplen, el grado de desconfianza que ello puede generar en el consumidor español es impredecible aunque no llegue a detectarse ningún caso de vCJD en nuestro país.

El *scrapie*, representante típico de estas enfermedades en el ganado ovino, había sido considerado tradicionalmente como de menor importancia frente a enfermedades infecciosas mucho más virulentas (CUILLÉ y CHELE, 1939). Sin embargo, a partir de 1986 en que se diagnosticó por vez primera la EEB en ganado vacuno (WELLS *et al.*, 1987; WILESMITH *et al.*, 1988), los priones han dado lugar a una epizootia de grandes dimensiones y hondo calado en la opinión pública. Aunque no se ha descrito ninguna relación entre la enfermedad en ovino y la EET en el hombre, existen indicios basados en resultados experimentales que hacen que no pueda descartarse la aparición de una nueva variante de la enfermedad en ovejas alimentadas con harinas contaminadas con EEB y que ésta, pudiera presentar una transmisión horizontal a los seres humanos, rompiendo la barrera interespecífica ovina-humana.

En nuestro país, es difícil cuantificar la incidencia de las EETs en las distintas especies rumiantes aunque sus efectos se dejan notar día a día especialmente en lo concerniente al ganado vacuno. Desde que aparecieron los primeros casos de bovinos afectados por la enfermedad se ha producido una disminución rápida en el consumo de carne de esta especie, un incremento de los costes de producción por el gasto de la retirada de los materiales específicos de riesgo (MER), sin olvidar el posible problema medioambiental que puede generar la retirada de los animales afectados. Según una encuesta del Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación (MAPA), la disminución en el consumo de carne de vacuno en nuestro país ha llegado a un 48%. Esta disminución pone de manifiesto que la alarma generada entre los consumidores es considerable, y ha supuesto un cambio en los hábitos de consumo de las familias españolas. Se estima que el coste de retirada y eliminación de animales de las granjas asciende a 14.000 millones de pesetas anuales. No obstante, si incluimos los costes de intervención del Fondo Europeo de Garantía (FEGA), los costes de eliminación de despojos de matadero y el lucro cesante del sector como consecuencia de la crisis, podríamos estar hablando de unos 150.000 millones de pesetas anuales. Todo ello nos sitúa ante un problema de salud pública que además afecta los intereses económicos de un amplio grupo de sectores, especialmente los productores de vacuno y ovino.

Las encefalopatías espongiformes transmisibles (EETs) engloban un grupo de enfermedades neurodegenerativas causadas por priones que afectan a diferentes especies animales incluida la humana. Todas ellas se caracterizan por la acumulación en el cerebro de una proteína infectiva (PrP^{Sc}), altamente insoluble y parcialmente resistente a la proteolisis, correspondiente a la isoforma patógena de la proteína celular (PrP^{C}).

Entre las encefalopatías espongiformes descritas en animales, las de mayor repercusión han sido la EEB también conocida como "enfermedad de las vacas locas" y la Encefalopatía Espongiforme Ovina también conocida como "tembladera" o *scrapie*. En la especia humana hay que destacar la enfermedad

de Creutzfeldt-Jakob (CDJ); la nueva variante (vCJD) descubierta en marzo de 1996 y que ha sido asociada a la ingestión de material infectado con EEB; el Insomnio Familiar Fatal o Síndrome de Gerstmann-Sträussler-Scheinker y el Kuru. Un gran número de evidencias sugieren que una isoforma anormal de la PrP^{C} (PrP^{Sc}) es la responsable de la infectividad "hipótesis del prión" (PRUSINER *et al.*, 1990). De acuerdo con esta hipótesis, los priones se componen de una proteína denominada PrP^{Sc}. La PrP^{Sc} se produce a través de un proceso postraduccional (GABIZON y PRUSINER, 1990) consistente en el plegamiento erróneo de una proteína celular de idéntica secuencia de aminoácidos, presente en prácticamente todos los tejidos del organismo, denominada PrP^{C} (isoforma celular de la proteína del prión). Este plegamiento erróneo confiere a la PrP^{Sc} dos propiedades que permiten diferenciarla de la PrP^{C}, la resistencia parcial a la digestión por proteasas y la insolubilidad (PAN *et al.*, 1993). La PrP^{C} madura, purificada en su forma nativa tiene una estructura secundaria compuesta por un 43% de α-hélice y un 3% de lámina β. Por el contrario, los estudios espectroscópicos permitieron establecer que la estructura secundaria de la PrP^{Sc} contiene un 43% de lámina β lo que le confiere la capacidad de formar complejos supramoleculares acumulables denominados amiloides (PAN *et al.*, 1993).

La estructura terciaria de la PrP^{C} humana y bovina ha sido desvelada recientemente (ZAHN *et al.*, 2000; LÓPEZ *et al.*, 2000). Ésta consiste en tres α-hélices que conforman un núcleo ordenado en el extremo carboxilo terminal de la molécula y una zona amino terminal desestructurada y flexible. Se ha propuesto que la transformación de PrP^{C} a PrP^{Sc} consiste en una transición de las α-hélices a láminas β, coincidiendo con las zonas conservadas de la cadena polipeptídica (ZAHN *et al.*, 2000; LÓPEZ *et al.*, 2000).

La implicación de la proteína celular en la transmisión de los priones se puso de manifiesto al observar que ratones knockout (ratones que no expresan la PrP^{C} al haberse inactivado su gen) eran resistentes a la enfermedad (BUELER *et al.*, 1993), demostrando de manera indiscutible que para la producción de proteína infectiva era necesaria la presencia de la isoforma celular. En estos ratones se podía restablecer la susceptibilidad a los priones murinos reintegrando en el genoma el gen de la PrP (FISCHER *et al.*, 1996).

Se desconocen los mecanismos moleculares de la conversión de la PrP^{C} en PrP^{Sc} aunque probablemente conlleve únicamente un cambio en la conformación de la proteína (BORCHELT *et al.*, 1990). Se han propuesto varios modelos para explicar cual es el mecanismo de propagación de los priones (SAFAR *et al.*, 1996). El primer modelo denominado de desnaturalización-renaturalización atribuye el control cinético al cambio conformacional, que es una etapa limitante ya que implica la desnaturalización de la PrP^{C} y posterior renaturalización. En este modelo la PrP^{C} es el sustrato y PrP^{Sc} el producto de reacción. La velocidad de reacción depende de la concentración del sustrato. La PrP^{Sc} es un efector alostérico que regula la conversión de PrP^{C} en PrP^{Sc}. Un segundo modelo se ha denominado de polimerización nucleada por condensación no covalente. Éste modelo propone que el cambio conformacional está ligado a un equilibrio de asociación de manera que ambas conformaciones existen en equilibrio pero la estabilización de la forma patológica ocurre a través de la formación de un núcleo que constituye la etapa lenta del proceso. Una vez constituido el núcleo, éste crece por adiciones sucesiva y rápidas de nuevas moléculas, disparándose el proceso. Ambos modelos justificarían las tres variantes patológicas. Las patologías infecciosas serían el resulta-

do de la presencia exógena de la PrP^{Sc}, es decir del catalizador o efector del núcleo. Las patologías hereditarias ocurrirían por una desestabilización de la estructura de la PrP^{C} o una estabilización de la estructura de la PrP^{Sc} favoreciendo la oblación del estado patológico. Por último, las enfermedades esporádicas podían surgir por mutaciones somáticas espontáneas que conlleven la formación de la PrP^{Sc}.

Aunque no se han encontrado otras proteínas distintas de la PrP^{Sc} en fracciones enriquecidas en infectividad atribuible a priones, algunos resultados recientes sugieren la presencia de una macromolécula (designada provisionalmente como X) que participa en la formación del prion. Estos resultados indican que mientras que la PrP^{Sc} se une a la PrP^{C} en una región situada entre los aminoácidos 96 y 167, la proteína X se une a aminoácidos situados cerca del extremo COOH-terminal (TELLING *et al.*, 1995).

En los cerebros de animales en fases muy avanzadas de la enfermedad, la proteína infectiva se acumula en amiloides que son síntoma patognomónico de la enfermedad (PRUSINER, 1993). Las placas amiloides también se pueden encontrar en el bazo y los nódulos linfáticos (HOPE y MANSON, 1991).

Bases genéticas de la barrera interespecífica

La proteína del prion (PrP) está codificada por un gen cromosómico denominado Prn-p o PRNP. Este gen contiene 2 o 3 exones, dependiendo de la especie. Dicho gen está altamente conservado (WOPFNER *et al.*, 1999). Mientras que en hamsters el gen de la PrP presenta dos exones y la región codificante del mismo se encuentra en el segundo exón (GOLDFARB *et al.*, 1991), en humanos, ovinos, vacunos y ratones presenta tres exones y es en el tercero donde se encuentra la región codificante de la proteina (INOUE *et al.*, 1997) o la fase de lectura abierta (ORF). El grado de homología del gen entre las distintas especies es muy elevado (PRUSINER *et al.*, 1993; CASTIGLIONI *et al.*, 1998; WOPFNER *et al.*, 1999). La homología descrita entre el gen humano y el gen bovino y ovino es de 66,7% y 65,4%, respectivamente. Así mismo, la homología entre estos dos últimos es del 98% (PRUSINER *et al.*, 1993; HUNTER, 1999).

La expresión del gen y posterior modificación postraduccional da lugar a una glicoproteína de membrana de entre 230 y 250 aminoácidos según la especie (PrP^{C}). Los priones se propagan mediante la transformación de la PrP^{C} en su isoforma patógena (PrP^{Sc}), que a su vez sirve de molde para la transformación de nueva proteína celular. Se trata pues de una enfermedad en la que el genoma del individuo susceptible proporciona tanto el sustrato (PrP^{C}) como el catalizador (PrP^{Sc}) de la transformación patogénica (GABIZON y TARABOULOS, 1997). En el caso de las infecciones a partir de una fuente exógena, la PrP^{Sc} inoculada es el iniciador de la transformación (GABIZON y TARABOULOS, 1997). La eficiencia de la transformación de PrP^{C} en PrP^{Sc} viene determinada por el grado de homología de secuencia entre la proteína exógena y la proteína celular, de tal forma que cuando el agente patógeno (PrP^{Sc}), ingerido o inoculado es de diferente especie y, por tanto, presenta cambios en la secuencia de aminoácidos respecto de la PrP^{C}, los tiempos de incubación hasta la aparición de síntomas se alargan. Por ejemplo, ratones inoculados con proteína de prion de hamster, desarrollan la enfermedad tras 500 días de incubación, mientras que este tiempo se reduce a 130 días cuando los ratones son inoculados con proteína de prion murina. Sin embargo, una vez que el prion transgrede la barrera de especie y por lo tanto adquiere la

secuencia proteica determinada por el gen del huésped, en sucesivas infecciones los tiempos de incubación en la nueva especie se acortan sensiblemente (SCOTT *et al.*,1989). La existencia de esta barrera interespecífica se confirmó mediante la obtención de diferentes líneas de ratones transgénicos que expresaban la PrP^C de hámster. Estos animales fueron más susceptibles a la infección por priones de hámster que los ratones no transgénicos. La expresión de la PrP^C bovina en ratones knockout para la PrP^C murina permitió un ensayo de infectividad de priones bovinos en el que los tiempos medios de incubación fueron de 250 días mientras que en los animales control la infección fue mucho menos eficiente y con tiempos de incubación mucho más largos (SCOTT *et al.*, 1997). Resultados similares han sido obtenidos por TORRES *et al.* (resultados en vía de publicación).

La transmisión experimental también ha sido descrita entre bovinos y ovinos. Así, se han observado vacas enfermas tras ser inoculadas con extractos de cerebros de ovejas afectadas de *scrapie*; sin embargo, la enfermedad desarrollada presentaba características diferenciales con respecto a la EEB conocida (CUTLIP *et al.*, 1997) y las propiedades bioquímicas de la PrP^{Sc} (perfil de glicosilación y "proteasa fingerprinting") también fueron diferentes. Así mismo, se han obtenido ovejas enfermas al ser inoculadas con tejido de vacas afectadas por EEB (FOSTER *et al.*, 1994) aunque al igual que en el caso anterior, la enfermedad desarrollada presentaba características diferenciales.

El gen de la PrP y la resistencia y/o susceptibilidad a las EETs

El gen de la PrP^C presenta variantes polimórficas naturales que determinan la susceptibilidad a la enfermedad (BERR *et al.*, 1998). Entre estas variantes se encuentran las debidas a mutaciones puntuales (PRUSINER, 1998; PRIOLA y CHESEBRO, 1998) y las derivadas de inserciones y deleciones de octapéptidos repetidos (KENNEY *et al.*, 1995). Estudios previos sobre mutaciones puntuales han demostrado que ratones transgénicos que expresaban el gen de la PrP^C murina mutada en la posición 102 (mutación que aparece en una de las encefalopatías espongiformes humanas) desarrollaban una degeneración espongiforme espontánea en 70 días (HSIAO *et al.*, 1990). De igual forma, diversas mutaciones puntuales del gen de la PrP que se traducen en cambios de la estructura aminoacídica de la proteína han sido asociadas a la aparición esporádica de la enfermedad en las especies humana (BROWN, 1994) y ovina (HUNTER *et al.*, 1994a). Por otro lado, ratones transgénicos que expresaban el gen de la PrP^C murina con 14 octapéptidos repetidos, en vez de los 5 octapéptidos naturales, desarrollaban una encefalopatía espongiforme semejante a la causada por priones (CHIESA *et al.*, 1998). Es conocido que esta región con octapéptidos de repetición está implicada en la unión al cobre, el cual parece a su vez, estar implicado en la transformación de PrP^C en PrP^{Sc} (VILES *et al.*, 1999; WHITTAL *et al.*, 2000). Así, la relación entre las variantes polimórficas y las EETs ha sido demostrada en las especies humana, ovina y murina pero aún no lo ha sido en la bovina.

Especie bovina

El gen de la PrP en bovinos ha sido localizado en el grupo de sintenia 11 del cromosoma 13 (BTA 13) (RYAN y WOMACK, 1993; SCHLÄPFER *et al.*, 2000). La primera secuenciación del gen fue realizada por (GOLDMANN *et al.*, 1991) y más tarde ha sido resecuenciado por distintos grupos (YOSHIMOTO *et al.*,

1992; PRUSINER *et al.*, 1993; CASTIGLIONI *et al.*, 1998; SCHLÄPFER *et al.*, 2000; HILLS *et al.*, 2000). Este gen consta de unas 20-22 kpb, es un gen muy conservado y, como se ha mencionado anteriormente, presenta gran homología con los de otras especies.

Al contrario que para otras especies, en el ganado vacuno se ha encontrado, hasta la fecha, poca variación en el gen de la PrP, al menos en lo que se refiere a la zona codificante de dicho gen (HUNTER, 1999; HILLS *et al.*, 2000). En el tercer exón se han descrito dos polimorfismos silentes que afectan a un solo nucleótido (entre ellos está HindII RFLP causado por un cambio de C por T en el nucleótido 576) y que no supone un cambio aminoacídico en la proteína que se traduce. También se han descrito otros polimorfismos que se basan en variaciones en el número de repeticiones de un octa/nonapéptido rico en glicina (Gly) cuya correspondiente secuencia de ADN se encuentra entre los nucleótidos 160-309, aproximadamente. Cada péptido está codificado por 24 a 27 nucleótidos ricos en G-C. Las regiones son muy repetitivas. Por el momento, en el ganado vacuno se han descrito cinco, seis y siete repeticiones (GOLDMANN *et al.*, 1991; BROWN *et al.*; 1993; NEIBERG *et al.*, 1994; FERGUSON *et al.*, 1997; SCHLÄPFER *et al.*, 1999). La presencia de siete repeticiones del octapéptido ha sido únicamente descrita en la población de Pardo Alpina (SCHLÄPFER *et al.*, 1999). La variación en el número de repeticiones del octapéptido (entre 4 y 14) ha sido asociada a la incidencia de la EETs en otras especies (CHIESA *et al.*, 1998), incluyendo la humana (GOLFARB *et al.*, 1991; POULIER *et al.*, 1992; VITAL *et al.*, 1998). En ésta última se ha descrito que cuanto mayor es el número de repeticiones del octapéptido mayor parece ser la predisposición a la CJD (GOLDFARB *et al.*, 1991).

La asociación entre dichos polimorfismos del gen de la PrP y la presencia o no de EEB no ha sido establecida en el ganado vacuno (HILLS *et al.*, 2000; WILLIAMS 2001 comunicación personal). Sin embargo, el número de trabajos donde se intenta hallar dicha asociación es limitado (GOLDMANN *et al.*, 1991; YOSHIMOTO *et al.*, 1992; PRUSINER *et al.*, 1993; HUNTER *et al.*, 1994b; NEIBERGS *et al.*, 1994; FERGUSON *et al.*, 1997), fundamentalmente por la carencia de datos epidemiológicos (FERGUSON *et al.*, 1997).

Aunque la asociación polimorfismo-EEB no haya sido establecida, existen indicios que podrían justificar el interés de estudiar el gen de la PrP y/u otros genes bovinos en el contexto de la EEB. Podrían formularse algunos argumentos epidemiológicos en estudios realizados en distintos países que fundamentarían la existencia de una base genética para la EEBs, dado que el comportamiento de la misma varía entre países. En Suiza, en el 97% de las ganaderías afectadas por EEB, la enfermedad tenía una incidencia muy baja, afectando a uno o muy pocos animales (SCHLÄPFER *et al.*, 2000), sin embargo, en el Reino Unido, la dispersión de la enfermedad parece darse de forma distinta; el 80% de los casos de EEB aparecen en el 20% de las ganaderías afectadas (HAGENAARS *et al.*, 2000). Por otra parte, de los genotipos descritos en relación al número de repeticiones del octapéptido, el homocigoto 5:5 nunca ha sido encontrado en asociación con animales enfermos de EEB (GOLDMANN *et al.*, 1991; YOSHIMOTO *et al.*, 1992; PRUSINER *et al.*, 1993; HUNTER *et al.*, 1994b; NEIBERG *et al.*, 1994), si bien es cierto que la frecuencia de este genotipo en la mayoría de las poblaciones bovinas es muy baja, si no inexistente (PREMZL *et al.*, 2000). Se han hecho estudios de frecuencias génicas y genotípicas en distintas poblaciones de ganado vacuno de EE.UU., Bélgica, Escocia, Suiza y Croacia de animales sanos a nivel del número de repeticiones de los octapéptidos (MCKENZIE

et al., 1992; BROWN *et al.*, 1993; GROBET *et al.*, 1994; HUNTER *et al.*, 1994; SCHLÄPFER *et al.*, 1999; PREMZL *et al.*, 2000) y se observa que existe una gran variación en las frecuencias genotípicas de dicho homocigoto entre las distintas poblaciones. Se estima que la frecuencia del homocigoto 5:5 es del 0,5% entre los toros Holstein masivamente utilizados en inseminación artificial en EE. UU. (BROWN *et al.*, 1993) mientras que en la raza Slavonian Syrmian en Croacia (PREMZL *et al.*, 2000) se ha encontrado en una frecuencia del 25%. Parece existir una gran variación en las frecuencias genotípicas para el número de repeticiones de los octapéptidos entre las poblaciones en las que dichas frecuencias han sido descritas. Es cierto que los tamaños muestrales son pequeños, que no existe una descripción exhaustiva de las muestras y así mismo que la mayoría de los efectivos se relacionan con animales de raza Frisona-Holstein y/o sus cruces.

El alelo codificante de 6 octapéptidos parece ser el más frecuente dentro de las muestras estudiadas aunque la frecuencia del codificante de 5 octapéptidos es también muy elevada en algunas poblaciones (MCKENZIE *et al.*, 1992; BROWN *et al.*, 1993; GROBET *et al.*, 1994; NEIBERGS *et al.*, 1994; SCHLÄPFER *et al.*, 1999; HILLS *et al.*, 2000; PREMZL *et al.*, 2000). Asociado al alelo 6 se ha detectado un polimorfismo (SNP) que afecta a una única base (alelos A y C) (NEIBERGS *et al.*, 1994; HILLS *et al.*, 2000), observándose que los animales enfermos y aquellos emparentados con ellos presentaban todos el genotipo AA (NEIBERGS *et al.*, 1994; HILLS *et al.*, 2000).

Un aspecto que podría utilizarse en apoyo a la existencia de una base genética para la resistencia-suceptibilidad a la EEB, en el ganado bovino, es la evidencia de asociación genotipo-enfermedad encontrada en otras especies. De hecho, el gen de la PrP está muy conservado (HUNTER *et al.*, 1999) y presenta una gran homología entre las distintas especies (PRUSINER *et al.*, 1993; CASTIGLIONI *et al.*, 1998; LEE *et al.*, 1998; WOPFNER *et al.*, 1999). Incluso entre especies que se diferencian en 130 millones de años de evolución (aves y mamíferos), se encuentran patrones de analogía en las PrPs (WOPFNER *et al.*, 1999). Así, si se trata de un gen tan conservado que presenta una gran homología entre especies, se esperaría poder establecer de forma fácil la asociación entre los distintos polimorfismos y la presencia de enfermedad (HUNTER, 1999).

Cabe la posibilidad de que existan otros polimorfismos no descritos en la zona codificante del gen como sugieren los estudios de NEIBERGS *et al.* (1994) y HILLS *et al.* (2000) o de que como ocurre con otros genes, los polimorfismos responsables estén presentes en regiones no codificantes 5' o 3' del gen que podrían estar involucradas en funciones de regulación de la expresión del gen PrP (JACKSON *et al.*, 1993 citado por HUNTER, 1999). Se han encontrado nuevos polimorfismos que involucran 4 inserciones y/o delecciones así como 15 SNPs con una posible asociación con la EEB en cuatro familias de medios hermanos (HILLS *et al.*, 2000). De los cerca de 30 polimorfismos distintos encontrados en ganado vacuno, la mayoría están en zonas silentes (no codificantes) del gen (WILLIAMS, 2001, Comunicación Personal). Asímismo, se está haciendo un barrido de todo el genoma para encontrar otros genes que pudieran estar relacionados con la susceptibilidad a EEB mediante el uso de microsatélites y marcadores de tipo AFLP o fragmentos amplificados de longitud polimórfica (HILLS *et al.*, 2000) con los que posteriormente se desarrollarán estudios de asociación.

En bovinos existe un interés manifiesto por encontrar algún tipo de asociación entre los polimorfismos encontrados en el gen de

la PrP y la EEB y así poder establecer programas de prevención a través de la selección de individuos resistentes (GOLDMANN *et al.*, 1991).

Especie ovina

En ovinos, el gen de la PrP se sitúa en el cromosoma 13 (CASTIGLIONI *et al.*, 1998) y codifica una proteína de 256 aminoácidos. Se han descrito hasta 14 alelos para dicho gen (LAPLANCHE *et al.*, 1993a; CLOUSCARD *et al.*, 1995; BELT *et al.* 1995; BOSSERS *et al.*, 1996; HUNTER *et al.*, 1996; THORISSON *et al.*, 1998; THORGEIRSDOTTIR *et al.*, 1999), entre los que se encuentran las sustituciones aminoacídicas metionina/tirosina (M/T) en el codón 112, alanina/tirosina/valina (A/T/V) en el 136, metionina/tirosina (M/T) en el 137, serina/asparagina (S/N) en el 138, leucina/fenilalanina (L/F) en el 141, arginina/cisteína (R/C) en el 151, arginina/histidina (R/H) en el 154, glutamina/arginina/histidina/lisina (Q/R/H/K) en el 171, asparagina/lisina (N/K) en el 176 y arginina/glutamina (R/Q) en el 211.

Se conoce desde hace tiempo que la incidencia del *scrapie* natural en ovinos está asociada a polimorfismos en el gen PrP, y particularmente aquellos que se producen en los codones 136, 154 y 171 de la ORF de dicho gen. En las primeras publicaciones concernientes al efecto del polimorfismo del locus PrP sobre el *scrapie* natural, las variaciones se estudiaron independientemente codón a codón. Así, se ha observado que en las razas polimórficas para el codón 136, los animales VV136 resultan siempre muy susceptibles al *scrapie*, mientras que los heterocigotos AV presentan una sensibilidad reducida (GOLDMAN *et al.*, 1994). En las razas, Cheviot (HUNTER *et al.*, 1996; HUNTER 1996, 1997), Ile de France (LAPLANCHE *et al.*, 1993b), Flemish y Swifter (BOSSERS *et al.*, 1996) los animales AA136 nunca se ven afectados por el *scrapie*, mientras que en otras, Swaledale (HUNTER *et al.*, 1993; HUNTER, 1993), Texel (BELT *et al.*, 1995), Lacaune (LAPLANCHE *et al.*, 1993a, CLOUSCARD *et al.*, 1995) y Romanov (CLOUSCARD *et al*, 1995), algunos animales sucumben a la enfermedad. El polimorfismo 171 está claramente ligado a variaciones en susceptibilidad al *scrapie*. Los homocigotos RR171 de todas estas razas son generalmente los más resistentes, con la excepción de un solo animal de raza Suffolk en Japón (IKEDA *et al.*, 1995). En algunas razas como Cheviot (HUNTER *et al.*, 1996), American Suffolk (WESTAWAY *et al.*, 1994) y Lacaune y Romanov (CLOUSCARD *et al.*, 1995, ELSEN *et al.*, 1999), el alelo que codifica el aminoácido R en la posición 171 es dominante sobre las alternativas Q171 y H171, siendo los animales heterocigotos RX171 totalmente resistentes. Sin embargo, algunos animales heterocigotos RX171 desarrollan el *scrapie* en razas como Scottish Suffolk (HUNTER *et al.*, 1997), Texel (BELT *et al.*, 1995) e Ile de France (LAPLANCHE *et al.*, 1993b). La información sobre el codón 154 es escasa pero indica resistencia para el alelo que codifica para el aminoácido histidina en esta posición frente al que codifica para arginina (HUNTER *et al.*, 1996, 1997; CLOUSCARD *et al.*, 1995; ELSEN *et al.*, 1999; BELT *et al.*, 1995; LAPLANCHE *et al.*, 1993a).

De hecho, la variabilidad de la sensibilidad al *scrapie* está relacionada con el polimorfismo global de estos tres codones considerados simultáneamente. De las 12 posibles combinaciones de los tres codones, 136 (T/A/V), 154 (R/H) y 171 (Q/R/H/K), el alelo salvaje es probablemente el ARQ (A136R154Q171) y los seis alelos mutantes detectados hasta ahora (TRQ, VRQ, AHQ, ARH, ARR y ARK), pueden ser el resultado

de la variación en uno de estos tres codones del alelo salvaje. El panorama general es que la susceptibilidad al *scrapie* la confiere el alelo VRQ y la resistencia los alelos ARR y AHQ, con una situación intermedia para los alelos ARQ y ARH. La variación en estos codones también afecta a la eficiencia de conversión "in vitro" de la proteína PrP a la forma de PrP asociada al *scrapie*, lo que refleja su ligamiento con la susceptibilidad a esta enfermedad. Los alelos TRQ y ARK son raros y por tanto aportan poca información en cuanto a su influencia sobre la susceptibilidad al *scrapie*. Los alelos extremos VRQ, AHQ y ARR son dominantes sobre los intermedios, encontrándose una susceptibilidad reducida en los heterocigotos VRQ/ARQ y VRQ/ARH comparada con la del homocigoto VRQ/VRQ (ELSEN *et al.*, 1999). Sin embargo, se han encontrado situaciones diferentes en distintas razas en cuanto al comportamiento de los heterocigotos VRQ/ARQ. En el estudio del rebaño de la raza Romanov del INRA (ELSEN *et al.*, 1999), se ha encontrado codominancia en el heterocigoto VRQ/ARQ, y susceptibilidad al *scrapie*, coincidiendo con los resultados encontrados en las razas Swaledale (HUNTER, 1993; HUNTER *et al.*, 1993), Texel (BELT *et al.*, 1995) y Lacaune (CLOUSCARD *et al.*, 1995; LAPLANCHE *et al.*, 1993a) y en contraposición a los de las razas Cheviot (HUNTER, 1996; HUNTER *et al.*, 1996), Ile de France (LAPLANCHE *et al.*, 1993b), Flemish y Swifter (BOSSERS *et al.*, 1996). La relación de dominancia entre los alelos asociados a la resistencia (ARR y AHQ) y a la susceptibilidad (VRQ) es variable, pero la mayoría de los animales con genotipos VRQ/ARR y VRQ/AHQ son resistentes al *scrapie*.

En razas ovinas españolas, sólo se han estudiado las frecuencias génicas y genotípicas para los codones 136, 154 y 171 del gen de la PrP en la raza Latxa con sus dos variedades Cara Rubia y Cara Negra (SANZ-PARRA *et al.*, 2001). En este estudio, se pone de manifiesto la presencia del alelo VRQ, asociado a alta susceptibilidad, a baja frecuencia en estas poblaciones y una mayor frecuencia del alelo ARR, asociado a resistencia a *scrapie*. El alelo más frecuente fue el ARQ.

La selección de animales portadores de los alelos ARR o AHQ parece ser una posible vía para mejorar la resistencia al *scrapie* natural. Sin embargo, hoy se sabe que el propio agente causante del *scrapie* es polimórfico en sí mismo (HUNTER *et al.*, 1996), demostrándose, mediante infecciones artificiales con dicho agente, la existencia de interacciones entre el genotipo del huésped y las distintas "líneas" coexistentes de *scrapie*, de modo que animales de un determinado genotipo para PrP son susceptibles a algunas líneas de *scrapie* y resistentes a otras (FOSTER y DICKINSON, 1988; GOLDMANN *et al.*, 1994; IKEDA *et al.* 1995). El homocigoto RR171 también ha sido descrito como resistente a la EEB inducida experimentalmente (GOLDMANN *et al.*, 1994). Por otro lado, los animales portadores de genotipos resistentes al *scrapie*, podrían actuar como portadores sanos difusores del agente patógeno, pero afortunadamente, los resultados obtenidos en Francia (ELSEN *et al.*, 1999), aportan un argumento en contra de la infectividad de animales portadores genéticamente resistentes, ya que animales nacidos de hembras sanas con genotipo resistente presentan menor riesgo de contraer la enfermedad que aquellos nacidos de hembras sanas con genotipo susceptible.

En la actualidad, existen programas prácticos de mejora de la resistencia al *scrapie* establecidos en Holanda, Francia y Gran Bretaña. En el caso de Holanda (SMITS *et al.*, 2000) se ha abordado una eliminación gradual de los alelos asociados con la mayor susceptibilidad al *scrapie*. El ejemplo Fran-

cés (SMITS *et al.*, 2000), se basa en la selección de animales portadores del alelo ARR de resistencia al *scrapie* en la raza Manech Tête Rousse. Por último, en el caso de Gran Bretaña (Departamento de Agricultura de Gran Bretaña) se aborda un esquema de selección de machos en el que se potencia el incremento de los alelos y genotipos ARR asociados con la resistencia a *scrapie* y la eliminación del alelo VRQ asociado con una alta sensibilidad a esta enfermedad.

Conclusiones

Un gran número de evidencias sugieren que una isoforma anormal de la PrP^{C}, la PrP^{Sc}, es la responsable de las EETs en un gran número de especies. En ganado bovino, no se ha establecido hasta la fecha una relación entre los polimorfismos encontrados en la ORF del gen de la PrP y la EEB, aunque existen ciertos indicios (estudios de asociación, epidemiológicos y de homología con otras especies) que fundamentarían la existencia de una base genética para la enfermedad. Por el contrario, en la especie ovina, la resistencia-susceptibilidad al *scrapie* y posiblemente a la EEB, se ha asociado al polimorfismo de los codones 136, 154 y 171, en la ORF del gen. Sin embargo, el diferente comportamiento de los heterocigotos entre las razas estudiadas sugiere la existencia de otros polimorfismos u otros genes que podrían estar involucrados en la EET de dicha especie.

Bibliografía

BAILER M., 2000. News Focus: Tracking the human fallout from 'Mad Cow Disease'. Science. 289. 1452-1453.

BELT P.B.G.M., MUILEMAN I.H., SCHREUDER B.E.C., RUITJER J. BOS-DE GIELKENS A.L.J., SMITS M.A., 1995. Identification of five allelic variants of the sheep PrP gene and their association with natural *scrapie*. J. Gen Virol 76, 509-517.

BERR C, RICHARD F, DUFOUIL C, AMANT C. *et al.*, 1998. Polymorphism of the prion protein is associated with cognitive impairment in the elderly: the EVA study. Neurology. 51, 734-737.

BOSSERS A., SCHREUDER B.E.C., MUILEMAN I.H., BELT P.B.G.M., SMITS M.A., 1996, PrP genotypes contributes to determining survival times of sheep with natural *scrapie*. J. Gen Virol 77, 2669-2673.

BROWN P., 1994, Transmissible human spongiform encephalopathy (infectious cerebral amyloidosis): la Creutzfeldt-Jakob disease, Gerstmann-Sträussler-Scheinker syndrome and Kuru.: In Neurodegenerative diseases. Pp.839-876. Edited by D.B. Calne. Philadelphia, W.B. Saunders.

BROWN D.R., ZHANG H.M., DENISE S.K., AZ R.L., 1993, Bovine prion gene allele frequencies determined by AMFLP and RFLP analysis. Anim Biotechnol 4, 47-51.

BORCHELT D.R., SCOTT M., TARABOULOS A., STAHL N., PRUSINER S.B., 1990. *Scrapie* and cellular prion proteins differ in their kinetics of synthesis and topology in cultured cells. J Cell Biol. 110, 743-52.

BUELER H., AGUZZI A., SAILER A., GREINER R.A. *et al.*, 1993, Mice devoid of PrP are resistant to *scrapie*. Cell Cambridge. 73, 1339-1347.

CASTIGLIONI B., COMINCINI S., DRISALDI B. *et al.*, 1998, Comparative mapping of the prion gene (PRNP) locus in cattle, sheep and human with PCR-generated probes. Mamma Genome. 9, 853-855.

CHIESA R., PICCARDO P., GHETTI B., HARRIS D.A., 1998, Neurological illness in transgenic mice expressing a prion protein with an insertional mutation. Neuron. 21(6), 1339-51.

CLOUSCARD C., BEAUDRY P., ELSEN J.M., MILAN D., DUSSAUCY M., BOUNNEAU C., SCHELCHER F., CHATELAIN J., LAUNAY J.M., LAPLANCHE J.L., 1995, Different allelic effects of the codons 136 and 171 of the prion protein gene in sheep with natural *scrapie*. J Gen Virol 76, 2097-2101.

CUILLÉ J., CHELLE P.L., 1939, Experimental transmission of trembling to the goat. C.R. Seances Acad. Sci. 208. 1058-1050.

CUTLIP R.C., MILLER J.M., LEHMKUHL H.D., 1997, Second passage of a US *scrapie* agent in cattle. J Comp Pathol. 117, 271-275.

ELSEN J.M., AMIGUES Y., SCHELCHER F., DUCROCQ V., ANDREOLETTI O., EYCHENNE F., TIEN KHANG J.V., POIVEY J.P., LANTIER F., LAPLANCHE J.L., 1999, Genetic susceptibility and transmission factors in *scrapie*: detailed analysis of an epidemic in a closed flock of Romanov. Arch Virol. 144, 431-445.

FERGUSON N.M, DONNELLY C.A., WOOLHOUSE M.E.J. *et al.*, 1997, Genetic interpretation of heightened risk of BSE in offspring of affected dams. Proc. R. Soc Lond. B-Biological Sciences 264,1445-1455.

FISCHER M., RÜLICKE T., RAEBER A., SAILER A., *et al.*, 1996, Prion protein (PrP) with amino proximal deletions restoring susceptibility of PrP knockout mice to *scrapie*. EMBO Journal, 16, 1255-1264.

FOSTER J.D., DICKINSON A.G., 1988, The unusual properties of CH1641, a sheep-passaged isolate of *scrapie*. Vet Rec 123, 5-8.

FOSTER J.D., HOPE J., MCCONNELL I. *et al.*, 1994, Transmission of bovine spongiform encephalopathy to sheep, goats and mice. Ann New York Acad of Sci 724, 300-303.

GABIZON R., TARABOULOS A., 1997, Of mice and (mad) cows--transgenic mice help to understand prions. Trends Genet. 13, 264-9.

GOLDFARB L.G., BROWN P., RICHARD W. *et al.*, 1991, Transmissible familial Creutzfeldt-Jakob disease associated with five, seven, and eight octapeptide coding repeats in the PRNP gene. Proc. Natl. Acad. Sci USA. 88, 10926-10930.

GOLDMANN W., HUNTER N., MARTIN T., DAWSON M., HOPE J., 1991, Different forms of the bovine PrP gene have five or six copies of a short G-C rich element within the protein coding exon. J Gen Virol. 72, 201-204.

GOLDMANN W., HUNTER N., SMITH G., FOSTER J., HOPE J., 1994, PrP genotype and the agent effects in *scrapie*: change in allelic interaction with different isolates of agent in sheep, a natural host of *scrapie*. J. Gen Virol. 75, 989-995.

GROBET L., VANDEVENNE S., CHARLIER C., PASTORET P.P, HANSET R., 1994, Polymorphism of the prion protein gene in Belgian cattle. Ann Med Vet. 138, 581-586.

HAGENNARS T.J., FERGUSON N.M., DONNELLY C.A., GHANI A.C., ANDERSON R.M., 2000, Feed-borne transmission and case clustering of BSE. Proc. R. Soc. Lond. B. 267, 205-215.

HILLS D., LEWIS S.A., COMINCINI S. *et al.*, 2000, Analysis of molecular factors affecting variability in BSE and *scrapie* susceptibility. 27th International Conference on Animal Genetics. July 22-26, 2000, Minessota (MN). USA. On Functional Genomics. Pp 16.

HOPE J., MANSON J., 1991, The *scrapie* fibril protein and its cellular isoform. Curr Top Microbiol Immunol. 172, 57-74.

HSIAO K.K., SCOTT M., FOSTER D., GROTH D.F., *et al.*, 1990, Spontaneous neurodegeneration in transgenic mice with mutant prion protein. Science. 250, 1587-1590.

HUNTER N., 1993, Genetic control of *scrapie* incidence in sheep and its relevance for Bovine Spongiform Encephalophaty in cattle. Rev. Medic. Virol 3, 195-200.

HUNTER N., 1996, Genotyping and susceptibility of sheep to *scrapie*. En: Methods in Molecular Medicine: Prion Diseases pags. 211-221. Ed. H Baker H y R M Ridley Totowa, N.J.: Humana Press Inc.

HUNTER N., 1997, Molecular biology and genetics of *scrapie* in sheep. En: The genetics of sheep, pags. 225-240. Ed. L Piper y A. Ruvinsky. Cab International.

HUNTER N., 1999, Molecular Biology and genetics of Bovine Spongiform Encephalopathy. The Genetics of Cattle. Eds: R. Fries and A. Ruvinsky. CAB International.

HUNTER N., FOSTER J.D., GOLDMANN STEAR M.J., HOPE J., BOSTOCK C., 1996, Natural *scrapie* in a closed flock of Cheviot sheep occurs in specific PrP genotypes. Arch Virol 141, 809-824.

HUNTER N., GOLDMANN W., BENSON G., FOSTER J., HOPE J., 1993, Swaledale sheep affected by natural *scrapie* differ significantly in PrP genotype frequencies from healthy sheep and those selected for reduced incidence of *scrapie*. J Gen Virol. 74, 1025-1031.

HUNTER N., GOLDMANN W., SMITH, G., HOPE J., 1994A, The association of a codon 136 PrP gene variant with the occurrence of natural *scrapie*. Arch Virol. 137, 171-177.

HUNTER N., MOORE L., HOSIE L., DINGSWALL B.D., GREIG A., 1997, Association between natural *scra-*

pie and PrP genotype flock of Suffolk sheep in Scotland. Vet Rec 140, 59-63.

IKEDA T., HORIUCHI M., ISHIGURO N., MURAMATSU Y., KAI-U'WE G.G., SHINAGAWA M., 1995. Amino acid polimorphisms of PrP with reference to onset of *scrapie* in Suffolk and Corriedale sheep in Japan. J Gen Virol 76, 2577-2581.

INOUE S., TANAKA M., HORIUCHI M., ISHIGURO N., SHINAGAWA., 1997. Characterization of the bovine prion protein gene: the expression requires interaction between promoter and intron. J Vet Med Sci 59, 175-183.

KENNEY K., BROWN P., LITTLE B., 1995. Insert mutation in Creutzfeldt-Jakob disease. Neurology. 45, 1428.

LAPLANCHE J.L., CHATELAIN J., BEAUDRY P., DUSSAUCY M., LAUNAY J.L., 1993A. French autochthonous *scrapie*d sheep without the 136 Val PrP polymorphism. Mamm Genome 4, 463-464.

LAPLANCHE J.L., CHATELAIN J., WESTAWAY D., THOMAS S., DUSSAUCY M., BRUGÈRE-PICOUX J., LAUNAY J.M., 1993B. PrP polymorphisms associated with natural *scrapie* discovered by denaturating gradient gel electrophoresis. Genomics 15, 30-37.

LEE I.Y., WESTAWAY D., SMIT A.F.A. *et al.*, 1998. Complete genomic sequence and analysis of the prion protein gene region from three mammalian species. Genome Research. 8, 1022-1037.

LÓPEZ GARCÍA F., ZAHN R., RIEK R., WUTHRICH K., 2000. NMR structure of the bovine prion protein. Proc Natl Acad USA.97, 8334-8339.

MCKENZIE D.I., COWAN C.M., MARSH R.F., AIKEN J.M., 1992. PrP gene variability in the US cattle populations. Anim Biotechnol. 3, 309-315.

NEIBERGS H.L., RYAN A.M. WOMACK J.E. SPOONER R.L., WILLIAMS J.L., 1994. Polymorphism analysis of the prion gene in BSE affected and unaffected cattle. Anim Genet 25, 313-317.

PAN K.M., BALDWIN M., NGUYEN J., GASSET M., *et al.*, 1993. Conversion of alpha-helices into beta-sheets features in the formation of the *scrapie* prion proteins. Proc Natl Acad Sci USA. 90, 10962-6.

POULTER M., BAKER H.F., FRITH C. *et al.*, 1992. Inherited prion disease with 144 base pair gene insertion. 1. Genealogical and molecular studies. Brain. 115, 675-685.

PREMZL M., BOZIC P., GAMULIN V., 2000. PRNP octarepeat allele genotype frequencies among the modern and rare cattle breeds in Croatia. Anim Genet 31, 404-419.

PRIOLA S.A., CHESEBRO B., 1998. Abnormal properties of prion protein with insertional mutations in different cell types. J Biol Chem 273, 11980-11985.

PRUSINER S.B., 1993. Transgenetic investigations of prion diseases of humans and animals. Phil. Trans. Royal Soc. London. Series B, Biological Sciences. 339, 239-254.

PRUSINER S.B., 1998. The prion diseases. Brain Pathol. 8, 499-513.

PRUSINER S.B.; FÜZZI M., SCOTT M. *et al.*, 1993. Immunologic and molecular biologic studies of prion proteins in Bovine Spongiform Encephalopathy. J. Infect. Des. 167, 602-613.

PRUSINER S.B., MIKOLOS F., SCOTT M. *et al.*, 1993. Inmunologic and molecular biologic studies of prion proteins in bovine spongiform encephalopathy. J. of Infectious Diseases. 136, 602-613.

PRUSINER S.B., SCOTT M.R., FOSTER D. *et al.*, 1990. Transgenetic studies implicate interactions between homologous PrP isoforms in *scrapie* prion replication. Cell 63, 673-686.

RYAN A.M., WOMACK J.E., 1993. Somatic cell mapping of the bovine prion protein gene and restriction fragment length polymorphism studies in cattle sheep. Anim. Genet. 24, 23-26.

SAFAR J., 1996. The folding intermediate concept of prion protein formation. In: Prions (S.B. Prusiner Ed.) Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

SANZ-PARRA A., BARANDIKA J., BELTRAN DE HEREDIA I., ARRESE F. *et al.*, 2001. Patrón de resistencia genética al *scrapie* en ganado ovino de raza Latxa. ITEA 22, 66-68.

SCHLÄPFER J., SAITBEKOVA N., GAILLARD C., DOLF G., 1999. A new allelic variant in bovine prion protein gene (PRNP) coding region. Anim. Genet. 30, 386-387.

SCHLÄPFER J., SAITBEKOVA N., KUFFER J., DOLF G., 2000. Genetic mapping of the prion protein gene (PRNP) on bovine chromosome 13. J Anim Breed 117, 211-216.

SCOTT M, FOSTER D, MIRENDA C, SERBAN D, *et al.*, 1989. Transgenic mice expressing hamster prion

protein produce species-specific *scrapie* infectivity and amyloid plaques. Cell 59, 847-857.

SCOTT M.R., SAFAR J., TELLING G., NGUYEN O., *et al.*, 1997. Identification of a prion protein epitope modulating transmission of bovine spongiform encephalopathy prions to transgenic mice. Proc Natl Acad Sci USA. 94, 14279-14284.

SMITS M.A., BARRILLET F., HARDERS F., BOSCHER M.Y., VELLEMA P., AGUERRE X., HELLINGA M., MCLEAN A.R., BAYLIS M., ELSEN J.M., 2000. Genetics of *scrapie* susceptibility and selection for resistance. 51st Ann. Meet. EAAP. August 21-24, 2000, The Hague, The Netherlands. pp. 295.

TELLING G.C., SCOTT M., MASTRIANNI J., GABIZON R., TORCHIA M., COHEN F.E., DEARMOND S.J., PRUSINER S.B., 1995, Prion propagation in mice expressing human and chimeric PrP transgenes implicates the interaction of cellular PrP with another protein. Cell. 83, 79-90.

THORGEIRSDOTTIR S., SIGURDARSON S., VROMANS M.E.W., LANGEVELD J.P.M., SMITS M.A., 1999, PrP gene polymorphism and natural *scrapie* in Icelandic sheep. J. Gen Virol 80, 2527-2534.

THORISSON H.N., THORGEIRSDOTTIR S., SIGURDARSON S., GUDMUNDSSON G., PALSDOTTIR A., 1998, Two novel PrP allelic variants found in Icelandic sheep. Abs. Simp. In Prion and Lentiviral Deseases. XIX Northern Lights Neuroscience Symposium. p. 96.

VILES J.H., COHEN F.E., PRUSINER S.B., GOODIN D.B., WRIGHT P.E., DYSON H.J., 1999, Copper binding to the prion protein: structural implications of four identical cooperative binding sites. Proc Natl Acad Sci USA. 96, 2042-7.

VITAL C., GRAY F., VITAL A. *et al.*, 1998, Prion Encephalopathy with insertion of octapeptide repeats: the number of repeats determines the type of cerebellar deposits. Neuropathology and Applied Neurobiology. 24, 125-130.

WELLS G.A.H., SCOTT A.C., GUNNING R.F., JEFFREY M., DAWSON M., BRADLEY R., 1987, A novel progressive spongiform encephalopathy in cattle. Veterinary Records. 121, 419-420.

WESTAWAY D., ZUKIANI V., MIRENDA COOPER C., DA COSTA M., NEUMAN S., JENNY A.L., DETWILER L., PRUSINER S.B., 1994, Homozygosity for prion protein alleles encoding glutamine-171 renders sheep susceptible to natural *scrapie*. Genes Dev 8, 959-969.

WHITTAL R.M., BALL H.L., COHEN F.E., BURLINGAME A.L., PRUSINER S.B., BALDWIN M.A., 2000, Cooper binding to octarepeat peptides of the prion protein monitored by mass spectrometry. Protein Sci. 9, 332-343.

WILESMITH J.W., WELLS G.A.H., CRANWELL A.H., RYAN J.B.M., 1988, Bovine Spongiform Encephalopathy: epidemiological studies. Vet. Rec. 123, 638-644.

WOPFNER F., WEIDENHOFER G., SCHNEIDER R. *et al.* 1999. Analysis of 27 mammalian and 9 avian PrP reveals high conservation of flexible regions of the prion protein. J. Mol. Biol. 289, 1163-1178.

YOSHIMOTO J., IINUMA T., ISHUGURO *et al.*, 1992, Comparative sequence analysis and expression of bovine PrP gene in mouse L-929 cells. Virus Genes 6, 343-356.

ZAHN R., LIU A., LUHRS T., RIEK R., VON SCHROETTER C., LÓPEZ GARCÍA F., BILLETER M., CALZOLAI L., WIDER G., WUTHRICH K., 2000, NMR solution structure of the human prion protein. Proc. Natl Acad Sci USA. 97, 145-150.

(Aceptado para publicación el 27 de agosto de 2001)

PREMIOS DE PRENSA AGRARIA 2001 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.

El día 9 de abril de 1987, la Junta Directiva de AIDA aceptando la propuesta del Jurado del Premio ITEA 1986 instituyó dos premios; uno para los artículos publicados en la sección de Producción Animal y otro para aquellos que aparezcan en la sección de Producción Vegetal.

Los premios se regirán de acuerdo a las siguientes

BASES

1. Podran concursar todos los artículos que versen sobre cualquier tema técnico-económico-agrario.
2. Los artículos que podrán acceder a los premios serán todos aquellos que se publiquen en ITEA en el año 2001. 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) Jefe del Servicio de Investigación Agroalimentaria de Zaragoza (Diputación General de Aragón).
   d) Director del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza.
   e) Director de la Estación Experimental de Aula Dei.
4. Los premios serán anuales y con una dotación de 50.000 ptas. cada uno.
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 realizarán con motivo de la celebración de las Jornadas de Estudio de AIDA.

CIHEAM

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

CIHEAM/IAMZ - Cursos 1999-00-01

	CURSOS	FECHAS	LUGAR	ORGANIZACIÓN
PRODUCCIÓN VEGETAL	*OLIVICULTURA Y ELAIOTECNIA	27 Sep. 99/ Mayo 00	Córdoba	UCO/CA-JA/CSIC/ INIA/COI/IAMZ
	UTILIZACIÓN SOSTENIBLE DE RECURSOS EN LOS SISTEMAS DE AGRICULTURA DE SECANO DE LA REGIÓN MEDITERRÁNEA	18-19 Oct. 99	Rabat	IAMZ/IAV Hassan II
	INTRODUCCIÓN DE PLANTAS TRANSGÉNICAS EN LA AGRICULTURA: EVALUACIÓN Y CRITERIOS DE DECISIÓN	22-26 Nov. 99	Zaragoza	IAMZ
	USO DE LOS MARCADORES MOLECULARES EN MEJORA VEGETAL	7-18 Feb. 00	Cabrils	IAMZ/IRTA
	OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE MEJORA DE ESPECIES LEÑOSAS FRUTALES Y FORESTALES: ASPECTOS FISIOLÓGICOS Y GENÉTICOS	6-10 Mar. 00	Zaragoza	IAMZ
	OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE SELECCIÓN Y MEJORA DE ESPECIES LEÑOSAS FRUTALES Y FORESTALES: DISEÑO DE EXPERIMENTOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	13-17 Mar. 00	Zaragoza	IAMZ
	I NTEGRACION DE MÉTODOS EN LA MEJORA DE CEREALES PARA RESISTENCIA A SEQUÍA	27 Mar./ 7 Abr. 00	Rabat	IAMZ/INRA
	CARACTERIZACIÓN AGROECOLÓGICA PARA LA GESTIÓN DE RECURSOS EN ZONAS ÁRIDAS: UTILIZACIÓN DE GIS. TELEDETECCIÓN Y MODELIZACIÓN	12-23 Jun. 00	Ankara	IAMZ/Central Research Institute for Field Crops
	CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES EN CULTIVOS PROTEGIDOS	12-23 Jun. 00	Zaragoza	IAMZ
	*MEJORA GENÉTICA VEGETAL	2 Oct. 00/ 8 Jun. 01	Zaragoza	IAMZ
	MANEJO DE PLANTACIONES DE OLIVO EN CONDICIONES DE SECANO: NUEVAS PERSPECTIVAS	22 Ene./ 2 Feb. 01	Sfax	IAMZ/Institut de l'Olivier/COI
PRODUCCIÓN ANIMAL	*PRODUCCIÓN ANIMAL	4 Oct. 99/ 9 Jun. 00	Zaragoza	IAMZ
	*ACUICULTURA	10 Ene./ 30 Jun. 00	Las Palmas de Gran Canaria	ULPGC/ICCM/IAMZ
	VALORIZACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS DE OVINOS Y CAPRINOS EN EL ÁREA MEDITERRÁNEA. TECNOLOGÍAS ACTUALES Y PERSPECTIVAS DE MERCADO	10-19 Abr. 00	Surgères	AMZ/ENILIA
	PRODUCCIÓN CAPRINA	6-17 Nov. 00	Murcia	IAMZ/CMAAA-RM
	PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO DE CAMPAÑAS DE SANEAMIENTO GANADERO	11-15 Dic. 00	Zaragoza	IAMZ/FAO
	REQUISITOS DE CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE DE RUMIANTES PARA SU COMERCIALIZACIÓN	15-26 Ene. 01	Zaragoza	IAMZ
	PRINCIPIOS ESTADÍSTICOS EN EXPERIMENTOS DE PRODUCCION ANIMAL: HACIA UNA MEJOR COMPRENSION Y APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS MODERNOS	19-23 Feb. 01	Zaragoza	IAMZ
	UTILIZACION DE TECNICAS MOLECULARES EN MEJORA GENÉTICA ANIMAL	5-16 Mar. 01	León	IAMZ/Univ. León
	MEJORA GENÉTICA DE PECES PARA ACUICULTURA	2-6 Abr. 01	Zaragoza	IAMZ
	OPTIMIZACIÓN DEL USO DE RECURSOS FORRAJEROS LOCALES CONVENCIONALES Y NO CONVENCIONALES EN ÁREAS MEDITERRÁNEAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS	14-25 Mayo 01	El Cairo	IAMZ/DRC
	ACUICULTURA MEDITERRÁNEA: CULTIVO EN MAR ABIERTO	28 Mayo/ 1 Jun. 01	Zaragoza	IAMZ

	CURSOS	FECHAS	LUGAR	ORGANIZACIÓN
MEDIO AMBIENTE	PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS FORESTALES	18-29 Oct. 99	Zaragoza	IAMZ/MIMAM/FAO
	USO CONJUNTO DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS: MODELIZACIÓN Y SISTEMAS DE GESTIÓN	8-12 Nov. 99	Zaragoza	IAMZ
	EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LAS INSTALACIONES ACUÍCOLAS EN EL MEDITERRÁNEO	17-21 Ene. 00	Zaragoza	IAMZ/FAO
	ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN FORESTAL EN LA REGIÓN MEDITERRÁNEA	7-18 Feb. 00	Zaragoza	IAMZ
	TÉCNICAS PARA EL CONTROL DE LOS PROCESOS DE DESERTIFICACIÓN EN PAÍSES MEDITERRÁNEOS	3-14 Mar. 00	Médenine	IAMZ/IRA
	TURISMO EN ZONAS RURALES: ESTRATEGIAS Y PROMOCIÓN	3-8 Abr. 00	Zaragoza	IAMZ
	ESTADO ECOLÓGICO DE LAS AGUAS SUPERFICIALES: MÉTODOS DE MEDIDA Y ESTRATEGIAS DE GESTIÓN EN RÍOS	8-19 Mayo 00	Zaragoza	IAMZ
	MODELIZACIÓN DE ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE PESQUERÍAS EN EL MEDITERRÁNEO	11-15 Sep. 00	Fuengirola	IAMZ/IEO/ FAO-COPEMED
	CAMBIO CLIMÁTICO: EFECTOS SOBRE LA AGRICULTURA EN LA REGIÓN MEDITERRÁNEA	25-29 Sep. Sep. 00	Zaragoza	IAMZ/RICAMARE
	*ORDENACIÓN RURAL EN FUNCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	2 Oct. 00/8 Jun. 01	Zaragoza	IAMZ
	ECONOMÍA DE LOS RECURSOS NATURALES	12-23 Mar. 01	Zaragoza	IAMZ
	ESTRATEGIAS PARA MITIGAR LOS EFECTOS DE LA SEQUIA EN LA REGIÓN MEDITERRÁNEA: MÉTODOS DE PREVISIÓN Y PLANES DE EMERGENCIA	21-25 Mayo 01	Rabat	IAMZ/IAV Hassan II
COMERCIALIZACIÓN	*MARKETING AGROALIMENTARIO	4 Oct. 99/9 Jun. 00	Zaragoza	IAMZ
	GESTIÓN DE LA CALIDAD. NUEVOS CONCEPTOS Y SU APLICACION EN EL MARKETING AGROALIMENTARIO	16-27 Oct. 00	Zaragoza	IAMZ
	LA LOGÍSTICA AGROALIMENTARIA MODERNA. ADAPTACIÓN ESTRATÉGICA FRENTE A LOS CAMBIOS DE MERCADO	20-24 Nov. 00	Zaragoza	IAMZ
	LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DEL COMERCIO Y SU IMPACTO EN EL MARKETING INTERNACIONAL AGROALIMENTARIO	5-9 Feb. 01	Zaragoza	IAMZ/OMC
	MARKETING DE FRUTAS Y HORTALIZAS EN FRESCO	7-18 Mayo 01	Zaragoza	IAMZ
	EL COMERCIO ELECTRÓNICO. IMPACTO Y DESARROLLO FUTURO EN LA COMERCIALIZACIÓN AGROALIMENTARIA	11-15 Jun. 01	Zaragoza	IAMZ

(*) **Cursos de Especialización Postuniversitaria** del correspondiente Programa Master of Science. Se desarrollan cada dos años:

- MEJORA GENÉTICA VEGETAL: 00-01; 02-03
- OLIVICULTURA Y ELAIOTECNIA: 01-02; 03-04
- PRODUCCIÓN ANIMAL: 99-00; 01-02; 03-04
- ACUICULTURA: 99-00; 01-02; 03-04
- ORDENACION RURAL EN FUNCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE: 00-01; 02-03
- MARKETING AGROALIMENTARIO: 99-00; 01-02; 03-04

Se destinan primordialmente a titulados superiores en vías de especialización postuniversitaria. No obstante se estructuran en ciclos 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 y Ordenación Rural en Función del Medio Ambiente finaliza el 15 de Mayo 2000. El plazo de inscripción para los cursos de Producción Animal, Marketing Agroalimentario y Olivicultura y Elaiotecnia finaliza el 15 de Mayo 2001. El plazo de inscripción para el curso de Acuicultura finaliza el 30 de Junio 2001.

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.

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.

Para mayor información dirigirse a:

Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza

Apartado 202 - 50080 ZARAGAOZA (ESPAÑA)

Teléfono 976 716000 - Fax 976 716001 - e-mail iamz@iamz.chieam.org

Web http://www.iamz.chieam.org

En la página Web se proporciona información sobre los cursos programados y se facilita el formulario de inscripción:

http//www.iamz.ciheam.org

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. Aptdo. 727. 50080 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.

❑ Sólo una Serie de ITEA { ❑ P. Animal / ❑ P. Vegetal } 4.000 ptas. ó 24 €

❑ Ambas Series 5.500 ptas. ó 33 €

FORMA DE PAGO:

❑ Cargo a cuenta corriente o libreta
❑ Cheque bancario

❑ Cargo a tarjeta
❑ VISA
❑ MASTERCARD

Tarjeta número:

□□□□□□□□□□□□□□□□

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: .....

INFORMACIÓN PARA AUTORES

Tipo de artículos que pueden ser enviados para su consideración al Comité de Redacción: se admite todo aquel que contribuya al intercambio de información profesional y trate de los más recientes avances que existan en las distintas actividades agrarias.

Una *información para autores* más detallada puede ser solicitada al Comité de Redacción. Rogamos sea leída detenidamente, prestando atención especial a los siguientes puntos:

CONDICIONES GENERALES

Los artículos, en castellano, serán enviados por triplicado a:
Sr. Director de la Revista ITEA - Apartado 727 - 50080 ZARAGOZA

RECOMENDACIONES EN LA PREPARACIÓN DE LOS ORIGINALES

La extensión máxima será de 25 folios de texto mecanografiado a doble espacio, cuadros y figuras incluidos. Los artículos que superen dicha extensión serán considerados sólo excepcionalmente.

Los artículos se remitirán a dos evaluadores anónimos expertos en el tema y el autor recibirá un informe del Comité de Redacción con las correcciones de dichos evaluadores. Una vez realizadas las correcciones, el autor enviará un sólo ejemplar mecanografiado y una copia en disquete, para agilizar el trabajo en imprenta. Si el Comité de Redacción considera que se han atendido las consideraciones del informe, enviará una carta de aceptación al remitente, y el artículo pasará de inmediato a imprenta.

Los autores recibirán un juego de las primeras pruebas de impresión que deberán ser revisadas y devueltas rápidamente a la Redacción. El retraso en el retorno de las pruebas determinará que el artículo sea publicado con las correcciones del Comité de Redacción.

El título no incluirá abreviaturas y será corto y preciso. En la misma página se incluirán los nombres completos de los autores, así como la dirección postal y nombre de la Entidad en donde se haya realizado el trabajo.

Se incluirá en primer lugar un resumen corto de 200-250 palabras y hasta seis palabras clave. Además, se añadirá un resumen en *inglés* de la misma extensión, sin olvidar el *título* traducido y las palabras clave (Keywords).

A continuación del resumen vendrá el artículo completo, procurando mantener una disposición lógica, considerando cuidadosamente la jerarquía de títulos, subtítulos y apartados.

Los dibujos, gráficos, mapas y fotografías deben titularse todos *figuras*. Los *cuadros* y *figuras* deben llevar numeración diferente, pero ambos en cifras árabes.

Los pies o títulos de cuadros y figuras deben redactarse de modo que el sentido de éstos pueda comprenderse sin necesidad de acudir al texto. Los títulos, pies y leyendas de los cuadros y figuras se traducirán al inglés y se incluirán en letra cursiva, bajo el correspondiente en español.

Los dibujos, gráficos, mapas, fotografías y diapositivas serán presentados en la mejor calidad posible.

En general se evitará el uso de abreviaturas poco conocidas, que en todo caso serán debidamente explicadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

En el *texto* las referencias deben hacerse mediante el apellido de los autores en mayúsculas seguido del año de publicación, todo entre paréntesis.

Al final del trabajo, y precedida de la mención *Referencias Bibliográficas*, se hará constar una lista alfabética de todas (y únicamente) las referencias utilizadas en el texto. En el caso de incluir varios trabajos del mismo autor se ordenarán cronológicamente.

Cuando se citen revistas[1], libros[2], capítulos de libro[3] y comunicaciones a congresos[4] se hará según los siguientes ejemplos:

(1) HERRERO J., TABUENCA, M.C., 1966. Épocas de floración de variedades de hueso y pepita. An. Aula Dei, 8 (1), 154-167.

(2) STELL, R.G.D., Y TORRIE, J.H. 1986. Bioestadística: principios y procedimientos (segunda edición) 622 pp. Ed. McGraw-Hill. México.

(3) GAMBORG O.L., 1984. Plant cell cultures: nutrition and media, pp. 18-26. En: Cell Culture and Somatic Cell Genetics of Plants. Vol. 1, I.K. Vasil (Ed.), 825 pp. Ed. Academic Press, Orlando (EEUU).

(4) ANGEL I., 1972. The use of fasciculate form (determinate habit) in the breeding of new Hungarian pepper varieties. Third Eucarpia Meeting on Genetics and Breeding of Capsicum, 17-24, Universidad de Turín (Italia).

ITEA

Información Técnica Económica Agraria
Revista de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario

AÑO XXXII (2001), Vol. 97A N.° 2

ÍNDICE

Página

F. VIDAL GIMÉNEZ, J.M. MURCIA DÍAZ .- Evaluación financiera de explotaciones acuícolas en España 89

A. LEGARRA, E. UGARTE.- Resultados de la aplicación de metodologías de extensión de lactaciones a 120 días en ovejas de la raza Latxa 104

A. BERNUÉS, I CASASÚS, A. SANZ, E. MANRIQUE, R. REVILLA.- Evaluación económica de diferentes estrategias de alimentación de la vaca y el ternero durante las fases de lactación y cebo en ganado vacuno de carne en sistemas extensivos de montaña 117

B. DÍAZ, M. SERRANO, J.M. TORRES.- Base genética de la resistencia-susceptibilidad a las encefalopatías espongiformes transmisibles en las especies bovina y ovina 131