ISSN: 1130-6009

ITEA

PRODUCCIÓN ANIMAL

Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario

2002 – Vol. 98A N.º 3



ITEA

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

2002 - AÑO XXXIII Vol. 98A N.º 3	**DIRECCIÓN Y REDACCIÓN** Montañana, 176 - Apartado 727 50080 ZARAGOZA (ESPAÑA) Tel.: 34-976 716325 Fax.: 34-976 716335 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 Paíno
SUBDIRECTOR: Joaquín Uriarte Abad
EDITORES: Producción Vegetal: Pilar Andreu Puyal
Producción Animal: Clara M.ª 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
Marisol Arnedo Andrés
Pere Alberti Lasalle

JUNTA DIRECTIVA DE A.I.D.A.

PRESIDENTE: Leonardo Plana Claver
VICEPRESIDENTES: 1.º Ángel Ruiz Mantecón
2.º Rafael Socias i Company
SECRETARIO: José Álvarez Álvarez
TESORERO: Joaquín Uriarte Abad
VOCALES: Pere Alberti Lasalle
Ignacio Delgado Enguita
Clara M.ª Marín Alcalá
Joaquín Gómez Aparisi
Antonio Felipe Mansergas
Emilio Manrique Persiva
Rafael Delfa Belenguer

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 2002 se publicarán los volúmenes 98A y 98V correspondientes a las series Producción Animal y Producción Vegetal.

El precio de la suscripción para 2002 será de 27 € para una serie y de 36 € para las dos series.

Se acepta el intercambio con otras revistas.

ITEA. Apartado 727. 50080 Zaragoza (ESPAÑA)

ITEA (2002), Vol. **98A N.° 3,** 271-302

IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL PESO CORPORAL EN EL VACUNO LECHERO DEL PAÍS VASCO Y NAVARRA

R. González Santillana*, M.A. Pérez-Cabal, R. Alenda Jiménez****

* Departamento de Mejora Genética Animal, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Apdo. 8111, 28080 Madrid, España

** Departamento de Producción Animal, ETSIA, UPM, 28040 Madrid, España

RESUMEN

Se desarrolló un modelo económico que permite estudiar la rentabilidad obtenida por vaca y año, a nivel de explotación, en las explotaciones lecheras del País Vasco y Navarra. Dicho modelo sirve para calcular los pesos económicos (PE) de tres caracteres productivos (volumen de leche, grasa y proteína en leche) y dos funcionales (peso adulto de las vacas y longevidad) que intervienen en el mismo.

Para la realización del trabajo se utilizó la información de vacas de rebaños del País Vasco y Navarra que estaban en control lechero desde 1979 hasta 2000, y que además tenían datos de calificación morfológica. Para el cálculo de los PE se tomaron los datos relativos al año 1995, y el peso adulto (PA) de las vacas se calculó a partir de la calificación morfológica de Tamaño.

Las necesidades energéticas de los animales se estimaron siguiendo dos normas diferentes de evaluación, que condujeron a resultados similares en la obtención de los PE de los caracteres estudiados.

El PE obtenido para el peso adulto fue de –76,54 pts./kg·vaca·año (–0,46 eur./kg·vaca·año). Este valor representó, en términos relativos, un 13 por ciento del obtenido para la proteína, y quedó próximo al del volumen de leche, que fue un 16 por ciento del de la proteína.

Parece evidente, por tanto, que la inclusión del PA en un índice económico de selección permitiría mejorar la rentabilidad de las explotaciones lecheras, controlando el aumento del peso vivo de las vacas que se ha producido en la población durante el período analizado, al tiempo que aumentaba su producción de leche.

Palabras clave: Vacuno lechero, Peso corporal, Peso económico, Índice de selección.

SUMMARY

ECONOMIC WEIGHT OF BODY WEIGHT IN THE DAIRY CATTLE OF THE BASQUE COUNTRY AND NAVARRE

An economic model, to farm level, was developed to study the annual profitability per cow in the dairy farms of the Basque Country and Navarre. The model allows the calculation of the economic weights (PE) of three productive traits (milk volume, milk fat and milk protein) and two functional traits (cow's mature body weight and longevity) which appear in the model.

Information from cows in herds of the Basque Country and Navarre, who were in the Dairy Recording Scheme from 1979 to 2000, and having notes of conformation traits were used in the study. Records relative to the year 1995 were taken to calculate the economic weights, and the cow's mature body weight (PA) was calculated from the note of the Size conformation trait.

Energy intake requirements of animals were estimated following two different evaluation norms, which produced similar results for the PE of the traits studied.

The PE obtained for mature body weight was –76.54 pts./kg·cow·year (–0.46 eur./kg·cow·year). This value was, in relative terms, the 13 per cent of that for milk protein, and resulted fearly close to that of milk volume, who was the 16 per cent of that for protein.

It seems evident that the inclusion of mature body weight in an economic selection index would improve the dairy farm profitability, by means of a control of the increase in the cow's body weight seen to be produced in the population during the analized period, and linked to its increase in milk production.

Key words: Dairy cattle, Body weight, Economic weight, Selection index.

Introducción

La mejora genética del ganado vacuno lechero debe ir dirigida hacia la selección de los animales que produzcan el máximo beneficio económico de la explotación. Esto se consigue mejorando no sólo los caracteres productivos (leche, grasa, proteína), sino también los llamados caracteres funcionales, que se caracterizan por mejorar la eficiencia productiva mediante una reducción de los costes de producción (GROEN *et al.*, 1997). Entre estos caracteres cabría citar aquellos que afectan a la salud, la fertilidad, la facilidad de parto, la eficiencia de utilización de alimento y la facilidad de ordeño.

Entre los caracteres que intervienen en la eficiencia de utilización de alimento, quizás el más destacado es el peso corporal o peso vivo (PV) de los animales, ya que influye directamente en los costes de alimentación a través de las necesidades de mantenimiento, y por otra parte también influye en los ingresos, mediante la venta de animales de desecho.

En cualquier sistema de producción de leche los costes de alimentación suponen más de la mitad de los costes totales. Así por ejemplo, en España, en la Cooperativa Alta Moraña (Ávila) durante 1997, y en explotaciones del País Vasco durante 1995, los costes totales de alimentación representaron el 70 y el 63 por ciento, respectivamente, del total de los gastos (PÉREZ *et al.*, 1999).

Generalmente la selección se dirige hacia niveles productivos altos, y dado que se han encontrado correlaciones genéticas positivas entre los caracteres productivos y el peso vivo (AHLBORN y DEMPFLE, 1992; VEERKAMP y BROTHERSTONE, 1997), seleccionar hacia animales más productivos da lugar a animales más grandes, lo cual contribuye a generar mayores costes de alimentación para cubrir las mayores necesidades de mantenimiento y de crecimiento. Sin embargo, al correlacionar el peso vivo con la eficiencia lechera (producción de leche por unidad de energía ingerida con el alimento) se han encontrado correlaciones genéticas negativas entre ambos caracteres

(MORRIS y WILTON, 1977; PERSAUD *et al.*, 1991; LEE *et al.*, 1992). Por tanto, el incremento en peso vivo (o tamaño) viene acompañado de unas características contradictorias, unas favorables y otras desfavorables, lo cual hace interesante la inclusión de dicho carácter en un objetivo de selección.

La incorporación de caracteres funcionales como el peso vivo, junto con caracteres productivos, en el proceso de selección se realiza mediante la elaboración de índices económicos de selección o de mérito económico global, que buscan los animales más eficientes económicamente, dentro de un determinado sistema de producción (GROEN *et al.*, 1997). La utilización de un índice económico de selección se justifica con la aplicación, a partir de 1984, de la cuota lechera en la Unión Europea (UE). En una situación de producción limitada por rebaño, como ocurre actualmente en la UE, interesa especialmente realizar la selección basándose en criterios económicos, buscando la máxima eficiencia económica por unidad de producción, que es la vaca adulta.

La mayoría de los programas de mejora genética del vacuno de leche existentes en la actualidad no incluyen al PV en el objetivo de mejora. Uno de los motivos radica en la dificultad para conseguir medidas del PV en los animales de una forma sistemática. Sin embargo se han encontrado correlaciones genéticas altas entre el PV y ciertos caracteres de tipo, que se estiman visualmente al hacer la calificación morfológica de los animales inscritos en los registros genealógicos. Así se ha encontrado una correlación genética de 0,92 entre el PV y la estatura en ganado Holstein-Friesian (AHLBORN y DEMPFLE, 1992), y también correlaciones genéticas altas, en la misma raza, entre el PV y la estatura, la anchura de pecho, la profundidad corporal y la anchura de grupa (VEERKAMP y BROTHERSTON, 1997). Además estas características de tipo presentan heredabilidades moderadamente altas (entre 0,23 y 0,50) (VEERKAMP y BROTHERSTONE, 1997), por lo cual podrían utilizarse como predictoras del PV para ser incluidas en un índice de selección.

En Nueva Zelanda se incluyó el PV en un objetivo de mejora (o genotipo agregado) junto a los caracteres de producción de leche, grasa y proteína, utilizando un índice de selección que contenía siempre los tres caracteres productivos, y en ocasiones también el PV (SPELMAN y GARRICK, 1997). Estos autores demostraron que cuando se incluía el PV en el índice de selección la respuesta económica obtenida en el proceso de selección era un 3,8 por ciento más alta que cuando no se incluía.

La importancia de incluir un carácter en el objetivo de mejora viene señalada por la magnitud de su "peso económico" (PE) o "valor económico", bien en valor absoluto o en valor relativo al de otro de los caracteres incluidos en el objetivo de mejora.

El PE de un carácter expresa el cambio en el beneficio económico de la explotación, por vaca lechera presente y año, al incrementarse una unidad el mérito genético de dicho carácter, manteniéndose constantes los demás caracteres que intervienen en el objetivo de mejora (GROEN, 1989a).

Una vez conocidos los PE de los caracteres que se considera deben ser incluidos en el objetivo de mejora, se puede elaborar el genotipo agregado (H), que consiste en una combinación lineal de dichos caracteres, en la cual el coeficiente de cada carácter es su peso económico. Resultaría, por tanto:

$$H = w_1 \cdot g_1 + w_2 \cdot g_2 + \ldots\ldots + w_n \cdot g_n ,$$

siendo:

w_i = peso económico del carácter i.

g_i = mérito genético o valor aditivo del carácter i.

n = número de caracteres incluidos en el objetivo de mejora.

El genotipo agregado (H) es una medida simplificada del beneficio económico esperado por animal, en función de los valores genéticos o aditivos del animal (MELTON *et al.*, 1979; GODDARD, 1998).

Se han hecho diversos trabajos para estimar el PE del PV. (Ver KOENEN *et al.*, 2000, para una revisión sobre ellos). En la mayoría de ellos el PV tiene un PE negativo, ya que los costes marginales asociados al incremento de energía para recriar novillas y al incremento en las necesidades de mantenimiento de las vacas exceden a los ingresos marginales procedentes de las vacas de desecho (GROEN, 1989a). Sin embargo, los PE encontrados han oscilado dentro de un intervalo muy amplio: de –1,28 a 0,02 eur./kg·vaca·año, (de –213,00 a 3,30 pts./kg·vaca·año). Esta amplia variación es debida, en gran parte, a que el PE del PV es muy dependiente de los precios supuestos para los alimentos y para la carne de vacuno, y también depende de la existencia de limitaciones a la producción por exigencias medio-ambientales que limitan el exceso de abonado, o por limitaciones en la cantidad de forraje disponible (GROEN *et al.*, 1997). Por tanto, el PE del PV del vacuno lechero, como el de otros caracteres de este ganado, es sensible a las circunstancias del sistema de producción, que pueden diferir bastante entre naciones, regiones o incluso explotaciones dentro de la misma región (GROEN, 1989a,b).

Actualmente en España no se tiene en cuenta el PV en la selección por rentabilidad. En el índice económico MEG (Mérito económico global) (CHARFEDDINE, 1998) sólo se incluyen caracteres de producción y tipo para seleccionar por productividad y longevidad funcional, incluyendo la Calificación Final, Miembros y Aplomos (relacionados con la movilidad del animal) y un Compuesto de Ubre (relacionado con la morfología de la ubre). Sin embargo, CHARFEDDINE (1998), en un estudio realizado con los datos de explotaciones lecheras del País Vasco, tuvo en cuenta la influencia del PV en la ecuación de beneficio para el cálculo de la rentabilidad por vaca, y calculó un PE para el mismo, aunque no lo incluyó en el índice de selección.

En el presente trabajo se pretende desarrollar una ecuación (o función) de beneficio que refleje con la mayor exactitud posible la rentabilidad obtenida en un conjunto de explotaciones lecheras del País Vasco y Navarra, de las cuales se poseen suficientes datos económicos y productivos. Dicha ecuación se utilizará para la obtención de los PE de los caracteres productivos y funcionales que intervienen en la misma, entre ellos el del peso vivo adulto (PA) de las vacas.

Material y métodos

Datos utilizados

Para la realización de este trabajo se utilizó la información histórica de las vacas pertenecientes a los rebaños de Navarra y País Vasco en control lechero desde 1979 hasta mayo de 2000. A partir de los datos oficiales del Control Lechero se obtuvieron las producciones de leche (Y), grasa (G) y proteína (P) por vaca y año, la edad al primer parto (EPP), el intervalo entre partos (IP), la duración de la lactación (DL), y la longevidad (L) o vida productiva (VP) de cada vaca, entendida como el período de tiempo transcurrido entre el primer parto y el último

secado. De los datos de Calificación Morfológica obtenidos por la Confederación Nacional de Frisona Española (CONAFE), siguiendo el Manual de Calificación Lineal (CONAFE, 1998), para esas vacas, se obtuvo el dato correspondiente a Tamaño, así como los de fecha de nacimiento y fecha de calificación.

Para considerar a una vaca válida para el estudio se tuvieron en cuenta varios requisitos: cada animal tenía que tener, al menos, la oportunidad de haber estado en producción durante cuatro años, y cada rebaño debió permanecer, al menos, cuatro años seguidos en control lechero. La EPP debía estar comprendida entre los 18 y los 40 meses, el IP debía estar entre los 300 y 550 días, y la DL debía ser igual o menor a 425 días. Se consideró un número máximo de 10 lactaciones por vaca. El archivo base de datos (FB) estuvo formado por 46.316 vacas con datos productivos y morfológicos completos.

Del archivo base (FB) se seleccionaron aquellas vacas que estuvieron en lactación en el año 1995, y este archivo (F95), formado por 17.719 vacas, se utilizó para el cálculo de los pesos económicos de los caracteres considerados en el objetivo de selección. Se eligió el año 1995, para el cálculo de los PE de los caracteres considerados, porque la mayoría de las vacas en producción en ese año habían tenido ocasión de alcanzar su potencial máximo de vida productiva (VP) en el momento en que se cerró el archivo base de datos (en mayo de 2000), mientras que para años posteriores a 1995 el número de vacas en lactación que no habrían alcanzado su potencial de VP sería mayor, y por tanto el valor de dicho carácter sería menos exacto.

Así mismo, del archivo base (FB) se crearon otros dos archivos parciales (F85) y (F90) con las vacas en lactación en 1985 y 1990, respectivamente, para comparar los datos productivos y de tamaño de vaca con los del año 1995, y tener así una perspectiva histórica de su evolución.

Descripción del modelo de análisis

Se estableció un modelo que fuera representativo del sistema de producción de leche en las explotaciones del País Vasco y Navarra, y que reflejara el beneficio económico a nivel de explotación. Este modelo es semejante al desarrollado por GROEN (1988, 1989a,b), GIBSON (1989), BEKMAN y VAN ARENDONK (1993), PIETERS *et al.* (1997), CHARFEDDINE (1998) y CHARFEDDINE y ALENDA (1998), y se utiliza para el cálculo de los PE de los caracteres que formarán parte del objetivo de selección, siguiendo el procedimiento detallado, entre otros, por CHARFEDDINE y ALENDA (1998).

La ecuación general del beneficio anual (o función de beneficio), a nivel de explotación, es:

$$B = N \cdot (I_a - C_a) - CFE \qquad (1),$$

siendo:

B = Beneficio anual por explotación.

N = Número de vacas lecheras en la explotación.

I_a = Ingresos por vaca y año.

C_a = Costes por vaca y año.

CFE = Costes fijos de la explotación por año.

(Aunque las abreviaturas utilizadas en el texto se explican detrás de la fórmula en la que aparecen, en el Apéndice 2 figura un listado de todas ellas para una mejor comprensión).

Los costes fijos (CFE) de la explotación incluyen todos aquellos que son independientes del número de vacas, y por tanto no pueden relacionarse directamente con ellas: amortizaciones, contribuciones, conservación de edificios, reparación de maquinaria, arrendamientos de tierras, intereses de créditos pendientes, etc. La cuantía de estos costes, aunque importantes para el beneficio de la explotación, no influye en el cálculo de los PE de los caracteres animales incluidos en la función de beneficio, ya que son independientes de ellos. El resto de los costes puede relacionarse con el número de vacas, y por tanto entran en C_a. Entre estos costes algunos de ellos son variables, como los costes de alimentación, que dependen del volumen de leche producido, y otros son fijos por vaca, como el coste de reposición (relacionado con el peso adulto de las vacas), o como otros costes que se consideran iguales para todas las vacas: inseminación, medicinas y veterinario, mano de obra, cama, ordeño, etcétera.

La ecuación (1) puede expresarse en forma de beneficio por vaca y año (B_a), en la forma:

$$B_a = \frac{1}{N} \cdot (B + CFE) = I_a - C_a,$$

Como en C_a no entran todos los costes fijos, B_a no puede considerarse como un auténtico beneficio por vaca, pero está más próximo a dicho beneficio que al margen bruto por vaca, ya que en C_a se incluyen todos los costes variables y gran parte de los fijos. Por eso, y para simplificar, lo denominaremos beneficio por vaca y año a lo largo del artículo.

Los caracteres productivos y funcionales, incluidos en la función de beneficio, siguiendo el trabajo de CHARFEDDINE (1998), fueron:

- Volumen de leche anual (V), en kg. (Volumen de leche = Producción de leche anual (Y), en kg – kg de Grasa – kg de Proteína).
- Grasa producida por año (G), en kg.
- Proteína producida por año (P), en kg.
- Longitud de vida productiva o longevidad (L), en años.
- Peso vivo adulto de la vaca (PA), en kg.

Se asume que el cambio en el mérito genético de un carácter determinado no genera cambios en los ingresos y gastos asociados a los demás caracteres, ni tampoco en los parámetros técnicos y económicos iniciales. El único cambio posible, asociado a un aumento (o disminución) en la producción, afectaría al número de animales (N), como consecuencia de la existencia de una cuota a la producción de leche y grasa por explotación, de forma que un aumento en la producción implicaría una reducción del efectivo de cada rebaño (GIBSON, 1989).

En el presente trabajo se calculó, en primer lugar, el beneficio por vaca y año para el conjunto de las vacas en lactación en 1995 en el País Vasco y Navarra, es decir, las incluidas en el archivo parcial (F95). Esto representa una medida de la rentabilidad media por vaca y año de las explotaciones lecheras de ambas regiones en dicho año 1995. Para el cálculo de este beneficio se tomaron los datos de mercado correspondientes a la media de 239 explotaciones del País Vasco en 1995, así como algunos parámetros productivos de las mismas. Estos datos fueron suministrados por el Centro de Investigación Agraria del País Vasco (NEIKER), y figuran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Datos económicos y de mortalidad medios de 239 explotaciones del País Vasco, correspondientes al año 1995

Table 1. Mean economic and mortality data from 239 farms of the Basque Country, corresponding to the year 1995

Precio base de leche (pts./kg)	41,13
Grasa de referencia (%)	3,7
Proteína de referencia (%)	3,1
Prima/penalización por grasa (pts./g·kg, respecto a grasa de referencia)	0,41
Prima/penalización por proteína (pts./g·kg, respecto a proteína de referencia)	0,54
Coste UFL[1] en ración de vacas (pts./UFL)	27,40
Coste UFL[1] en ración de novillas (pts./UFL)	27,30
Precio vaca de desecho (pts./kg peso vivo)	194,0
Precio ternero (pts./cabeza)	33.746
Gastos de inseminación (pts./vaca y año)	4.231
Gastos de medicinas y veterinario en vacas (pts./vaca y año)	7.151
Gastos de mano de obra en vacas (pts./vaca y año)	65.255
Otros gastos en vacas (cama, ordeño, etc.) (pts./vaca y año)	11.601
Gastos de medicinas y veterinario en novillas (pts./novilla)	4.170
Gastos de mano de obra en novillas (pts./novilla)	25.506
Otros gastos en novillas (cama, etc.) (pts./novilla)	13.981
Mortalidad de terneros (próxima al parto) (%)	7,0
Mortalidad de novillas en recría (%)	4,6
Mortalidad anual de vacas (%)	3,4

(1) Unidad Forrajera Leche (según INRA,1981).

Cálculo del beneficio medio por vaca y año

Para el cálculo de la producción anual de leche de cada vaca, cuando la duración de la lactación (DL) en 1995 fue superior a 365 días, se usó la fórmula:

$$Yc = \frac{Y \cdot DLT}{DL \cdot NTL \cdot IP} \cdot 365, \text{ siendo:}$$

Y_c = Producción total de leche corregida a 365 días, en kg.

Y = Producción total de leche sin corregir, en kg.

DL = Días de lactación en 1995.

DLT = Días de lactación en el total de la vida productiva.

NTL = Número total de lactaciones.

IP = Intervalo medio entre partos.

Análogamente, para corregir las producciones de grasa y proteína, cuando la DL fue superior a 365 días, se usaron las fórmulas:

$$G_c = \frac{G \cdot DLT}{DL \cdot NTL \cdot IP} \cdot 365,$$

$$P_c = \frac{P \cdot DLT}{DL \cdot NTL \cdot IP} \cdot 365, \text{ siendo:}$$

G_c y P_c las producciones de grasa y proteína corregidas a 365 días.

Cuando la duración de la lactación en 1995 fue igual o inferior a 365 días, se tomaron las producciones Y, G y P sin corregir.

La longitud de la vida productiva (L), en años, se calculó a partir de la vida productiva en días (VP): $L = \frac{VP}{365}$.

El peso vivo adulto (PA) de cada vaca (peso vivo máximo que alcanzaría al final de su vida) se calculó mediante la ecuación de Von Bertalanffy (KORVER *et al.*, 1985). Esta ecuación da el peso vivo del animal (PVt) (en kg) para la edad t (en días), en función de su peso adulto (PA) y del peso al nacimiento (PN):

$$PVt = PA \cdot \left[1 - \left(1 - \sqrt[3]{\frac{PN}{PA}}\right) \cdot e^{-kt}\right]^3,$$

siendo: k = tasa de maduración. Los valores PN/PA y k son constantes para una determinada población de vacas. Para el presente estudio se consideraron los valores: PN = 36,0 kg (peso medio de las terneras al nacimiento), PA = 600,0 kg,

$$PN/PA = 0{,}06, \text{ y } k = 0{,}0029.$$

El valor de k se obtuvo de la ecuación de Von Bertalanffy, teniendo en cuenta que para una edad t = 730 días (2 años), a la cual se produce el primer parto en muchas novillas de la raza Holstein-Friesian, es aconsejable que el PV sea el 80 por ciento del PA (GROEN, 1988; TROCCON, 1993). Es decir, para t = 730 días ha de ser: PVt = 0,80 · PA.

Por tanto la ecuación de Von Bertalanffy, para la población de vacas estudiada resultó ser:

$$PVt = PA \cdot \left[1 - (1 - \sqrt[3]{0{,}06}) \cdot e^{-0{,}0029 \cdot t}\right]^3 = PA \cdot h(t) \quad (2)$$

llamando h(t) al factor que multiplica a PA, y que es función únicamente de la edad t, en días.

De la ecuación (2) se deduce que: PA = PVt / h(t). Esta ecuación permite calcular el PA del animal, conociendo su peso vivo (PVt) a la edad t.

Con los datos del carácter morfológico Tamaño (CONAFE, 1998) se obtuvo el PV correspondiente a la edad (t_c) en que se calificó al animal.

La escala de conversión utilizada fue:

Código de tamaño	Peso vivo (kg)
1	470
2	500
3	530
4	560
5	590
6	620
7	650
8	680
9	710

Por tanto, para cada animal se calculó: $PA = PV_c / h(t_c)$, siendo PV_c el peso vivo a la edad de calificación t_c.

Ingresos por vaca

Los ingresos por vaca (I_a) son de dos tipos: ingresos por venta de leche (I_{leche}) e ingresos por venta de carne (I_{carne}).

$$I_a = I_{leche} + I_{carne}.$$

Ingresos por venta de leche

Los ingresos por venta de leche anuales son:

$$I_{leche} = Y \cdot \left[p_L + p_G \cdot (cg - cg_r) + p_P \cdot (cp - cp_r)\right], \quad (3)$$

siendo:

Y = Producción media de leche por vaca y año (kg), corregida a 365 días.

p_L = precio base de la leche (pts./kg),

p_G = prima por calidad de grasa (por encima del contenido de referencia) (pts./kg grasa),

p_P = prima por calidad proteica (por encima del contenido de referencia) (pts./kg proteína),

cg = contenido graso de la leche (kg grasa/kg leche),

cp = contenido proteico de la leche (kg proteína/kg leche),

cg_r = contenido graso de referencia = 0,037 kg grasa/kg leche,

cp_r = contenido proteico de referencia = 0,031 kg proteína/kg leche.

Teniendo en cuenta que Y = V + G + P, siendo V, G y P las cantidades medias de volumen de leche (sin grasa y proteína), grasa y proteína (en kg), por vaca y año, corregidas a 365 días, respectivamente, y que $Y \cdot cg = G$, e $Y \cdot cp = P$, la ecuación (3) puede escribirse así:

$$I_{leche} = (p_L - p_G \cdot cg_r - p_P \cdot cp_r) \cdot V + [p_L + p_G \cdot (1 - cg_r) - p_P \cdot cp_r] \cdot G + [p_L - p_G \cdot cg_r + p_P \cdot (1 - cp_r)] \cdot P,$$

Ingresos por venta de carne

Los ingresos por venta de carne proceden de la venta de vacas de desecho y de los terneros a los pocos días del nacimiento (7 días aproximadamente). Resulta:

$$I_{carne} = p_{vd} \cdot PV_{vd} \cdot \left(\frac{1}{L} - Mor_v\right) + p_{ter} \cdot \frac{365}{IP} \cdot (1 - Mor_t),$$

siendo:

p_{vd} = precio vaca de desecho = 194 pts./kg peso vivo,

L = Longevidad o vida productiva media (en años),

p_{ter} = precio del ternero a los 7 días = 33.746 pts./cabeza,

IP = Intervalo entre partos medio (en días),

Mor_v = Mortalidad anual de vacas (en tanto por uno) = 0,034,

Mor_t = Mortalidad anual de terneros (en tanto por uno) = 0,07.

El PV medio de la vaca de desecho (PV_{vd}) se obtuvo mediante la ecuación (2), de Von Bertalanffy: $PV_{vd} = PA \cdot h(t_D)$, en la que se tomó como PA el peso adulto medio de todas las vacas del archivo F95, y como edad: t_D (edad media de desecho) = EPP + VP, siendo:

EPP = edad media al primer parto (en días),

VP = vida productiva media (en días).

Para L e IP se tomaron, así mismo, los valores medios de todas las vacas del archivo F95.

Costes por vaca

Los costes por vaca (C_a) se componen de tres apartados:

C_a = Costes de alimentación de vacas (Calimentación vacas) + Costes de reposición (Creposición) + Otros costes por vaca (OCV).

Costes de alimentación de vacas

Los costes de alimentación se han definido en términos de necesidades energéticas, expresándolos en energía neta (EN) de leche, y tomando como unidad la unidad forrajera leche (UFL), siguiendo las indicaciones del Institut National de la Recherche Agronomique (INRA, 1981). Posteriormente el gasto energético, en UFL, se multiplicó

por el coste de la UFL de la ración utilizada por las vacas. Para este coste (p_{UFLv}) se tomó el valor medio que figura en el cuadro 1: p_{UFLv} = 27,40 pts./UFL.

Las necesidades energéticas pueden descomponerse en energía para la producción de leche (volumen de leche, grasa y proteína), energía para el mantenimiento (EM_v), energía para el crecimiento (EC_v) y energía para la gestación (EG_v).

$$\text{Caliment. vacas} = \text{EN total} \cdot p_{UFLv} =$$

$$= (e_v \cdot V + e_g \cdot G + e_p \cdot P + EM_v + EC_v + EG_v) \cdot p_{UFLv}, \quad (4)$$

siendo:

e_v = energía para producir 1 kg de volumen de leche = 0,123 UFL,

e_g = energía para producir 1 kg de grasa = 5,600 UFL,

e_p = energía para producir 1 kg de proteína = 3,353 UFL.

Los valores anteriores (e_v, e_g y e_p)se han calculado partiendo de que 1 kg de leche estándar, con una composición de 40 g de grasa, 34 g de proteína y 48 g de lactosa, requiere para su producción un aporte energético de 9,52 kcal, 5,70 kcal y 4,02 kcal de EN por gramo de grasa, proteína y lactosa, respectivamente (DOMMERHOLT y WILMINK, 1986), y asignando la energía requerida por la lactosa al volumen de leche.

La energía neta necesaria para el mantenimiento se ha considerado, según INRA (1981), igual a 70 kcal de EN por kg de PV metabólico ($PV^{0,75}$) por día, incrementada en un 10 por ciento, para tener en cuenta la actividad ocasionada por la estabulación libre. Es decir, la EN para mantenimiento durante un año fue:

$$EM_v = 77 \cdot PVt_l^{0,75} \cdot 365 \text{ (kcal de EN)} =$$
$$= 0,0453 \cdot PVt_l^{0,75} \cdot 365 \text{ (UFL)},$$

siendo:

t_l = edad media de vacas en lactación en 1995.

Para el cálculo de la edad media de las vacas en lactación en 1995 se estudió la distribución de vacas, según su número de lactación, y se calculó el número de lactación media (L_m) en dicho año. La edad media (t_l) quedó definida en función de L_m:

$$t_l = EPP + (L_m - 0,5) \cdot IP.$$

El PV medio de las vacas en lactación en 1995 fue, de acuerdo con la ecuación (2):

$PVt_l = PA \cdot h(t_l)$, y la energía para el mantenimiento:

$$EM_v = 0,0453 \cdot 365 \cdot PA^{0,75} \cdot [h(t_l)]^{0,75} \text{ (UFL)}.$$

Para el cálculo de la energía neta para el crecimiento (EC_v) se consideraron las necesidades de una vaca en la lactación media (L_m):

$EC_v = 6,70 \cdot (PVt_l - PVt_{l-1})$ (Mcal de EN) = $3,94 \cdot (PVt_l - PVt_{l-1})$ (UFL), tomando para 1 kg de ganancia de PV el valor de 6.700 kcal de EN (INRA, 1981), y siendo PVt_l y PVt_{l-1} los PV medios en la lactación media (L_m) y en la lactación anterior, respectivamente.

Expresando los pesos PVt_l y PVt_{l-1} de acuerdo con la ecuación (2) resulta:

$$EC_v = 3,94 \cdot PA \cdot [h(t_l) - h(t_l - 365)] \text{ (UFL)}.$$

Las necesidades de energía para la gestación (EG_v) requieren, según INRA (1981), un suplemento sobre las de mantenimiento de 0,9, 1,6 y 2,6 UFL/día en los meses 7°, 8° y 9° de gestación, respectivamente. Por tanto, resulta:

$$EG_v = (0,9 + 1,6 + 2,6) \cdot 30,5 = 155,55 \text{ UFL}.$$

Sustituyendo los valores anteriores en la ecuación (4), se obtiene para los costes de alimentación de vacas:

$$\text{Calimen. vacas} = \{0{,}123 \cdot V + 5{,}600 \cdot G + 3{,}353 \cdot P + 0{,}0453 \cdot 365 \cdot PA^{0.75} \cdot [h(t_l)]^{0{,}75} + + 3{,}94 \cdot PA \cdot [h(t_l) - h(t_l - 365)] + 155{,}55\} \cdot p_{UFLv},$$

Costes de reposición

Los costes de reposición tienen en cuenta, por una parte, los costes de recría de una novilla (Crecría) desde el nacimiento hasta la fecha de parto, y por otra parte la tasa de reposición anual (1/L), que depende de la longevidad:

$$\text{Creposición} = \frac{1}{L} \cdot \frac{1}{1 - Mor_n} \cdot \text{Crecría}, \text{ siendo:}$$

Mor_n = mortalidad de novillas de reposición (en tanto por uno) = 0,046.

Los costes de recría (Crecría) se pueden desglosar en costes de alimentación y otros costes por novilla (OCN):

$$\text{Crecría} = \text{Energía Neta recría} \cdot p_{UFLn} + + \text{OCN, siendo:}$$

p_{UFLn} el coste de la UFL en la ración utilizada para las novillas. Para este coste se tomó el valor medio que figura en el cuadro 1: p_{UFLn} = 27,30 pts./UFL.

En el apartado de otros costes por novilla (OCN) se incluyeron los siguientes:

Precio de la ternera (a los 7 días de edad) = 33.746 pts./cabeza.

Costes de inseminación = 4.231 pts./cabeza.

Costes en medicinas y veterinario = 4.170 pts./cabeza.

Costes en mano de obra = 25.506 pts./cabeza.

Otros costes (cama, etc.) = 13.981 pts./cabeza.

El total de OCN fue, por tanto, de 81.634 pts./novilla.

Los costes de alimentación en recría se calcularon, como los de las vacas, en función de las necesidades en EN:

Energía Neta recría = EN mantenimiento y crecimiento (EMC_n) + EN para gestación (EG_n)

Las necesidades para mantenimiento y crecimiento (EMC_n) se calcularon dividiendo el período de recría en cuatro períodos: nacimiento-6 meses, 6-12 meses, 12-18 meses y 18 meses-1° parto, debido a la gran variación de peso en el período total.

$$EMC_n = \sum_{i=1}^{4} EN_i \cdot d_i, \text{ siendo:}$$

EN_i = EN mantenimiento y crecimiento diario en el período i,

d_i = duración del período i (en días).

La energía EN_i, en cada período, se calculó siguiendo la metodología del INRA, expuesta por TROCCON (1987):

$$EN_i = [a_i + b_i \cdot GPV_i^{1,4}] \cdot PV_i^{0,75}, \text{ siendo:}$$

PV_i = PV medio en el período i,

GPV_i = ganancia diaria de PV en el período i.

a_i y b_i son parámetros que toman los siguientes valores:

$a_i = 0{,}042$, $b_i = 0{,}0435$, cuando $PV_i < 200$ kg,

$a_i = 0{,}040$, $b_i = 0{,}0415$, cuando $PV_i > 200$ kg.

En el presente caso es: $a_1 = 0{,}042$, $b_1 = 0{,}0435$, ya que es $PV_1 < 200$ kg, y $a_2 = a_3 = a_4 = 0{,}040$, $b_2 = b_3 = b_4 = 0{,}0415$, ya que es: $PV_4 > PV_3 > PV_2 > 200$ kg.

Teniendo en cuenta que t_i = edad media (en días) en el período i, toma los valores:

$$t_1 = 91,\ t_2 = 274,\ t_3 = 457,\ t_4 = \frac{183 \cdot 3 + EPP}{2},$$

y $d_1 = d_2 = d_3 = 183$ días, d_4 = EPP-549,

las variables PV_i y GPV_i pueden expresarse mediante la ecuación (2) en función del PA:

$$PV_i = PA \cdot h(t_i),$$

$$GPV_1 = \frac{PA \cdot h(183) - PN}{183} = PA \cdot \frac{h(183) - 0.06}{183},$$

$$GPV_2 = PA \cdot \frac{h(366) - h(183)}{183},$$

$$GPV_3 = PA \cdot \frac{h(549) - h(366)}{183},$$

$$GPV_4 = PA \cdot \frac{h(EPP) - h(549)}{EPP - 549}.$$

La EN para gestación en las novillas (EG_n), como en el caso de las vacas, se consideró:

$EG_n = (0,9 + 1,6 + 2,5) \cdot 30,5 = 155,55$ UFL.

Otros costes por vaca

Hay una serie de costes por vaca que no dependen de los caracteres productivos o funcionales incluidos en el objetivo de selección (o cuya relación con dichos caracteres no es conocida), por lo cual se consideran iguales para todas las vacas. En estos costes se incluyen:

Costes de inseminación = 4.231 pts./vaca·año.

Costes de medicinas y veterinario = 7.151 pts./vaca·año.

Costes en mano de obra = 65.255 pts./vaca·año.

Otros costes (cama, ordeño, etc.) = 11.601 pts./vaca·año.

Los valores anteriores corresponden a la media de 239 explotaciones del País Vasco, en 1995, que se consideraron representativas del total de las mismas.

El total de otros costes por vaca fue, por tanto:

OCV = 88.238 pts./vaca·año.

Sistema alternativo de cálculo de las necesidades energéticas

Aparte del sistema INRA de cálculo de las necesidades energéticas de mantenimiento, crecimiento y gestación para vacas y novillas, expuesto en los apartados anteriores, se utilizó otro método alternativo para dicho cálculo. Se quería comprobar con ello si el uso de fórmulas diferentes para evaluar las necesidades energéticas conducía a la obtención de resultados diferentes en el beneficio medio por vaca y año, y en los PE de los caracteres productivos y funcionales estudiados.

El sistema de evaluación energética alternativo se basó en las recomendaciones del National Research Council de Estados Unidos (NRC, 1978), y en una fórmula expuesta por GROEN (1988) para el cálculo de las necesidades de crecimiento de novillas. Las fórmulas utilizadas en este método, al que denominaremos "sistema NRC", fueron las siguientes:

Energía neta de mantenimiento para vacas y novillas (EM):

$EM = 80 \cdot PV^{0.75}$ (kcal de EN/día) = 0,047 $\cdot PV^{0.75}$ (UFL/día).

Energía neta de crecimiento para vacas (EC_v):

EC_v = 5,12 Mcal de EN/ kg de ganancia de PV = 3,01 UFL/ kg de ganancia de PV.

Energía neta extra para gestación en vacas (EG_v) (4 últimos meses):

$EG_v = 24 \cdot PV^{0.75}$ (kcal de EN/día) = 0,0141 $\cdot PV^{0.75}$ (UFL/día).

Energía neta de crecimiento para novillas (EC_n), según Groen (1988):

EC_n = 17,26 MJ de EN/ kg de ganancia de PV = 2,43 UFL/kg de ganancia de PV.

La fórmula anterior incluye también la energía neta necesaria para la gestación en las novillas.

La energía neta necesaria para la producción de leche se calculó, tanto en uno como en otro sistema, utilizando los valores e_v, e_g y e_p, expuestos anteriormente, y calculados por DOMMERHOLT y WILMINK (1986).

Cálculo de los pesos económicos

Para calcular los PE de los caracteres animales que intervienen en el beneficio económico (o función de beneficio) se derivó la ecuación (1), tomando como variable independiente el carácter a considerar, y dejando los demás caracteres constantes e iguales al valor medio en la población estudiada.

Así, por ejemplo, para el carácter x sería:

$$\frac{\partial B}{\partial x} = N \cdot \left(\frac{\partial I_a}{\partial x} - \frac{\partial C_a}{\partial x} \right) + \frac{\partial N}{\partial x} \cdot (I_a - C_a),$$

y para el peso económico de x resultaría:

$$PE \text{ de } x = PE_x =$$

$$= \frac{1}{N} \cdot \frac{\partial B}{\partial x} = \frac{\partial I_a}{\partial x} - \frac{\partial C_a}{\partial x} + \frac{1}{N} \cdot \frac{\partial N}{\partial x} \cdot (I_a - C_a), \quad (5)$$

El producto $\frac{1}{N} \cdot \frac{\partial N}{\partial x} \cdot (I_a - C_a)$, que aparece en la fórmula (5) es una consecuencia de la existencia de una cuota (Q) de producción de leche por explotación, que hace que N dependa de x, en el caso de que dicha variable esté afectada por la cuota.

Actualmente, en la UE existe una limitación a la producción de leche por explotación, que tiene en cuenta no sólo el volumen de leche producido, sino también el contenido graso de la misma, con relación a un nivel de referencia. Concretamente, se aplica la fórmula siguiente:

$$Q = N \cdot Y \cdot \left[1 + k_g \cdot (cg - cg_r) \right], \quad (6)$$

siendo k_g un factor de conversión de décimas de contenido graso en kg de leche, con un valor igual a 18. Para el estado español, el contenido graso de referencia, según se mencionó anteriormente, es: cg_r = 0,037 kg grasa/ kg leche. Un incremento genético en la producción de leche por vaca (Y) debe ir, por tanto, acompañado por una reducción en el número de vacas, de forma que la cuota por explotación (Q) permanezca constante. Esta relación entre Y y N afecta a todos los caracteres productivos: volumen de leche, grasa y proteína.

Para los caracteres funcionales (longevidad y peso adulto), que no están afectados por la cuota, resulta $\frac{\partial N}{\partial x} = 0$, y la fórmula (5) queda reducida a:

$$PE \text{ de } x = PE_x = \frac{\partial I_a}{\partial x} - \frac{\partial C_a}{\partial x}.$$

Los cálculos realizados para obtener los PE se detallan en el Apéndice 1. En ellos se utilizaron las ecuaciones del sistema INRA para evaluar las necesidades energéticas de los animales. También se calcularon los PE de los caracteres, usando las ecuaciones del sistema NRC de evaluación de necesidades energéticas, aunque no se detallan los cálculos, ya que el proceso es igual al realizado con las ecuaciones INRA.

Sensibilidad de los pesos económicos a cambios en las condiciones de producción

Utilizando el modelo de producción anteriormente descrito, y las fórmulas para la

obtención de los PE de los caracteres estudiados, que se detallan en el Apéndice 1, se hizo un estudio de sensibilidad de dichos PE frente a diversos cambios en las condiciones del sistema de producción.

En primer lugar se consideró la situación de no existencia de cuota lechera por explotación. En ese caso el número de vacas lecheras en la explotación dejará de estar condicionado a la producción de leche por vaca (Y), que indica la fórmula (6), y lo mismo cabe decir de los demás caracteres productivos: V, G y P. Por tanto, para estos caracteres ocurrirá que es: $\frac{\partial N}{\partial x} = 0$, siendo x el carácter considerado, y la fórmula (5), que da el PE del carácter, se reduce a:

$$\text{PE de } x = PE_x = \frac{\partial I_a}{\partial x} - \frac{\partial C_a}{\partial x}.$$

En segundo lugar, considerando la situación actual de existencia de cuota lechera, se estudió la variación de los PE de los caracteres al variar algunas de las condiciones de producción. En concreto, se consideraron reducciones e incrementos de un 20 por ciento en los valores de la producción de leche, longevidad, peso adulto, precio base de la leche, precio de la vaca de desecho y coste de la UFL de la ración, sobre los valores medios de la situación base encontrados para la población de vacas estudiada, en el año 1995.

Resultados

Análisis fenotípico de la población de vacas en estudio a lo largo del tiempo

En el cuadro 2 aparecen los valores de las variables productivas, de la longevidad y del peso adulto de las vacas del País Vasco y Navarra, que estaban en producción en los años 1985, 1990 y 1995, para comparar su evolución en el transcurso del tiempo.

Cuadro 2. Evolución de las variables productivas, de la longevidad y del peso adulto en la población de vacas estudiada a lo largo del tiempo

Table 2. Evolution on time of the productive variables, longevity and mature body weight in the cow population studied

	Año		
	1985	1990	1995
Producción de leche (kg/vaca·año)[1]	4.980	6.284	7.774
Producción de grasa (kg/vaca·año)[1]	179	241	293
Producción de proteína (kg/vaca·año)[1]	153	190	242
Longevidad (años)[2]	6,04	5,01	4,74
Peso adulto (kg)	607,5	642,1	648,0
Edad al primer parto (días)	851,2	852,8	854,1
Intervalo entre partos medio (días)[2]	403,9	398,1	400,8
Duración media de la lactación (días)[2]	304,7	306,1	315,9

(1) Producciones por lactación, en el año correspondiente.
(2) Datos relativos al total de la vida productiva.

Se aprecia un continuado aumento de las producciones de leche, grasa y proteína, y también se aprecia un aumento en la duración media de la lactación, desde los 305 hasta los 316 días, a pesar de que el intervalo entre partos se ha mantenido prácticamente invariable, alrededor de los 400 días. Esto quiere decir que el período de secado, improductivo, se ha ido reduciendo paulatinamente.

La edad al primer parto se ha mantenido casi invariable, en torno a los 850 días (28 meses), y en cuanto a la longevidad o vida productiva se aprecia un claro descenso desde los 6 a los 4,7 años.

El peso adulto de las vacas ha aumentado desde los 607 hasta los 648 kg. Sin embargo el aumento del peso adulto ha sido bastante más reducido en el período 1990-95 (6 kg) que en el período 1985-90 (35 kg).

Niveles productivos en la situación base

En el cuadro 3 se exponen los valores medios de las variables productivas y funcionales introducidas en el modelo, en el año 1995, para la población de vacas estudiada.

Las producciones medias de leche, grasa y proteína (corregidas a 365 días) resultaron ser de 7.350, 277 y 228 kg/vaca·año, respectivamente, la longevidad media de 4,74 años, y el peso vivo adulto medio de las vacas de 647,98 kg.

Cuadro 3. Niveles medios de las variables productivas, longevidad y peso adulto en la población de vacas estudiada, referidos al año 1995 (situación base)
Table 3. Mean levels of the productive variables, longevity and mature weight in the cow population studied, relatives to the year 1995 (base situation)

	Media	Desv. típica
Caracteres estudiados		
Producción de leche[1] (kg/vaca·año)	7.350	2.157,10
Producción de volumen de leche[1] (kg/vaca·año)	6.845	2.014,30
Producción de grasa en leche[1] (kg/vaca·año)	277	83,90
Producción de proteína en leche[1] (kg/vaca·año)	228	68,80
Longevidad[2] (años)	4,74	2,02
Peso adulto (kg)	647,98	53,83
Otras variables productivas		
Intervalo entre partos medio[2] (días)	400,81	44,10
Edad al primer parto (días)	854,07	109,05
Número lactación medio en 1995	3,01	1,87
Duración de lactación en 1995 (días)	310,91	64,08
Número total de lactaciones[2]	4,61	1,91
Total de días en lactación[2]	1.443,37	598,42

(1) Producciones corregidas a 365 días, en el año 1995.
(2) Datos relativos al total de la vida productiva.

Resultados económicos

En el cuadro 4 se señalan las necesidades de energía neta alimentarias, deducidas mediante dos sistemas diferentes de evaluación. Utilizando el sistema INRA, dichas necesidades fueron de 5.463,03 UFL/año para las vacas, y de 3.997,34 UFL/Ud. de recría para las novillas (del nacimiento al primer parto). Utilizando el sistema NRC, las necesidades respectivas fueron de 5.597,33 UFL/año para las vacas, y de 4.330,47 UFL para las novillas. Es decir, con el sistema NRC las necesidades energéticas resultaron ligeramente más altas que con el sistema INRA, y esto se reflejó en los gastos de alimentación de vacas y de reposición, que resultaron más altos con el sistema NRC.

En el cuadro 5 se reflejan los resultados económicos obtenidos con el modelo de análisis, en la situación base (año 1995).

Como consecuencia de lo señalado anteriormente los costes de alimentación de vacas y de reposición fueron ligeramente más bajos con el sistema de evaluación INRA que con el sistema NRC, y por tanto el beneficio obtenido por vaca y año fue mayor con el primer sistema. Dicho beneficio fue de 75.150,22 pts./vaca·año y de 69.459,22 pts./vaca·año, para los sistemas INRA y NRC, respectivamente.

Los ingresos por venta de leche representaron el 86 por ciento del total, mientras que los ingresos por venta de carne (terneros y vacas de desecho) representaron solamente el 14 por ciento.

Cuadro 4. Necesidades de energía neta de vacas y novillas, según dos sistemas de evaluación energética

Table 4. Net energy requirements for cows and heifers, according to two systems of energy feeding norms

	Sistema de evaluación energética	
Vacas (UFL/vaca·año)	Sistema INRA	Sistema NRC
Producción de leche	3.157,62	3.157,62
Mantenimiento	2.110,32	2.189,52
Crecimiento	39,54	30,21
Gestación	155,55	219,98
Total energía neta para vacas	5.463,03	5.597,33
Novillas (UFL/novilla)		
Mantenimiento y crecimiento	3.841,79	4.330,47
Gestación	155,55	(1)
Total energía neta para novillas	3.997,34	4.330,47

(1) En el sistema NRC las necesidades de gestación de las novillas van incluidas en las de mantenimiento y crecimiento.

Cuadro 5. Resultados económicos en la situación base (pts./vaca·año), según dos sistemas de evaluación energética

Table 5. Economic results in the base situation (pts./cow·year), according to two systems of energy feeding norms

	Sistema de evaluación energética	
	Sistema INRA	Sistema NRC
Ingresos		
Leche	304.457,00	304.457,00
Carne	50.803,78	50.803,78
Ingresos totales	355.260,78	355.260,78
Costes		
Alimentación de vacas	149.687,02	153.366,84
Reposición	42.185,54	44.196,72
Otros costes por vaca	88.238,00	88.238,00
Total costes por vaca	280.110,56	285.801,56
Beneficio por vaca	75.150,22	69.459,22

En el capítulo de costes, los de alimentación de vacas representaron el 53 por ciento del total de costes por vaca, mientras que los de reposición (gran parte de los cuales eran alimentarios) supusieron el 15 por ciento del total de dichos costes. Añadiendo los costes alimentarios de la reposición a los de alimentación de vacas, el total de costes alimentarios representó el 62 o el 63 por ciento del total de costes por vaca, según los sistemas de evaluación INRA o NRC, respectivamente.

Pesos económicos de los caracteres estudiados

En el cuadro 6 se presentan los PE de los caracteres productivos y funcionales incluidos en el modelo de análisis.

El sistema de evaluación utilizado para calcular las necesidades de EN en alimento influyó poco en los PE obtenidos, que fueron, en general, ligeramente más altos para el sistema NRC. La mayor diferencia se encontró para el PE de la grasa (un 17 por ciento más alto con el sistema NRC). Los PE obtenidos para la proteína y el PA fueron prácticamente iguales con ambos sistemas de evaluación: 454 y −76,50 pts./kg·vaca·año, respectivamente.

En el cuadro 6 se muestran además los PE relativos de cada carácter, obtenidos multiplicando el PE absoluto por la desviación típica correspondiente, y dividiendo el producto por el valor correspondiente a la proteína. Estos PE relativos dan una idea de la importancia económica de cada carácter, con vista a su inclusión en un índice de selección por mérito económico.

Cuadro 6. Pesos económicos (absolutos y relativos) de los caracteres productivos, de la longevidad y del peso adulto, según dos sistemas de evaluación energética
Table 6. Economic weights (absolute and relative) of the productive traits, longevity and mature weight, according to two systems of energy feeding norms

	Sistema de evaluación energética	
	Sistema INRA	Sistema NRC
Pesos económicos (pts./kg·vaca·año) (1)		
Producción de leche	19,44	20,21
Volumen de leche	2,48	2,73
Grasa	80,61	94,64
Proteína	453,98	454,23
Longevidad	9,07	10,23
Peso adulto	–76,54	–76,57
Pesos económicos relativos (2)		
Volumen de leche	0,16	0,18
Grasa	0,22	0,25
Proteína	1,00	1,00
Longevidad	0,21	0,24
Peso adulto	–0,13	–0,13

(1) Para la longevidad el resultado se expresa en pts./vaca·año·día de vida productiva.
(2) Pesos económicos de las desviaciones típicas, con relación al de la proteína.

Se aprecia que el PE de la proteína es claramente superior al de los demás caracteres, siendo 4,5 veces el de la grasa, que ocupa el segundo lugar. Se aprecia también la importancia económica de la longevidad, cuyo peso es casi tan importante como el de la grasa.

El PE relativo del peso adulto, aunque ocupa el último lugar, no deja de ser importante, con un valor (negativo) casi equiparable al del volumen de leche.

Sensibilidad de los pesos económicos a cambios en las condiciones de producción

En el cuadro 7 se refleja cómo varían los PE de los caracteres estudiados al cambiar alguna de las condiciones del sistema de producción. Los valores expuestos se obtuvieron utilizando el sistema INRA para el cálculo de las necesidades energéticas de los animales.

En el supuesto de que no existiese limitación de cuota lechera, los PE del volumen de leche y de la grasa serían considerablemente más altos que los obtenidos en la situación base, con existencia de cuota. Sin embargo el PE de la proteína apenas se vería alterado. Los PE de los caracteres funcionales (longevidad y peso adulto) no son alterados por la existencia de cuota lechera, según se explicó anteriormente.

En la condición de existencia de cuota lechera los PE del volumen de leche y de la

Cuadro 7. Pesos económicos de los caracteres productivos, de la longevidad y del peso adulto, en la situación base, en el caso de no existencia de cuota, y sensibilidad de los mismos a cambios en los niveles de producción, en los precios de los productos y en el coste del alimento, en condiciones de existencia de cuota

Table7. Economic weights of the productive traits, longevity and mature weight, in the base situation, without milk quota limitation, and sensitivity of the economic weights to changes in production levels, product prices and feed cost, with milk quota limitation

Alternativa	Carácter				
	Volumen[1]	Grasa[1]	Proteína[1]	Longevidad[2]	Peso adulto[1]
Sin cuota lechera	5,85	265,78	457,35	9,07	–76,54
Con cuota lechera					
Situación base	2,48	80,61	453,98	9,07	–76,54
Producción leche					
–20%	4,08	168,57	455,58	9,07	–76,54
+20%	1,41	21,98	452,91	9,07	–76,54
Longevidad					
–20%	2,69	92,16	454,19	14,23	–78,73
+20%	2,34	73,24	453,84	6,29	–76,03
Peso adulto					
–20%	2,04	56,61	453,54	9,21	–76,80
+20%	2,93	105,47	454,43	9,38	–78,85
Precio de la leche					
–20%	–3,04	221,30	448,46	9,07	–76,54
+20%	7,99	–60,33	459,49	9,07	–76,54
Precio vaca desecho					
–20%	2,68	91,57	454,18	12,13	–83,39
+20%	2,28	69,66	453,78	6,01	–69,68
Coste del alimento					
–20%	1,59	25,65	470,79	6,28	–54,37
+20%	3,36	135,58	437,16	11,86	–98,70

(1) Valores expresados en pts./kg·vaca·año.
(2) Valores expresados en pts./día de vida productiva·vaca·año.

grasa se ven afectados considerablemente por cambios en el nivel de producción de leche por vaca, y por cambios en el precio de la leche y del coste del alimento. Sin embargo el PE de la proteína sólo es afectado, de cierta consideración, por el coste del alimento.

Los PE de los caracteres funcionales (longevidad y peso adulto) se ven notablemente afectados por el precio de la vaca de desecho y por el coste del alimento. Además el PE de la longevidad se ve afectado por el nivel de dicho carácter, aumentando cuando la longevidad disminuye, y viceversa. Sin embargo, el nivel de longevidad afecta poco al PE del peso adulto.

La variación en el peso adulto medio de las vacas afecta sólo ligeramente a los PE de la longevidad y del peso adulto.

Discusión

Evolución de las variables productivas y funcionales a lo largo del tiempo

La población de vacas estudiada mostró un aumento del 56 por ciento en la producción de leche entre los años 1985 y 1995 y un aumento equivalente, o incluso superior, en las producciones de grasa y proteína (cuadro 2). Al mismo tiempo se apreció un aumento del 7 por ciento en el PA de las vacas, desde 607 hasta 648 kg.

Se han observado correlaciones positivas entre el PV y los caracteres productivos en diversos trabajos, tanto a nivel fenotípico (MEYER *et al.*, 1987; SIEBER *et al.*, 1988), como genotípico (AHLBORN y DEMPFLE, 1992; VEERKAMP y BROTHERSTONE, 1997). Por ello no es de extrañar el aumento del PA ocurrido en la población estudiada, en la que el principal objetivo de selección ha sido el nivel de producción de leche.

El aumento del PA fue mayor en los 5 primeros años (35 kg) que en los 5 últimos (6 kg). Ese mayor aumento ocurrido en los 5 primeros años pudo ser debido a una mayor penetración de genes Holstein-Friesian en la población entre los años 1985-90 que entre los 1990-95. Sabido es que un aumento en el porcentaje de genes Holstein-Friesian trae consigo un aumento considerable en el PV de las vacas (GROEN y VOS, 1995).

El aumento en la producción de leche observado en los últimos 5 años fue de un 24 por ciento, mientras que el del PA (o su equivalente el PV) fue de sólo un 1 por ciento. Con la introducción del PA en el objetivo de selección, en el que vendrá acompañado de un PE negativo, se persigue reducir el aumento del PA, manteniendo al mismo tiempo un aumento en producción de leche. Si esto es posible, se conseguirá hacer máximo el beneficio económico obtenido por vaca y año de vida productiva, que es el fin último de la selección genética en vacuno lechero.

En el cuadro 2 se observa también un claro descenso en la longevidad o vida productiva, desde los 6 a los 4,7 años. Teniendo en cuenta el alto PE de la longevidad, que resultó ser de 3.311 pts./vaca·año·año de vida productiva (cuadro 6), y que el PE de la producción de leche fue de 19,44 pts./kg·vaca·año, el descenso de 1,3 años de vida productiva resulta equivalente a la producción de 221,4 kg de leche por vaca y año. Habría que indagar en las causas que han incidido en ese descenso, estudiando los motivos de desecho de las vacas. Si ese desecho es debido fundamentalmente a causas involuntarias (no relacionadas con el nivel de producción), como son las enfermedades o la infertilidad, habría que intentar reducirlo en el proceso de selección.

Influencia del sistema de evaluación de las necesidades energéticas

Las necesidades totales de EN para vacas fueron de 5.463,03 y 5.597,33 UFL/año, para los sistemas INRA y NRC, respectivamente, para una producción media de leche de 7.350 kg por vaca y año, y que correspondía a vacas cuyo número de lactación medio era 3,01. Esto representa una eficiencia biológica de 0,74 y 0,76 UFL/kg de leche para ambos sistemas, respectivamente. Las cifras anteriores concuerdan con la eficiencia biológica de 0,76 UFL/kg de leche obtenida por GROEN (1988), para una producción de leche de 6.754 kg por vaca y año, para una vaca en su tercera lactación. Groen obtuvo sus datos con un modelo de análisis económico aplicado a la población de vacuno lechero Frisón en Holanda.

La distribución de la EN total requerida, para los capítulos de lactación, mantenimiento, crecimiento y gestación, fue de un 57,8, 38,6, 0,7 y 2,9 por ciento, respectivamente, según el sistema INRA, y de un 56,4, 39,1, 0,6 y 3,9 por ciento, respectivamente, según el sistema NRC. (Ver cuadro 4). Estas cifras concuerdan con las obtenidas por GROEN (1988) para esos mismos capítulos, que fueron de un 57,1, 38,1, 0,7 y 4,1 por ciento, respectivamente.

Las necesidades totales de EN para recriar una novilla, desde el nacimiento hasta el primer parto, fueron de 3.997,34 y 4.330,47 UFL, para los sistemas INRA y NRC, respectivamente. Teniendo en cuenta que la edad media al primer parto fue de 854 días (28 meses), las necesidades medias diarias resultaron ser de 4,68 y 5,07 UFL, para ambos sistemas, respectivamente. Estas cifras concuerdan con las obtenidas por GROEN (1988) con su modelo, que fueron de 3.483 UFL, para una edad al primer parto de 24 meses, lo cual equivale a 4,77 UFL/día.

Teniendo en cuenta que las necesidades energéticas obtenidas con ambos sistemas de evaluación fueron bastante semejantes, y que los PE de los caracteres productivos y funcionales estudiados resultaron también muy similares (ver cuadro 6), puede concluirse que los dos sistemas pueden aceptarse como válidos para el cálculo, en el modelo propuesto. Sin embargo, como el sistema de evaluación INRA está más difundido en España que el NRC parece más aconsejable dar preferencia a los PE obtenidos con aquel sistema, y a ellos se hará referencia en los apartados siguientes.

Peso económico del peso adulto

El PE del peso adulto encontrado en el presente estudio fue de –76,54 pts./kg·vaca·año, equivalente a –0,46 eur./kg·vaca·año.

En una revisión de trabajos sobre el PE del PV realizada por KOENEN *et al.* (2000) se encontró una variación muy amplia para dicho valor: de –1,28 a 0,02 eur./kg·vaca·año (de –213,00 a 3,30 pts./kg·vaca·año). Esta variación es debida a que el PE del PV es muy dependiente de diversos factores, entre los que cabe citar: los precios supuestos para los alimentos y para la carne de vacuno, la existencia de exigencias medio-ambientales que limitan el exceso de abonado, encareciendo el coste marginal de alimentación, y también la existencia de limitaciones en la cantidad de forraje disponible (GROEN *et al.*, 1997).

En el presente trabajo se ve que los precios de la carne de la vaca de desecho y del coste del alimento afectan notablemente al PE del PA, que oscilaría entre –54,37 y –98,70 pts./kg·vaca·año (–0,33 y –0,59 eur./kg·vaca·año). (Ver cuadro 7). GROEN (1989a,b) también comprobó que los precios de la carne de vaca de desecho y del alimento afectaban notablemente al PE del PA.

Dentro de los trabajos citados en la revisión anterior se encuentra el de GROEN (1989b), que obtiene para el PE del PV la cifra de –0,42 eur./kg·vaca·año, refiriéndose a una situación de base de las explotaciones del vacuno Frisón en Holanda. Dicho valor es muy semejante al encontrado en el presente trabajo, y entraría dentro del intervalo de valores encontrado en el estudio de sensibilidad expuesto en el cuadro 7.

Entre los trabajos de la citada revisión destacan los altos valores (en valor absoluto; bajos teniendo en cuenta el signo negativo) encontrados por VEERKAMP (1996) para la población de vacuno Frisón en el Reino Unido: –0,54 y –0,68 eur./kg·vaca·año, para producciones medias de leche de 5.500 y 7.700 kg/vaca·año, respectivamente. La diferencia entre ambos valores es debida seguramente a diferencias en la dieta ali-

mentaria, que se encarece al aumentar el nivel de producción.

En el otro extremo de valores cabe citar el encontrado por HARRIS (1998): –0,20 eur./kg·vaca·año, para las condiciones de producción de Nueva Zelanda, en las que la dieta alimentaria está basada en el pasto, alimento de bajo coste por unidad energética.

CHARFEDDINE (1998) en un trabajo realizado con datos de una parte de la población de vacas de este mismo estudio (las correspondientes al País Vasco, sin Navarra) encontró para el PE del PA el valor de –0,34 eur./kg·vaca·año (–57,00 pts./kg·vaca·año), algo inferior (en valor absoluto) al del presente trabajo. La causa de la discrepancia puede ser, aparte de la diferencia en la población de vacas estudiada, el distinto precio aplicado a la UFL en la alimentación de las novillas, que fue de 25,90 pts. en el trabajo de Charfeddine y de 27,30 pts. en el presente estudio. En el apartado del Apéndice 1, donde se detalla el cálculo del PE del PA, puede verse que el precio de la UFL de la ración de las novillas influye en la variación de los costes de reposición al variar el PA, y por tanto en el PE del mismo.

La variación en el peso adulto medio de las vacas afectaría sólo ligeramente al PE del peso adulto, con un descenso del 3 por ciento (aumento en valor absoluto) al aumentar el PA un 20 por ciento, en las condiciones de producción del presente estudio.

GROEN (1989b) encontró que el PE del PA aumentaba un 5 por ciento (disminuía en valor absoluto) al aumentar un 20 por ciento el PA, y que disminuía un 10 por ciento (aumentaba en valor absoluto) al disminuir un 20 por ciento el PA. La discrepancia de estos resultados con los del presente estudio radica seguramente en que en el modelo utilizado por GROEN (1988) se tenía en cuenta las proporciones relativas de forraje y concentrado en la dieta de las vacas, según su producción de leche, y esto afectaba al coste de la alimentación.

Del estudio de sensibilidad de los PE a las condiciones de producción, cuyo resultado se refleja en el cuadro 7, parece deducirse que el PE del peso adulto es bastante estable a cambios en dichas condiciones, con la excepción del precio de la vaca de desecho y del coste del alimento. De estos dos factores seguramente es el coste del alimento el que puede presentar una mayor variación, al comparar unas explotaciones con otras, y por tanto eso requeriría usar diferentes PE del PA en el objetivo de selección (o genotipo agregado), según la explotación considerada. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la mejora en el rendimiento económico que se busca con la mejora genética del ganado va dirigida a explotaciones que trabajan a un nivel próximo a la máxima eficiencia económica (SMITH *et al.*, 1986), y que por tanto están usando ya el alimento apropiado que tiene el menor coste. Si una explotación puede mejorar su rendimiento económico usando un alimento más barato, debería hacerlo, sin pretender usar la mejora genética, que es una herramienta de efecto a medio plazo, para subsanar su ineficiencia en la alimentación.

Importancia relativa del peso adulto frente a los caracteres productivos

Un modo de valorar la importancia relativa de los caracteres que intervienen en el objetivo de selección (o genotipo agregado) es el de calcular el valor económico de las desviaciones genotípicas estándar de los respectivos caracteres, y después dividir dichos valores por el correspondiente a uno de ellos, por ejemplo: el de la producción de proteína en la leche. (Ver, por ejemplo VISSCHER *et al.*, 1994).

En el presente trabajo no se disponía de las desviaciones genotípicas estándar de los caracteres de interés para el objetivo de selección, ya que no se realizó el análisis de los datos para estimar los correspondientes parámetros genéticos. Sin embargo sí se disponía de las desviaciones típicas correspondientes a dichos caracteres (cuadro 3), por lo cual podía calcularse el valor económico de las mismas (multiplicándolas por su correspondiente PE), y ver así su valor económico relativo (cuadro 6). Estos pesos económicos relativos (PER), así determinados, no son tan indicativos, a efectos de la importancia económica en el proceso de selección, como los correspondientes a las desviaciones genotípicas estándar, pero están muy relacionados con ellos, ya que se verifica que: $s_g = h^2 \cdot s_p$, siendo s_g y s_p las desviaciones genotípica y fenotípica estándar, y h^2 la heredabilidad correspondiente. Por tanto, si los caracteres estudiados tuvieran todos la misma heredabilidad (h^2) los PE relativos determinados mediante las desviaciones fenotípicas coincidirían con los calculados con las desviaciones genotípicas estándar.

En el presente trabajo el PER del PA resultó ser el 13 por ciento del de la proteína, y algo inferior a los del volumen de leche y de la grasa (cuadro 6). Aunque estos PER se han calculado a partir de las desviaciones fenotípicas, seguramente no diferirán mucho de los calculados a partir de las desviaciones genotípicas estándar, ya que la heredabilidad del PA en la población de vacuno Frisón española será probablemente muy similar a las de la grasa y la proteína en dicha población. CHARFEDDINE (1998), en un análisis de datos de vacas del País Vasco, Navarra, Cantabria y Galicia, encontró para la grasa, la proteína y el carácter morfológico Tamaño heredabilidades de 0,26, 0,28 y 0,23, respectivamente. Por otra parte, en un estudio preliminar realizado sobre la misma población de vacas aquí analizada, Pérez-Cabal (comunicación personal) ha encontrado para la producción de leche y para el PA de las vacas heredabilidades de 0,34 y 0,32, respectivamente.

En otros trabajos en los que se estudiaron los PE del PA y de los caracteres productivos se encontró que el PER del PA estaba entre el 16 y el 30 por ciento del PE de la proteína (con signo negativo), y era ligeramente inferior al de la grasa (GROEN, 1990; VEERKAMP, 1996; SPELMAN y GARRICK, 1997). Sin embargo, en el trabajo de VISSCHER *et al.* (1994), que trataba de reflejar las condiciones de las explotaciones lecheras australianas, en las que la producción total de pasto está limitada, el PA tuvo un PER más elevado, llegando a ser el 52 por ciento del de la proteína, y quedando por encima de los del volumen de leche y de la grasa, que fueron el 40 y el 41 por ciento del de la proteína, respectivamente.

Método de determinación del peso adulto

Ya se ha visto en el apartado de material y métodos que el valor del PA es fundamental para poder determinar con cierta precisión las necesidades energéticas de las vacas, las necesidades energéticas de la recría, el valor de las vacas de desecho, el beneficio medio por vaca y año, y también el PE de dicho PA. Se ha visto también que es posible determinar con bastante precisión el PA de los animales a partir del PV de los mismos a una cierta edad, mediante la ecuación de Von Bertalanffy (BROWN *et al.*, 1976; KORVER *et al.*, 1985). El problema radica en la determinación del PV de los animales sin tener que recurrir al uso de básculas, que normalmente no existen en las explotaciones lecheras.

En este trabajo se calculó el PV de las vacas en el momento de su calificación mor-

fológica, partiendo de la nota de Tamaño aplicada por los técnicos de CONAFE, y transformando dicha nota en kilos de PV mediante una escala de conversión (CONAFE, 1998), en la que cada unidad equivale a 30 kg de PV. KOENEN y GROEN (1998) encontraron una correlación genética alta (0,59) entre el PV y el carácter morfológico Tamaño, determinado visualmente, pero utilizaron para éste una escala que iba de 65 a 100. En trabajos realizados en Nueva Zelanda, en ganado Holstein-Friesian (AHLBORN y DEMPFLE, 1992), se encontró una correlación genética muy alta (0,92) entre el PV y la altura a la cruz, siendo ambos caracteres valorados visualmente. Sin embargo, en la escala del PV, que también iba de 1 a 9, cada unidad equivalía a 50 kg de PV.

En el presente trabajo se encontró para el PA de la población de vacas estudiada el valor medio de 648 kg. En un trabajo realizado sobre el vacuno Frisón holandés, con novillas nacidas entre 1982 y 1990, y que parieron a los 24 meses de edad, GROEN y VOS (1995) encontraron un PV al parto (2 días después) de 508 kg y un efecto genético de unos 26 kg entre las novillas de tipo Frisón europeo y las que tenían un 80-100% de genes Holstein-Friesian. Es decir, el PV al primer parto para unas y otras sería de 495 y 521 kg, respectivamente. Teniendo en cuenta que el PV a los 24 meses de edad viene a ser un 80 por ciento del PA (GROEN, 1988; TROCCON, 1993), los PA respectivos para cada grupo genético serían de 619 y 651 kg. Por tanto el PA encontrado en el presente trabajo encaja bien con los valores encontrados para una población de vacas que ha tenido una evolución similar a la nuestra, y casi coincidiría con el del grupo genético de mayor porcentaje de genes Holstein-Friesian.

No obstante lo expuesto, sería de gran interés a nivel nacional, con vistas a la futura inclusión del PV en el objetivo de selección, la realización de experimentos que validaran la escala de conversión del Tamaño en PV, incluida en el Manual de Calificación Lineal de CONAFE (CONAFE, 1998), para la población Frisona española. Para ello habría que determinar en un amplio número de vacas Frisonas españolas su PV con precisión, bien directamente con básculas, o bien indirectamente mediante otras mediciones muy correlacionadas con el mismo, como son el perímetro torácico o la altura a la cruz (HEINRICHS *et al.*, 1992; HIETANEN y OJALA, 1995). Al mismo tiempo se haría la calificación morfológica de tipo habitualmente realizada por los técnicos de CONAFE, que incluye, aparte del Tamaño, otros caracteres que parecen estar muy correlacionados genéticamente con el PV, como son la estatura (altura de grupa), la anchura de pecho, la profundidad corporal y la anchura de grupa (VEERKAMP y BROTHERSTONE, 1997; KOENEN y GROEN, 1998).

Conclusiones

- Se desarrolló un modelo económico que permite estudiar la rentabilidad obtenida por vaca y año, a nivel de explotación, en las explotaciones lecheras del País Vasco y Navarra. En dicho modelo intervienen tres caracteres productivos de los animales (volumen de leche, grasa y proteína) y dos caracteres funcionales (peso adulto de las vacas y longevidad). El modelo permite además, de forma sencilla, el cálculo de los pesos económicos de dichos caracteres.

- La utilización de dos sistemas diferentes de evaluación energética de las necesidades animales no varió apenas los pesos económicos obtenidos para los caracteres productivos y funcionales estudiados.

• El carácter con mayor peso económico relativo fue la producción de proteína en leche, cuyo PE relativo fue unas 4,5 veces el de la grasa, que ocupó el segundo lugar.

• El PE obtenido para el peso adulto fue de –76,54 pts./kg·vaca·año (–0,46 eur./kg·vaca·año). Este valor representa un 13 por ciento del obtenido para la proteína, y queda muy próximo en valor relativo al obtenido para el volumen de leche. Por tanto parece evidente que el PA de las vacas debería ser incluido en un índice económico de selección para mejorar la rentabilidad de las explotaciones lecheras.

• El PE del peso adulto parece bastante estable a cambios en los niveles de producción de leche, longevidad, peso adulto y precio de la leche, pero se ve afectado por cambios en el precio de la carne de la vaca de desecho, y sobre todo por el coste del alimento.

• Parece observarse en la población Frisona del País Vasco y Navarra una tendencia hacia la estabilización del PA de las vacas, sin que por ello deje de aumentar la producción de leche. Esta tendencia se acrecentaría, seguramente, si se introdujera en el índice de selección una estimación del PA de los animales, lo cual contribuiría a mejorar el rendimiento económico de las explotaciones lecheras.

Agradecimientos

Los autores agradecen su colaboración al Centro de Investigación del País Vasco (NEIKER) por los datos económicos y productivos suministrados de explotaciones lecheras, así como al Dr. D. Javier González Cano, de la ETSI Agrónomos de Madrid por su información sobre los métodos de evaluación energética para alimentación del vacuno lechero.

Bibliografía

AHLBORN G., DEMPFLE L., 1992. Genetic parameters for milk production and body size in New Zealand Holstein-Friesian and Jersey. Lives. Prod. Sci., 31: 205-219.

BECKMAN H., VAN ARENDONK J.A.M., 1993. Derivation of economic values for veal, beef and milk production traits using profit equations. Lives. Prod. Sci., 34: 35-56.

BROWN J.E., FITZHUGH H.A., CARTWRIGHT T.C., 1976. A comparison of non-linear models for describing weight-age relatioships in cattle. J. Anim. Sci., 42: 810-818.

CHARFEDDINE N., 1998. Selección por mérito económico global en el ganado vacuno Frisón en España. Tesis doctoral. Dpto. Producción Animal. ETSI Agrónomos de Madrid.

CHARFEDDINE N., ALENDA R., 1998. Conceptos económicos en un programa de mejora genética en vacuno de leche. ITEA, 94 A (3): 179-205.

CONAFE., 1998. Manual de Calificación Lineal. 18 pp. Ed. Confederación de Asociaciones de Frisona Española. Valdemoro (Madrid).

DOMMERHOLT J., WILMINK J.B.M., 1986. Optimal selection responses under varying milk prices and margins for milk production. Lives. Prod. Sci., 14: 109-121.

GIBSON J.P., 1989. Economic weights and index selection of milk production traits when multiple production quotas apply. Anim. Prod., 49: 171-181.

GODDARD M.E., 1998. Consensus and debate in the definition of breeding objectives. J. Dairy Sci., 81: 6-18.

GROEN A.F., 1988. Derivation of economic values of cattle breding: A model at farm level. Agricultural Systems, 27: 195-213.

GROEN A.F., 1989 a. Economic values in cattle breeding. I. Influences of production circumstances in situations without output limitations. Lives. Prod. Sci., 22: 1-16.

GROEN A.F., 1989 b. Economic values in cattle breeding. II. Influences of production circumstances in situations with output limitations. Lives. Prod. Sci., 22: 17-30.

GROEN A.F., 1990. Influences of production circumstances on the economic revenue of cattle breeding programmes. Anim. Prod., 51: 469-480.

GROEN A.F., STEINE T., COLLEAU J.J., PEDERSEN J., PRIBYL J., REINSCH N., 1997. Economic values in dairy cattle breeding, with special reference to functional traits. Report of an EAAP-working group. Lives. Prod. Sci., 49: 1-21.

GROEN A.F., VOS H., 1995. Genetic parameters for body weight and growth in Dutch Black and White replacement stock. Lives. Prod. Sci., 41: 201-206.

HARRIS B.L., 1998. Breeding dairy cattle for economic efficiency: A New Zealand pasture-based system. Proc. 6th World Cong. Gen. App. Liv. Prod., vol. 25: 383-386. Adelaide. (Australia).

HEINRICHS A.J., ROGERS G.W., COOPER J.B., 1992. Predicting body weight and wither height in Holstein heifers using body measurements. J. Dairy Sci., 75: 3576-3581.

HILTANEN H., OJALA M., 1995. Factors affecting body weight and its association with milk production traits in Finnish Ayrshire and Friesian cows. Acta Agr. Scand., Sect. A, Animal Sci. 45: 17-25.

INRA., 1981. Alimentación de los rumiantes. Institut National de la Recherche Agronomique. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

KOENEN E.P.C., BERENTSEN P.B.M., GROEN A.F., 2000. Economic values of live weight and feed-intake capacity of dairy cattle under Dutch production circumstances. Lives. Prod. Sci., 66: 235-250.

KOENEN E.P.C., GROEN A.F., 1998. Genetic evaluation of body weight of lactating Holstein heifers using body measurements and conformation traits. J. Dairy Sci., 81: 1709-1713.

KORVER S., VAN ARENDONK J.A.M., KOOPS W.J., 1985. A function for live-weight change between two calvings in dairy cattle. Anim. Prod., 40: 233-241.

LEE A.J., BOICHARD D.A., MC ALLISTER A.J., LIN C.Y., NADARAJAH K., BATRAA T.R., ROY G.L., VESELY J.A., 1992. Genetics of growth, feed intake, and milk yield in Holstein cattle. J. Dairy Sci., 75: 3145-3154.

MELTON B.E., HEADY E.O., WILLHAM R.L., 1979. Estimation of economic values for selection indices. Anim. Prod., 28: 279-286.

MEYER K., BROTHERSTONE S., HILL W.G., 1987. Inheritance of linear type traits in dairy cattle and correlations with milk production. Anim. Prod., 44: 1-10.

MORRIS C.A., WILTON J.W., 1977. The influence of body size on the economic efficiency of cows: A review. Animal Breeding Abstracts, 45: 139-153.

NRC., 1978. Nutrients Requirements of Dairy Cattle. National Research Council. Ed. National Academy Press. Washington.

PÉREZ M.A., CHARFEDDINE N., ALENDA R., 1999. Indices de selección obtenidos a partir de estudios económicos en vacuno de leche. Bovis, 90: 13-37.

PERSAUD P., SIMM G., HILL W.G., 1991. Genetic and fenotypic parameters for yields, food intake and efficiency of dairy cows fed *ad libitum*. 1. Estimates for total measuresand their relationship with live weight traits. Anim. Prod., 52: 435-444.

PIETERS T., CANAVESI F., CASSANDRO M., DADATI E., VAN ARENDONK J.A.M., 1997. Consequences of differences in pricing systems between regions on economics values and revenues of a national dairy cattle breeding scheme in Italy. Lives. Prod. Sci., 49: 23-32.

SIEBER M., FREEMAN A.E., KELLEY D.H., 1988. Relationships between body measurements, body weight, and productivity in Holstein dairy cows. J. Dairy Sci., 71: 3437-3445.

SPELMAN R.J., GARRICK D.J., 1997. Effect of live weight and differing economic values on responses to selection for milk fat, protein, volume, and live weight. J. Dairy Sci., 80: 2557-2562.

TROCCON J.L., 1987. Recommandations alimentaires pour les veaux et génisses d'élevage. Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, INRA, 70: 167-172.

TROCCON J.L., 1993. Effects of winter feeding during the rearing period on performance and longevity in dairy cattle. Lives. Prod. Sci., 36: 157-176.

VEERKAMP R.F., 1996. Liveweight and feed intake in dairy cattle breeding. Proc. Inter. Workshop on Genetic Improvement of Functional Traits in Cattle. Interbull Bulletin, 12: 173-180.

VEERKAMP R.F., BROTHERSTONE S., 1997. Genetics correlations between linear type traits, food intake, live weight, and condition score in Holstein Friesian dairy cattle. Anim. Sci., 64: 385-392.

VISSCHER P.M., BOWMAN P.J., GODDARD M.E., 1994. Breeding objetives for pasture based dairy production systems. Lives. Prod. Sci., 40: 123-137.

(Aceptado para publicación el 30 de junio de 2002).

Apéndice 1: Cálculo de los pesos económicos de los caracteres productivos y funcionales en la población de vacuno lechero del País Vasco y Navarra

PE del peso adulto (PA).

La ecuación que da el beneficio anual a nivel de explotación es:

$$B = N \cdot (I_a - C_a) - CFE, \qquad (A1)$$

Derivando esta ecuación (o función de beneficio) con respecto a PA, resulta:

$$\frac{\partial B}{\partial (PA)} = N \cdot \left[\frac{\partial I_a}{\partial (PA)} - \frac{\partial C_a}{\partial (PA)} \right], \text{ y el PE del PA es:}$$

$$\text{PE del PA} = PE_{PA} = \frac{1}{N} \cdot \frac{\partial B}{\partial (PA)} = \frac{\partial I_a}{\partial (PA)} - \frac{\partial C_a}{\partial (PA)}, \qquad (A2)$$

Los ingresos por venta de leche (I_{leche}), no dependen del PA. Por tanto:

$$\frac{\partial I_a}{\partial (PA)} = \frac{\partial (I_{carne})}{\partial (PA)} = p_{vd} \cdot h(t_D) \cdot \left(\frac{1}{L} - Mor_v \right),$$

siendo: $h(t_D) = \left[1 - (1 - \sqrt[3]{0,06}) \cdot e^{-0,0029 t_D} \right]^3$,

$$\frac{\partial C_a}{\partial (PA)} = \frac{\partial (\text{Calimen.vacas})}{\partial (PA)} + \frac{\partial (\text{Creposición})}{\partial (PA)}, \qquad (A3)$$

Los costes de alimentación de vacas (Calimen.vacas) vienen dados por la ecuación:

$$\text{Calimen} \cdot \text{vacas} = \{0,123 \cdot V + 5,600 \cdot G + 3,353 \cdot P + 0,0453 \cdot 365 \cdot PA^{0.75} \cdot [h(t_1)]^{0.75} + 3,94 \cdot PA \cdot [h(t_1) - h(t_1 - 365)] + 155,55\} \cdot p_{UFLv}. \qquad (A4)$$

Por tanto:

$$\frac{\partial (\text{Calimen.vacas})}{\partial (PA)} = \{0,0453 \cdot 365 \cdot 0,75 \cdot PA^{-0.25} \cdot [h(t_1)]^{0.75} + 3,94 \cdot [h(t_1) - h(t_1 - 365)]\} \cdot p_{UFLv},$$

Los costes de reposición (Creposición) vienen dados por la ecuación:

$$\text{Creposición} = \frac{1}{L} \cdot \frac{1}{1 - Mor_n} \cdot \text{Grecría} = \frac{1}{L} \cdot \frac{1}{1 - Mor_n} \cdot (\text{Energía Neta recría} \cdot p_{UFLn} + OCN), \qquad (A5)$$

siendo: Energía Neta recría = EN mantenim. y crecimiento (EMC_n) + EN gestación (EG_n).
Los otros costes por novilla (OCN) y la EG_n no dependen del PA. Por tanto, resulta:

$$\frac{\partial (\text{Creposición})}{\partial (PA)} = \frac{1}{L} \cdot \frac{1}{1 - Mor_n} \cdot p_{UFLn} \cdot \frac{\partial (EMC_n)}{\partial (PA)}, \qquad (A6)$$

La EN mantenimiento y crecimiento novillas (ECM_n) viene dada por la fórmula:

$$EMC_n = \sum_{i=1}^{4} EN_i \cdot d_i = \sum_{i=1}^{4} \left[a_i + b_i \cdot GPV_i^{1.4} \right] PV_i^{0.75} \cdot d_i.$$

Al tomar a_i, b_i, d_i, PV_i y GPV_i los valores indicados en el apartado de costes de reposición de material y métodos, resulta:

$$EMC_n = PA^{0.75} \cdot \left\{ 183 \cdot [0,042 \cdot [h(91)]^{0.75} + 0,04 \cdot [h(274)]^{0.75} + 0,04 \cdot [h(457)]^{0.75}] + \right.$$

$$\left. + (EPP - 549) \cdot 0,04 \cdot 0,04 \cdot \left[h\left(\frac{549 + EPP}{2} \right) \right]^{0.75} \right\} + PA^{2.15} \cdot \{183^{-0,4} \cdot [0,0435 \cdot [h(91)]^{0.75} \cdot [h(183) - 0,06]^{1.4} +$$

$$+ 0,0415 \cdot [h(274)]^{0.75} [h366) - h(183)]^{1.4} + 0,0415 \cdot [h(457)]^{0.75} [h(549) - h(366)]^{1.4}] +$$

$$+ (EPP - 549)^{-0,4} \cdot 0,0415 \cdot \left[h\left(\frac{549 + EPP}{2}\right)\right]^{0,75} \cdot [h(EPP) - h(549)]^{1,4}\}.$$

Por tanto:

$$\frac{\partial(EMC_n)}{\partial(PA)} = 0,75 \cdot PA^{-0,25} \cdot \left\{ 183 \cdot [0,042 \cdot [h(91)]^{0,75} + 0,04 \cdot [h(274)]^{0,75} + 0,04 \cdot [h(457)]^{0,75}] + \right.$$

$$\left. + (EPP - 549) \cdot 0,04 \cdot \left[h\left(\frac{549 + EPP}{2}\right)\right]^{0,75} \right\} + 2,15 \cdot PA^{1,15} \cdot \{183^{-0,4} \cdot [0,0435 \cdot [h(91)]^{0,75} \cdot [h(183) - 0,06]^{1,4} +$$

$$+ 0,0415 \cdot [h(274)]^{0,75} \cdot [h(366) - h(183)]^{1,4} + 0,0415 \cdot [h(457)]^{0,75} \cdot [h(549) - h(366)]^{1,4}] +$$

$$+ 0,0415 \cdot (EPP - 549)^{-0,4} \cdot \left[h\left(\frac{549 + EPP}{2}\right)\right]^{0,75} \cdot [h(EPP) - h(549)]^{1,4}\},$$

Finalmente, haciendo las sustituciones indicadas en las ecuaciones (A6), (A3) y (A2) se obtiene el PE del peso adulto (PA).

PE de la producción de leche (Y).

Derivando la ecuación (A1) respecto a Y se obtiene:

$$PE_{leche} = \frac{1}{N} \cdot \frac{\partial B}{\partial Y} = \frac{\partial I_a}{\partial Y} - \frac{\partial C_a}{\partial Y} - \frac{1}{Y} \cdot (I_a - C_a), \qquad (A7)$$

El último sumando que aparece en la ecuación (A7) resulta de la existencia de una cuota (Q) de producción de leche por explotación:

$Q = N \cdot Y \cdot [1 + k_g \cdot (cg - cg_r)]$, siendo:

k_g = factor de conversión de décimas de contenido graso en kg de leche = 18.

La exigencia de que sea: Q = constante, hace que N sea función de la producción de leche por vaca (Y). (Ver Charfedinne y Alenda, 1998, para una más detallada explicación).

Al ser los ingresos por venta de carne, independientes de Y, resulta:

$$\frac{\partial I_a}{\partial Y} = \frac{\partial(I_{leche})}{\partial Y} = p_L + p_G \cdot (cg - cg_r) + p_P \cdot (cp - cp_r).$$

Los únicos costes que dependen de Y son los de alimentación de vacas (Calimen.vacas):

$$Calimen.vacas = \{(0,123 \cdot cv + 5,600 \cdot cg + 3,353 \cdot cp) \cdot Y + 0,0453 \cdot 365 \cdot PA^{0,75} \cdot [h(t_l)]^{0,75} +$$
$$+ 3,94 \cdot PA \cdot [h(t_l) - h(t_l - 365)] + 155,55\} \cdot p_{UFL_V},$$

siendo cv, cg y cp los contenidos medios de volumen, grasa y proteína de 1 kg de leche del conjunto de vacas considerado.

Por tanto:

$$\frac{\partial C_a}{\partial Y} = \frac{\partial(Calimen.vacas)}{\partial Y} = (0,123 \cdot cv + 5,600 \cdot cg + 3,353 \cdot cp) \cdot p_{UFL_V},$$

Sustituyendo los valores anteriores en la ecuación (A7) se obtiene:

$$PE_{leche} = p_L + p_G \cdot (cg - cg_r) + p_P \cdot (cp - cp_r) - (0,123 \cdot cv + 5,600 \cdot cg + 3,353 \cdot cp) \cdot p_{UFL_V} - \frac{1}{Y} \cdot (I_a - C_a).$$

El valor: $I_a - C_a = B_a$ es el beneficio medio por vaca y año para el conjunto de vacas considerado, que habrá que calcular previamente.

PE del volumen de leche (V).

Derivando en (A1) respecto a V se obtiene:

$$PE_{volum.} = \frac{1}{N} \cdot \frac{\partial B}{\partial V} = \frac{\partial I_a}{\partial V} - \frac{\partial C_a}{\partial V} - \frac{q_v}{\sum q_i \cdot x_i} \cdot (I_a - C_a) \quad , \qquad \text{(A8) siendo:}$$

$$q_v = 1 - k_g \cdot cg_r = 1 - 18 \cdot 0.037 = 0.034, \text{ y}$$

$$\sum q_i \cdot x_i = (1 - kg \cdot cgr) \cdot V + (1 - k_g \cdot cg_r + k_g) \cdot G + (1 - k_g \cdot cg_r) \cdot P =$$

$$= (1 - 18 \cdot 0.037) \cdot V + (1 - 18 \cdot 0.037 + 18) \cdot G + (1 - 18 \cdot 0{,}037) \cdot P = 0.334 \cdot V + 18{,}334 \cdot G + 0.334 \cdot P.$$

El tercer sumando de la ecuación (A8) resulta, como anteriormente, de la existencia de una cuota de producción de leche por explotación. (Ver Charfeddine y Alenda, 1998, para una más detallada explicación).

Derivando en la ecuación que da los ingresos por venta de leche para obtener $\frac{\partial I_a}{\partial V}$, y en la ecuación (A4), que da los costes de alimentación de vacas, para obtener $\frac{\partial C_a}{\partial V}$, y sustituyendo en (A8), resulta:

$$PE_{volum.} = p_L - p_G \cdot cg_r - p_P \cdot cp_r - 0{,}123 \cdot p_{UFLv} - \frac{0{,}334}{0{,}334 \cdot V + 18{,}334 \cdot G + 0{,}334 \cdot P} \cdot (I_a - C_a).$$

PE de la grasa (G).

Derivando en (A1) respecto a G se obtiene:

$$PE_{grasa} = \frac{1}{N} \cdot \frac{\partial B}{\partial G} = \frac{\partial I_a}{\partial G} - \frac{C_a}{\partial G} - \frac{q_G}{\sum q_i \cdot x_i} \cdot (I_a - C_a) \, . \qquad \text{(A9) siendo:}$$

$q_g = 1\text{-}k_g \cdot cg_r + k_g = 1\text{-}18 \cdot 0{,}037 + 18 = 18{,}334$, y $\sum q_i \cdot x_i = 0{,}334 \cdot V + 18{,}334 \cdot G + 0{,}334 \cdot P$.

Como anteriormente, el tercer sumando de la ecuación (A9) resulta de la existencia de una cuota de producción de leche por explotación.

Derivando en la ecuación que da los ingresos por venta de leche para obtener $\frac{\partial I_a}{\partial G}$, y en la ecuación (A4) para obtener $\frac{\partial C_a}{\partial G}$, y sustituyendo en (A9), resulta:

$$PE_{grasa} = p_L - p_G \cdot (1 - cg_r) - p_P \cdot cp_r - 5{.}600 \cdot p_{UFLv} - \frac{18{,}334}{0{,}334 \cdot V + 18{,}334 \cdot G + 0{,}334 \cdot P} \cdot (I_a - C_a)$$

PE de la proteína (P).

Derivando en (A1) respecto a P se obtiene:

$$PE_{prot.} = \frac{1}{N} \cdot \frac{\partial B}{\partial P} = \frac{\partial I_a}{\partial P} - \frac{\partial C_a}{\partial P} - \frac{q_P}{\sum q_i \cdot x_i} \cdot (I_a - C_a), \qquad \text{(A10) siendo:}$$

$$q_P = 1 - k_g \cdot cg_r = 1 - 18 \cdot 0{,}037 = 0{,}034 \text{ , y } \sum q_i \cdot x_i = 0{,}334 \cdot V + 18{,}334 \cdot G + 0{,}334 \cdot P.$$

Como anteriormente, el tercer sumando de la ecuación (A10) resulta de la existencia de una cuota de producción de leche por explotación.

Derivando en la ecuación que da los ingresos por venta de leche para obtener $\frac{\partial I_a}{\partial P}$, y en la ecuación (A4) para obtener $\frac{\partial C_a}{\partial P}$, y sustituyendo en (A10), resulta:

$$PE_{prot.} = p_L - p_G \cdot cg_r + p_P \cdot (1 - cp_r) - 3{,}353 \cdot p_{UFLv} - \frac{0{,}334}{0{,}334 \cdot V + 18{,}334 \cdot G + 0{,}334 \cdot P} \cdot (I_a - C_a)$$

PE de la longevidad (L).

Derivando en (A1) respecto a L se obtiene:

$$PE_{longev.} = \frac{1}{N} \cdot \frac{\partial B}{\partial L} = \frac{\partial I_a}{\partial L} - \frac{\partial C_a}{\partial L}, \qquad (A11)$$

La longevidad solamente interviene en los ingresos por venta de carne (I_{carne}) y en los costes de reposición (Creposición).

Derivando en la ecuación que da los ingresos por venta de carne para obtener $\frac{\partial I_a}{\partial L}$, y en la ecuación (A5) para obtener $\frac{\partial C_a}{\partial L}$, resulta:

$$\frac{\partial I_{carne}}{\partial L} = -\frac{p_{vd} \cdot PV_{vd}}{L^2},$$

$$\frac{\partial (\text{Creposición})}{\partial L} = -\frac{1}{1 - Mor_n} \cdot \frac{\text{Crecría}}{L^2}.$$

Sustituyendo los valores anteriores en (A11), resulta:

$$PE_{longev.} = \frac{\frac{1}{1 - Mor_n} \cdot \text{Crecría} - p_{vd} \cdot PV_{vd}}{L^2}.$$

El valor anterior vendrá expresado en pts./vaca·año·año de vida productiva. Si se quiere referir a pts./vaca·año·día de vida productiva, será:

$$PE_{longev.} = \frac{\frac{1}{1 - Mor_n} \cdot \text{Crecría} - p_{vd} \cdot PV_{vd}}{L^2 \cdot 365}.$$

Apéndice 2: Abreviaturas usadas en las fórmulas, junto con sus unidades de expresión

a_i	Parámetro para energía de crecimiento en novillas.	(UFL/kg peso metabólico)
B	Beneficio anual de la explotación.	(pts./año)
B_a	Beneficio de la explotación por vaca y año.	(pts./vaca·año)
b_i	Parámetro para energía de crecimiento en novillas.	(UFL/kg peso metabólico)
C_a	Costes por vaca y año.	(pts./vaca·año)
$C_{alimentación}$	Costes de alimentación.	(pts./vaca·año)
CFE	Costes fijos de la explotación por año.	(pts./año)
Crecría	Coste de recría de una novilla.	(pts./novilla)
Creposición	Costes de reposición.	(pts./vaca·año)
cg	Contenido graso de la leche.	(kg grasa/kg leche)
cg_r	Contenido graso de referencia = 0,037 kg grasa/kg leche.	
cp	Contenido proteico de la leche.	(kg proteína/kg leche)
cp_r	Contenido proteico de referencia = 0,031 kg proteína/kg leche.	
DL	Duración de la lactación.	(días)
DLT	Días de lactación en el total de la vida productiva.	(días)
d_i	Duración del período de crecimiento i en novillas.	(días)
EC_n	Energía neta para crecimiento en novillas.	(UFL/kg)
EC_v	Energía neta para el crecimiento en vacas.	(UFL/vaca·año)
EG_n	Energía neta para gestación en novillas.	(UFL/novilla·año)
EG_v	Energía neta para la gestación en vacas.	(UFL/vaca·año)
EMC_n	Energía neta para mantenimiento y crecimiento en novillas.	(UFL/novilla)
EM_v	Energía neta para el mantenimiento en vacas.	(UFL/vaca·año)
EN	Energía neta.	(UFL)
EN_i	Energía neta para mantenimiento y crecimiento en período i.	(UFL/día)
EPP	Edad al primer parto.	(días)
e_g	Energía neta para producir 1 kg de grasa en la leche.	(UFL/kg)
e_p	Energía neta para producir 1 kg de proteína en la leche.	(UFL/kg)
e_v	Energía neta para producir 1 kg de volumen de leche.	(UFL/kg)
G	Producción de grasa en la leche.	(kg/vaca·año)
G_c	Producción de grasa en la leche, corregida a 365 días.	(kg/vaca·año)
GPV_i	Ganancia de peso vivo en el período i en novillas.	(kg/día)
g_i	Mérito genético del carácter i en el genotipo agregado.	(ud del carácter)
H	Genotipo agregado de un animal.	(pts./animal·año)
I_a	Ingresos por vaca y año.	(pts./vaca·año)
I_{carne}	Ingresos anuales por venta de carne y por vaca.	(pts./vaca·año)
I_{leche}	Ingresos anuales por venta de leche y por vaca.	(pts./vaca·año)
IP	Intervalo entre partos.	(días)
k	Tasa de maduración de la población de vacas estudiada.	(constante)
k_g	Factor de conversión de contenido graso en kg de leche.	(kg leche/kg grasa)
L	Longitud de vida productiva o longevidad.	(años)
L_m	Número de lactación medio de las vacas en 1995.	
Mor_n	Mortalidad de novillas de reposición hasta el parto.	(en tanto por uno)
Mor_t	Mortalidad anual de terneros próxima al nacimiento.	(en tanto por uno)
Mor_v	Mortalidad anual de vacas.	(en tanto por uno)
N	Número de vacas lecheras en la explotación.	
NTL	Número total de lactaciones de cada vaca.	

n	Número de caracteres en el genotipo agregado.	
OCV	Otros costes por vaca.	(pts./vaca·año
OCN	Otros costes por novilla.	(pts./novilla)
P	Producción de proteína en la leche.	(kg/vaca·año)
P_c	Producción de proteína en leche corregida a 365.	(kg/vaca·año)
PA	Peso vivo adulto de las vacas.	(kg)
PE	Peso económico de un carácter animal.	(pts./vaca·año·ud)
PN	Peso vivo medio de las terneras al nacimiento.	(kg)
PV	Peso vivo de los animales.	(kg)
PV_c	Peso vivo del animal a la edad t_c.	(kg)
PV_i	Peso vivo medio de novillas en el período i.	(kg)
PVt	Peso vivo del animal a la edad t.	(kg)
PVt_l	Peso vivo medio de las vacas en lactación en 1995.	(kg)
PVt_{l-1}	Peso vivo medio de las vacas en lactación en 1994.	(kg)
PV_{vd}	Peso vivo medio de la vaca de desecho.	(kg)
p_G	Prima por calidad de grasa (por encima del contenido de referencia).	(pts./kg grasa)
p_L	Precio base de la leche.	(pts./kg)
p_P	Prima por calidad proteica (por encima del contenido de referencia).	(pts./kg proteína)
p_{ter}	Precio medio del ternero a los 7 días.	(pts./cabeza)
p_{UFLn}	Coste de la UFL en la ración para novillas.	(pts./UFL)
p_{UFLv}	Coste de la UFL en la ración para vacas.	(pts./UFL)
p_{vd}	Precio medio de carne de vaca de desecho.	(pts./kg peso vivo)
Q	Cuota de leche de la explotación.	(kg/año)
q_i	Constantes usadas en el cálculo de los PE de los caracteres productivos.	
t	Edad del animal.	(días)
t_c	Edad en que se calificó morfológicamente al animal.	(días)
t_D	Edad media de desecho.	(días)
t_i	Edad media de novillas en el período de crecimiento i.	(días)
t_l	Edad media de vacas en lactación en 1995.	(días)
UFL	Unidad forrajera leche.	
V	Volumen de leche producida al año (descontada grasa y proteína).	(kg/vaca·año)
VP	Vida productiva.	(días)
w_i	Peso económico del carácter i en el genotipo agregado.	(pts./ud·vaca·año)
Y	Producción total de leche.	(kg/vaca·año)
Y_c	Producción total de leche, corregida a 365 días.	(kg/vaca·año)

ITEA (2002), Vol. 98A N.° 3, 303-327

"CULTIVOS Y ALIMENTOS TRANSGÉNICOS: UNA VISIÓN DE CONJUNTO"

Jesús Hernando Velasco

Doctor Ingeniero Agrónomo, Gerente Territorial del Catastro de León, Ramiro Valbuena n.° 2, 24002, León, España

RESUMEN

Se pasa revista a la Ingeniería Genética como herramienta de manipulación de genes y el papel de los cultivos y alimentos transgénicos.

Igualmente, se analizan temas controvertidos de los organismos genéticamente manipulados (OGM) en lo que atañe a la seguridad alimentaria, los riesgos para la salud humana y el medio ambiente, las cuestiones éticas y morales, el poder y los beneficios de la biotecnología, la regulación de los organismos genéticamente manipulados, las posturas de Estados Unidos y de Europa, el etiquetado de los alimentos transgénicos, la Ingeniería Genética y el tercer mundo y las Perspectivas de futuro.

Palabras Clave: Ingeniería Genética, Cultivos y Alimentos transgénicos, Organismos genéticamente manipulados, Seguridad alimentaria, Riesgos para la salud humana y el medio ambiente, Etiquetado.

SUMMARY
TRANSGENIC FOODSTUFFS AND CROPS

The role of the genetic engineering tool and the genetically modified crops and food is carefully described. Analysis is also made on the main topics dealing with modified genetically organism such as food safety, risks to human health, ecological risks, some ethical and moral issues, the lucrative art of patenting, regulation of genetically modified organism and food products in the USA and in Europe, the consuming question of labeling, impacts on the third world and prospects for genetically modified food.

Key Words: Genetic Engineering, Genetically Modified Crops and Food, Genetic Engineering Organism, Food Safety, Risks in human beings, Ecological Risks, Labeling of Modified Food.

Introducción

En la evolución del ser humano desde la condición de trashumante y nómada a la de estante hace diez mil años durante el transcurso de la revolución neolítica, desempeñó un papel fundamental la domesticación de animales y vegetales para adaptarlas a sus necesidades y abandonar su papel de recolector de alimentos y cazador.

Desde los inicios de la actividad social del hombre, la vida en comunidad fue posible porque aprendió a manipular las plantas y a practicar con ellas la selección artificial. Si tomamos como ejemplo las tres grandes especies vegetales, trigo, arroz y maíz, vemos como detrás de

su domesticación se halla la cultura y el progreso de tres importantes razas humanas, la blanca, la amarilla y la india, respectivamente.

El descubrimiento de que algunas plantas de trigo no rompían el raquis antes de la maduración como un medio para diseminar las semillas, permitió la selección de plantas que podrían trillarse y recoger el grano maduro. La siembra de estas semillas introdujo el cultivo del trigo, la domesticación de esta especie y el sedentarismo de las poblaciones humanas.

Durante siglos, el hombre sin ser conocedor de los mecanismos de la herencia, ha estado efectuando una selección sistemática de caracteres vegetales y animales deseables para satisfacer las crecientes necesidades alimenticias de una población en continuo aumento.

El aumento de alimentos disponibles puede obtenerse de varias maneras, entre las que pueden mencionarse:

• Aumento de la superficie cultivada: poniendo más tierra en cultivo.

• Mejora del rendimiento: más cosecha por unidad de superficie.

• Mejora de la resistencia a plagas, enfermedades, accidentes y malas hierbas.

• Mejora de la tolerancia a condiciones ambientales adversas: sequía, frío, salinidad, acidez de suelos, humedad y calor.

• Mejora de la calidad de los alimentos: maduración, contenido en proteínas, aditivos, equilibrio de aminoácidos, calidad harinopanadera y contenido en vitaminas. (SOCIEDAD ESPAÑOLA DE BIOTECNOLOGÍA, 2000).

Las revoluciones agrícolas

Si entendemos por revoluciones los hitos en que la humanidad experimenta cambios cuantitativos y cualitativos, el sector agrario aparece como protagonista y receptor de al menos ocho revoluciones, a saber:

• *La Revolución Neolítica*: que al domesticar plantas y animales y manejar los microorganismos en beneficio propio posibilitó los primeros asentamientos humanos hace diez mil años y la producción de cultivos y alimentos transformados para alimentar a una población creciente.

• *La Revolución Mecánica*: que a mediados del siglo pasado con el desarrollo de maquinaria de laboreo y recolección, permitió extender el cultivo a enormes superficies hasta entonces yermas y de imposible cultivo.

• *La Revolución Agroquímica*: basada en el desarrollo de fertilizantes minerales y fitosanitarios con que nutrir y curar a las especies cultivadas y lograr mayores producciones.

• *La Revolución Biológica*: empieza con el conocimiento de las bases zootécnicas, botánicas y fisiológicas en animales domésticos y plantas cultivadas y su aplicación a la mejora de ganado selecto y práctica de hibridaciones y selección de cultivares en plantas hortícolas y ornamentales, fundamentalmente, cuyo mejor exponente son los trabajos de selección ganadera en Inglaterra y los de selección vegetal de Villmorin en Francia.

• *La Revolución Genética*: mediante la utilización de los conocimientos de la genética mendeliana y de los principios de la selección natural de las especies, se desarrolló durante la primera mitad del siglo veinte con hitos tan marcados como el logro de los maíces híbridos, los cruces industriales en ganadería y la mejora de multitud de variedades y cultivares de las principales plantas utilizadas en la alimentación humana.

• *La Revolución Verde*: cuyo mayor exponente fue el desarrollo de trigos y arroces de

talla semienana, de alto rendimiento y respuesta a altas dosis de fertilizantes y agua de riego que fueron un revulsivo en las décadas de los sesenta y setenta del siglo veinte para solucionar el problema del hambre en países como México, India, Pakistán, Bangladesh y China (HANSON *et al.*, 1982).

• *La Revolución Biotecnológica*: con el descubrimiento en 1953 de la doble hélice de ADN como estructura básica del gen por Watson y Crick, y el subsiguiente desarrollo de la biología molecular, se inicia a principios de la década de los ochenta del siglo pasado la era de la genética molecular, de las transformaciones de los seres vivos, de los organismos genéticamente manipulados y de lo que hoy se conoce como la Ingeniería Genética (GARCÍA OLMEDO, 1998).

• *La Revolución Agroindustrial*: coetánea con las dos anteriores y cuya principal característica es la transformación de los alimentos primarios en productos alimentarios de elaboración más y más compleja tendente a satisfacer las exigencias de los consumidores como colectivo imperante en la estructura social de la sociedad posindustrial avanzada.

Cuantas actuaciones ha efectuado el hombre sobre el medio natural han supuesto modificaciones sustanciales a las cuales tanto hombre como naturaleza han demostrado una gran capacidad de adaptación mutua.

Es hoy en día cuando empieza a cuestionarse la agricultura industrializada como alteradora del orden natural de las cosas, cuando empieza a cuestionarse el progreso científico aplicado a la agricultura y a la alimentación, cuando se reclama una vuelta a la agricultura tradicional con el concepto de agricultura ecológica o biológica, por parte de los más radicales, y aparecen conceptos como agricultura sostenible, agricultura respetuosa con el medio ambiente y agricultura integrada, por parte de los más moderados.

Esta polémica que surge en nuestro tiempo tiene algunos rasgos novedosos. A saber: una sociedad avanzada y opulenta frente a un tercer mundo deprimido, hambriento y empobrecido, un poder de la ciencia agraria para acelerar los cambios como nunca anteriormente, una pérdida de control de los poderes públicos sobre la investigación científica en beneficio de la iniciativa privada, una concentración creciente del conocimiento científico y tecnológico en manos de unos pocos, una sobreabundancia de producción agraria a nivel mundial con un desigual reparto, un creciente poderío del mercado como instrumento corrector de desigualdades, un mayor poder de las multinacionales y una sociedad de la información omnipresente y todopoderosa con poderes cada vez más concentrados. (LAPPE y BAILEY, 1999).

Junto a todo lo anterior surge una nueva anatomía del poder de tal manera que la organización social tradicional pierde su esencia para dar paso a una nueva correlación de poderes y contrapoderes que podemos denominar como la de las seis ce: la comunicación, el conocimiento, el consumo, el comercio, el conservacionismo y la ciencia.

La ingeniería genética y la biotecnología

La Ingeniería Genética es la herramienta que posibilita la manipulación de organismos vivos utilizando la información genética y la manifestación de los genes en caracteres definidos en el ser vivo, dando origen a los organismos genéticamente modificados (en lo sucesivo OGM), que producen más, que soportan mejor adversidades naturales y enfermedades, que tienen mejores cualidades organolépticas y nutritivas y pueden ser mejor transformados y comercializados por la industria agroalimentaria.

Comienza el informe de la NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (2000), con una aseveración que nos va a permitir centrar nuestros razonamientos: *"La biotecnología moderna beneficia enormemente la cantidad y la calidad de los alimentos, la salud y bienestar del hombre y de los animales y la calidad del medio ambiente que disfrutamos. A pesar de todo, una mala información y malentendidos sobre la biotecnología en los medios de comunicación hace difícil para los consumidores disponer de opiniones versadas y documentadas"*.

Para poder estructurar el debate en torno a esta afirmación nada mejor que conocer lo que hasta ahora nos ha ofrecido la Biotecnología Tradicional y lo que la moderna Ciencia Agraria nos ofrece y puede ofrecer.

La biotecnología tradicional nos ha proporcionado casi todos nuestros alimentos, desde maíz a carne de ternera, en los tiempos modernos, pasando por el pan y el vino, en los tiempos antiguos. Como ya hemos mencionado, es en la década de los setenta del siglo pasado cuando la moderna biotecnología (modificaciones genéticas, ingeniería genética, ADN o ARN recombinante y transferencia de genes, entre otras) empieza a darnos fármacos con fines médicos como la insulina humana. Posteriormente, la misma tecnología se aplica a la mejora de la agricultura y a la producción de alimentos (PEDAUYÉ *et al.*, 2000).

La modificación genética es un acontecimiento natural y muchos de nuestros alimentos tradicionales son producto de mutaciones espontáneas o recombinaciones genéticas. En la naturaleza están continuamente ocurriendo mutaciones génicas y moviéndose los genes de una especie a otra.

Con la biotecnología lo que hace el ser humano es acelerar y dirigir los cambios genéticos en beneficio propio de una manera ordenada, rápida y acorde a sus necesidades (PRAKASH, 2000).

Nada mejor para centrar el tema que hacer una recopilación de lo que las técnicas de Ingeniería Genética han generado hasta la fecha:

A) Cultivos con nuevas técnicas de manejo:

- Resistencia a herbicidas, permitiendo a los agricultores usar menos productos químicos para obtener cultivos limpios de malas hierbas (soja RR resistente al herbicida glifosato).

- Resistencia a insectos, para combatir plagas que se alimentan de los cultivos agrícolas y son inocuas a los insectos que no son plaga (maíz Bt resistente al taladro).

- Resistencia a enfermedades producidas por hongos para limitar las pérdidas por ataques criptogámicos (patata resistente al mildiu).

- Mayor tolerancia a condiciones ambientales adversas (fresas con más aguante a las heladas y tomates que crecen en suelos con alta salinidad).

- Resistencia combinada a varias epizootias (maíces de segunda generación con genes para resistencia al herbicida total glifosato y al insecto causante del taladro).

B) Nuevos productos orientados al consumidor:

- Productos hortícolas que mantienen su aptitud para el consumo durante mas tiempo (tomate de maduración comercial retardada) (*El País*, 2001).

- Plantas ornamentales modificadas (claveles de colores alterados y más longevos).

- Alimentos con mejor valor nutritivo (arroz con más contenido en hierro y en

beta- carotenos como precursores de la vitamina A y soja con mayor contenido en los aminoácidos esenciales lisina y triptófano) (*El País*, 2001).

• Alimentos con más bajo contenido calórico y de mayor calidad dietética con gran demanda de consumo (patata con alto contenido en fructosa para bebidas ligeras).

• Aceites de semilla para dietas más equilibradas (soja con menor contenido en grasas saturadas).

• Productos transformados de amplio consumo y con menor toxicidad (tabaco sin nicotina y sin nitrosaminas) (*El Norte de Castilla*, 1999).

C) Nuevos productos orientados a la ganadería y pesquería:

• Fármacos y vacunas desarrolladas para mejorar la sanidad animal y aplicados a través de los piensos.

• Utilización de animales domésticos como reactores para producir fármacos y vacunas contra enfermedades humanas en su leche.

• Peces de crecimiento rápido para acuarios.

• Salmones tolerantes a alto contenido en sal de las aguas durante el desove con lo que no necesitan moverse para desovar en ríos y corrientes de aguas dulces.

D) Productos para un mejor desarrollo sostenible:

• Biomateriales como plásticos biodegradables elaborados de almidón vegetal (patatas genéticamente modificado).

• Plantas genéticamente modificadas para producir combustible para automoción (girasol para biodiesel).

• Algodón y lino modificados para incrementar la calidad y perdurabilidad.

• Textiles y fibras para uso en tintorería y menos contaminantes.

• Bacterias genéticamente modificadas que incorporan genes para limpiar suelos contaminados por metales pesados (*El País*, 1993).

• Microorganismos genéticamente manipulados para degradar con más eficacia los residuos urbanos e industriales y las aguas residuales, y lograr un medio ambiente urbano y rural menos contaminado y más limpio (*El País*, 2000).

Se dirá que todo esto es lo que lleva haciendo el ser humano desde que existe y de una manera muy marcada desde mediados del siglo veinte.

No es así, la ingeniería genética es una herramienta potente de manipular genes y caracteres que se caracteriza por su determinismo, dirigismo y por la capacidad de actuar salvando las barreras entre especies.

Hasta el advenimiento de esta herramienta a mediados de los ochenta del siglo veinte, los mejoradores utilizaban la variabilidad natural existente, hacían cruzamientos artificiales entre plantas portadoras de caracteres complementarios que no estuvieran separadas por barreras de especiación para que la descendencia fuera fértil y durante ocho a diez años seleccionaban la descendencia hasta encontrar la planta poseedora de los caracteres deseados.

La selección de nuevas plantas y variedades mejoradas mediante la mejora genética tradicional se fundamentaba en el manejo de una gran cantidad de descendencia, durante muchos años y confiando en la aleatoridad de las recombinaciones genéticas hasta lograr las variedades deseadas.

Se trata de evaluar si con la nueva herramienta de la Ingeniería Genética estamos obteniendo plantas más productivas, mejor adaptadas al medio, resistentes a plagas, enfermedades y malas hierbas y de calidad nutritiva, que riesgos asumen los consumidores y el medio ambiente, como se beneficia la humanidad, si se aumenta la producción de alimentos para los países depauperados y si ayuda a corregir el hambre en el mundo.

A mi entender, el debate debe de centrarse en los siguientes apartados:

- Caracteres genéticamente modificados.
- Seguridad alimentaria.
- Riesgos para la salud humana.
- Riesgos para el medio ambiente.
- Cuestiones éticas y morales.
- Poder y beneficios de la biotecnología.
- La regulación de los OGM.
- Las posturas de Estados Unidos y Europa.
- El etiquetado de los alimentos transgénicos y el derecho a la información.
- La ingeniería genética y el tercer mundo
- Perspectivas de los OGM.

Caracteres genéticamente modificados

Los caracteres que podemos modificar por medios genéticos son de dos clases. Por una parte, los que afectan a la producción y rendimiento de los cultivos son cuantitativos y regulados por muchos genes. Por otra parte, los que determinan mejoras de resistencias a plagas, enfermedades y malas hierbas, tolerancia a condiciones adversas de suelo y clima y mejoras de calidad, son de carácter cualitativo y regulados por uno o pocos genes.

Son precisamente estos últimos en los que la moderna ingeniería genética se ha centrado y partiendo de variedades de alto potencial genético de rendimiento, obtenidas mediante métodos tradicionales de mejora genética, ha introducido aquellos genes de origen foráneo que confieren resistencia a insectos y resistencia a herbicidas, fundamentalmente. El origen del gen donante puede ser tan exótico como el gen Bt extraído de la bacteria del suelo *Bacillus thuringiensis* y productor de una toxina de poder insecticida para el taladro del maíz.

En teoría, podrían modificarse todos los caracteres que quisiéramos una vez se conozca la existencia de fuentes de variabilidad. Ahora bien, si el carácter está determinado por muchos genes y estos se hallan insertos en diferentes cromosomas o en diferentes partes del mismo cromosoma la manipulación es más difícil por la ausencia de especificidad.

Por ello, las modernas variedades de cultivos transgénicos se basan en variedades de alto rendimiento, obtenidas por métodos convencionales de mejora genética, a las que se introduce un gen que codifica una enzima, toxina o cualquier otro agente que confiere las cualidades de cultivo deseadas desde el punto de vista comercial.

Los grandes avances de la revolución verde de los años setenta del siglo veinte se basaron en la ruptura de los techos de la productividad potencial y cabe pensar en las inmensas posibilidades que ofrece la ingeniería genética para romper esos techos de productividad mediante la mejora en la eficiencia de la fotosíntesis, el desarrollo de plantas con ciclo de carbono más eficiente y la transferencia de la capacidad de fijar

nitrógeno atmosférico a cultivos que no sean leguminosas grano o forrajeras.

Seguridad alimentaria

Nuestros tiempos vienen marcados por la preocupación creciente acerca de la salud de los consumidores y la protección del medio ambiente, principios rectores de todas las políticas económicas sectoriales y que conducen al amplio concepto de seguridad alimentaria en la producción y consumo de alimentos.

Los parámetros de seguridad alimentaria en los países del llamado tercer mundo son la presencia de alimento suficiente en cantidad para la ingesta humana, en tanto que en los países desarrollados una vez cubiertas las necesidades alimenticias en cantidad suficiente, la calidad y naturalidad de lo que consumimos pasa a ser de primordial importancia.

Si la técnica de manipulación genética es límpia y dirigida, cabría preguntarse el porqué de la mala prensa de los cultivos transgénicos. Qué duda cabe que la preocupación por la calidad de los alimentos que consumimos es una constante de nuestros días, y en los últimos años, acontecimientos como el uso de hormonas somatropinas para estimular la producción de leche en vacuno, el tratamiento farmacológico indiscriminado de animales productores de carne y leche, el uso de dioxinas en la alimentación de pollos, el caso de la encepalopatía espongiforme bovina o mal de las vacas locas, la epizootia de fiebre aftosa en ganado vacuno y la presencia de benzopirenos en el aceite de orujo, entre otros, han generado inquietud y alarma social a la cual no han escapado los cultivos transgénicos.

No es sólo la inadecuada explicación sobre los OGM sino la desconfianza generada a los consumidores por los escándalos alimentarios y sus consecuencias imprevistas, junto con el temor al creciente poder de la ciencia, el auge de las minorías antiglobalización y el poder del ecologismo como ideología, las causas a considerar en toda la problemática en que se han visto envueltos los cultivos y los alimentos transgénicos en los últimos seis o siete años. La ciencia no es infalible, y actualmente muchos han perdido la fe en la capacidad de los científicos para prever las consecuencias de sus logros.

En todo caso la humanidad precisa una cantidad creciente de alimentos con una menor cantidad de suelo para producirlos y es preciso preservar reservas y zonas naturales del cultivo. Sirva como botón de muestra la deforestación de los bosques de las selvas amazónicas para producir alimentos y el efecto sobre el cambio climático, así como el avance implacable de la desertización y la degradación ambiental de inmensas áreas del planeta que son inadecuadas para el cultivo agrícola (*El País*, 2000).

Las primeras proclamas contra el envenenamiento de la naturaleza con residuos de plaguicidas (CARSON, 1964) no podían imaginar que sensibilizarían de tal manera a la sociedad industrial como para dar origen a los poderosos movimientos actuales a favor de la protección de la naturaleza y del medio ambiente. Con los cultivos transgénicos, en la medida en que poseen resistencia a insectos y malas hierbas, estamos añadiendo menos productos agroquímicos y contaminamos menos los suelos, las aguas subterráneas y los alimentos que consumimos.

La seguridad alimentaria exige que cada día con menos superficie cultivada y un uso más racional de los insumos agrícolas, agua y fertilizantes, seamos capaces de alimentar a una población creciente y destinar suelo para otros usos: plantaciones forestales, refugios de vida salvaje, conservación de formas ancestrales de vida, ocio, turismo, urbaniza-

ción, conservación de animales, plantas y ecosistemas en peligro de extinción en parques naturales y reservas de la biosfera (OECD, 2000).

Si a pesar de todo, si en el tercer mundo, con una natalidad creciente y ausencia de recursos naturales de calidad, tuviera que ponerse más tierra en cultivo para alimentar a la población, el suelo agrícola adicional sería de mala calidad y haría falta diseñar cultivos adaptados a condiciones agroclimáticas desfavorables. Siempre será preferible cultivar más intensivamente los valles y suelos más fértiles con tecnología genética puntera y dejar los suelos más empobrecidos sin cultivar, con lo que ello conlleva de preservarlos de fenómenos de erosión y deterioro creciente con las prácticas de cultivo agrícola (BORLAUG,1999).

Riesgos para la salud humana

La ideología en contra de los cultivos transgénicos se ha alimentado de los peligros que estos entrañan para la salud humana como generadoras de alergias y resistencia a antibióticos (RIECHMAN, 2000).

Si bien es cierto que los primeros productos transgénicos utilizaban marcadores antibióticos para su detección, no es menos cierto que hoy en día están en marcha desarrollos científicos para utilizar otros marcadores que no sean antibióticos y evitar así que al pasar al tracto digestivo humano y animal pudieran devenir en una pérdida de capacidad de responder a los antibióticos en casos de graves infecciones, algo que, dicho sea de paso, ocurre periódicamente, por el uso repetido de los mismos y es preciso desarrollar cada vez nuevos antibióticos a medida que se genera resistencia a los existentes.

Asimismo, si bien es cierto que el desarrollo inicial de soja con mayor contenido en el aminoácido metionina mediante la inserción de un gen de la nuez de Brasil, introdujo simultáneamente genes que producían alergia en el ser humano, no es menos cierto que el avance científico actual permite efectuar la misma alteración génica sin introducir factores alergénicos (WAL, 2001).

Estos dos acontecimientos fueron abanderados por los ecologistas y elementos antisistema para desacreditar a los cultivos y alimentos transgénicos ante el consumidor y hará falta tiempo y campañas de información y divulgación rigurosas para invertir esta tendencia (PASTOR, 1999).

Riesgos para el medio ambiente

Entre los riesgos ecológicos asociados a la liberación intencionada de organismos genéticamente manipulados en el medio ambiente, se alude con excesiva frecuencia a la pérdida de biodiversidad y su correlato de erosión genética, a la posibilidad de conversión de cultivos transgénicos en malas hierbas, a la posibilidad de intercambio de genes entre plantas cultivadas y especies emparentadas y el aumento de la resistencia de las malas hierbas a los herbicidas, y al desequilibrio que el cultivo de plantas con resistencia a plagas de insectos puede ocasionar en las poblaciones de insectos parásitos que se alimentan de los insectos plaga.

La pérdida de biodiversidad ha sido una constante desde que el hombre actúa como agricultor y ganadero y es sabido que la base genética de las especies cultivadas se estrecha. La solución no está en cultivar variedades antiguas y poco productivas sino en la prospección, recogida, evaluación, multiplicación y conservación de los cultivares y

ecotipos en peligro de extinción en bancos de germoplasma y en reservas naturales.

La posibilidad de conversión del cultivo transgénico en mala hierba es una realidad, pues al tener resistencia a herbicidas puede ser un cultivo más agresivo, aunque los mecanismos de control y gestión integrada de cultivos mediante escarda mecánica y pastoreo juegan un papel importante para minimizar este efecto.

La posibilidad de intercambio de genes de la especie cultivada a otras silvestres es posible en el caso de especies alógamas que precisan de polinización cruzada y suelta de polen, pero para ello se precisa la existencia de los parientes silvestres de la especie cultivada en sus cercanías, algo que es difícil de imaginar en el caso del maíz y su pariente silvestre *Teosinte* en el caso de las siembras comerciales modernas. Bien es verdad que algún riesgo existe en el caso del cultivo de la colza por la gran abundancia de especies silvestres emparentadas del género *Brassica*. No obstante, en ambos casos la práctica de cultivo debe establecer distancias mínimas para minimizar estos efectos y el riesgo de contaminación genética es mínimo por el escaso tiempo que dura la polinización.

La resistencia a los herbicidas es un hecho preocupante para todos los sectores implicados. Especialmente para las empresas de fitosanitarios, ya que las resistencias suelen ser cruzadas (a los productos de una misma familia) e incluso múltiples (a productos con diferente modo de acción) por lo que se invalidan nuevos descubrimientos que, además, son cada vez más costosos.

La naturaleza está en un permanente ejercicio de búsqueda del equilibrio biológico y los seres vivos interaccionan para generar nuevas situaciones de consenso natural allí donde éste aparenta haberse deteriorado. Cambios en pautas de parasitismo y depredación son normales y será difícil achacar a los cultivos transgénicos alguna incidencia en estas tendencias naturales, de imposible evaluación en el corto plazo y para las cuales la plasticidad que muestra la naturaleza y el medio ambiente está verificada.

Cuestiones éticas y morales

Las aplicaciones de la manipulación genética a la producción de alimentos ha dado lugar a preocupaciones que pueden clasificarse en tres grupos: preocupaciones éticas sobre la transferencia de determinados genes, si la modificación genética aumenta el sufrimiento de los animales y si es moralmente aceptable la apropiación de la vida.

Tres áreas de posible preocupación ética son: la transferencia de genes humanos a animales usados como alimento, la transferencia de genes desde animales está prohibida para ciertos animales destinados al sacrificio y consumo en determinados grupos religiosos y, por último, la transferencia de genes animales a plantas cultivadas lo que podría ser inaceptable para pautas alimenticias vegetarianas.

La producción de plantas transgénicas genera menos rechazo ético que en el caso de animales transgénicos.

La manipulación genética de animales no cabe pensar que añada mayores inquietudes éticas a las ya existentes, pues la mejora genética animal tradicional ya ha proporcionado grandes mejoras en producción de alimentos que son contraproducentes para el bienestar animal.

Las preocupaciones sobre el bienestar de los animales deberían dirigirse a las condiciones de manejo animal en general, en lugar de centrarse en las modificaciones genéticas que ofrece las técnicas de manipulación de genes. Ejemplo de ello lo tenemos en el uso de hormonas de creci-

miento rápido y hormonas de desarrollo que vienen utilizándose desde hace años para estimular la producción de lecne y aumentar la eficacia de la conversión de pienso a carne.

Poder y beneficios de la biotecnología

Un alegato con fuerza entre la opinión pública y los medios de comunicación es el creciente poder de influencia de las empresas biotecnológicas y el hecho de que la mayoría de las aplicaciones comerciales de los cultivos transgénicos se dirigen a introducir resistencia a herbicidas de la propia marca, con lo que la semilla y el herbicida forman un paquete tecnológico integrado en manos de la misma compañía biotecnológica.

Con ser esto cierto no deja de ser una interpretación parcial, sesgada y de fuerte contenido ideológico. Los planteamientos en contra de este acúmulo de conocimiento y aplicabilidad de la ciencia viene de grupos antisistema y de ideólogos contrarios a la mundialización de la economía (*El País*, 2000).

Que una empresa cuando efectúa cuantiosas inversiones en investigación y desarrollo pueda tener reconocidos sus derechos a patentar las obtenciones vegetales es algo que forma parte del derecho desde tiempo inmemorial. Los derechos de propiedad intelectual abarcan el desarrollo de variedades mejoradas genéticamente que sean distintas, uniformes y estables. No obstante, las leyes internacionales excluyen de patentar los procesos biológicos esenciales y los genes en estado natural y, asimismo, reconocen los derechos de los agricultores a ser partícipes del progreso científico en los siguientes términos: "los campesinos han contribuido de una manera notable a la conservación de los recursos genéticos y ello debe ser recompensado de la misma manera que los derechos de obtenciones vegetales. Los derechos de los campesinos abarcan a la tierra y su tenencia así como el derecho a guardar e intercambiar semilla" (SMITH, 2000).

Para efectuar un enfoque más racional es preciso manejar algunas cifras que aparecen resumidas en los cuadros adjuntos (SMITH, 2000):

Cuadro 1: Ventas de semillas transgénicas en millones de dólares (año 1997)
Table 1: Transgenic seed sales in millions of dollars (year 1997)

Empresa	Sede	Cifra	Cuota
Du Pont / Pioneer	EE.UU.	1.800	24,23
Monsanto	EE.UU.	1.800	24,23
Novartis	Suiza	928	12,49
Limagrain	Francia	686	9,23
Advanta	Ru, Holanda	437	5,88
Agribiotech. Inc.	EE.UU.	425	5,72
Pulsar / Seminis / Elm	México	375	5,05
Sakata	Japón	349	4,70
KWS AG	Alemania	329	4,43
Takii	Japón	300	4,04
10	8	7.429	100,00

Cuadro 2: Costes y rendimientos de semillas transgénicas y convencionales
Table 2: Costs and benefits of traditional and transgenic seeds

	Cultivo	Transgénicas-Convencionales	
Concepto	Transgénico	Mínimo	Máximo
Coste semillas (Euros / ha)	soja	13,50	15,00
	maíz	3,00	35,00
	colza	11,00	25,00
Control malas hiervas (Euros / ha)	soja	-33,00	-35,00
	maíz	6,00	6,00
	colza	-8,00	-54,00
Rendimientos (%)	soja	-12,00	4,00
	maíz	3,00	9,00
	colza	-11,00	-79,00

Como puede observarse, las ventas de semillas transgénicas en el año 1997 ascendieron a la cantidad de 7.429 millones de dólares, en poder de diez empresas de ocho países distintos y con un 60 por ciento de la cuota en manos de las tres grandes Du Pont / Pioneer, Monsanto y Novartis, que asimismo son abanderadas en la comercialización de herbicidas para el cultivo.

Esta tendencia hacia la concentración no es nueva, pues es una realidad desde mediados del siglo veinte que tal vez se haya acrecentado en los últimos años por el hecho de que la biotecnología cotiza en bolsa, produce dividendos y genera un volumen ingente de investigación y desarrollo tecnológico en semillas genéticamente mejoradas y nuevos productos químicos para la protección de los cultivos.

Para los tres principales cultivos modificados por medio de ingeniería genética: soja, maíz y colza, los beneficios para el agricultor son evidentes en términos de aumento de los rendimientos y más bajo costo de lucha contra las malas hierbas de los cultivos. Con todo, el costo de la semilla transgénica es superior a la obtenida por métodos convencionales de mejora genética.

Recientes estimaciones de los beneficios potenciales de la biotecnología agraria, permiten vaticinar que las principales aplicaciones de la biotecnología vegetal presentan indudables ventajas económicas, estimándose que el valor añadido de las nuevas variedades genéticamente modificadas se reparte, según innovaciones, entre agricultores (de un 75,0 a un 51,3%), inventores (entre un 7,0 y un 27,2%), empresa de semillas (desde un 7,2 a un 3,0%) y consumidores (entre un 8,3% y un 4%).

En Estados Unidos la utilización de maíz Bt ha producido en las áreas con mayores niveles de infestación de taladro un beneficio para el agricultor de entre 10.250 y 20.500 pesetas por hectárea.

En España y para el caso del algodón Bt, se ha estimado un incremento de renta

agraria por hectárea de 53.806 pesetas. En otros cultivos, se ha estimado una ganancia para el productor de 4.480 pesetas por hectárea.

La introducción de los nuevos productos de la biotecnología agraria puede llevar en los próximos cinco a ocho años a una mejora de la productividad o del valor añadido agrario español próxima al 5%, con un ahorro para los consumidores de 124.076 millones de pesetas y una mejora de la balanza comercial agraria de 14.123 millones de pesetas (GARCÍA OLMEDO *et al.* 2001).

La regulación de los OGM

Por una parte, están aquellos que consideran la manipulación genética en agricultura como una extensión de las técnicas tradicionales de mejora genética y como tal, su tratamiento ya está regulado con la normativa existente.

Por otra parte, están los que consideran que la manipulación genética es básicamente diferente de las técnicas usadas con anterioridad y sugieren que debería ser tratada de una manera diferente con procedimientos adicionales de evaluación de riesgos y regulaciones más estrictas.

La postura del legislador ha sido ajustar la manipulación genética dentro de la legislación existente en la medida de lo posible.

No obstante, el problema se plantea en muchos países en desarrollo, que carecen de una regulación efectiva para la manipulación genética y esta carencia podría ser explotada por las empresas multinacionales para comercializar alimentos genéticamente modificados que, por alguna razón, están sujetos a restricciones legales en los países industrializados.

El principal cuerpo legislativo regulador de los organismos genéticamente modificados lo tenemos por una parte en Estados Unidos y por otra en la Unión Europea.

Las posturas de Estados Unidos y Europa

Los principios que inspiran los ordenamientos jurídicos sobre organismos genéticamente modificados de Estados Unidos y de la Unión Europea basculan en torno a dos figuras contrapuestas. Estados Unidos sería el país del análisis de riesgos, mientras que la Unión Europea defiende el principio de precaución.

En Estados Unidos un OGM se comercializa sin más, en tanto no se demuestre que entraña riesgos, mientras que en la Unión Europea es preciso demostrar que el OGM no entraña riesgos antes de autorizar su comercialización (BUSCH, 2001).

Detrás de estas dos posturas antagónicas se esconde el hecho de que en Europa, al contrario que en los Estados Unidos, las empresas de biotecnología financiadas mediante capital - riesgo son raras, son pocas las industrias químicas que han invertido las sumas de sus homólogas norteamericanas y prácticamente ningún agricultor europeo se ha lanzado al cultivo de los OGM. En el año 2002, en España ya hay numerosas hectáreas sembradas de maíz Bt.

En Estados Unidos, las vastas redes que unen a industrias químicas y agricultores en torno al cultivo de los OGM tienen mucho que perder si llegaran a prohibirse. En Europa, por el contrario, estas redes son débiles y, en el mejor de los casos, en fase de proyecto. Los europeos, con poderosos movimientos ecologistas y de consumidores, han puesto

en contra las redes que reagrupan a agricultores, consumidores, gastrónomos y protectores de la cultura local y pretenden de forma clara la prohibición de los OGM en Europa.

El resultado es la moratoria existente en la Unión Europea sobre la experimentación y el comercio con OGM, con lo que ello conlleva para la primera potencia agroalimentaria del mundo de perder el tren del progreso científico en un sector tan estratégico como las semillas genéticamente modificadas.

Cuadro 3: OGM aprobados en EE.UU.
Table 3: GMO ongoing in the USA

Cultivo	Mejora Primaria	Caracteres	Empresa
Algodón	malas hierbas e insectos	2	Calgene
	malas hierbas	1	Du Pont
	malas hierbas	1	Monsanto
	malas hierbas	1	Calgene
Calabacín	enfermedades	1	Seminis
	enfermedades	1	Asgrow
Colza	digestibilidad como pienso	1	Basf
	malas hierbas / rendimiento	2	Agrevo
	malas hierbas	1	Agrevo
	malas hierbas	1	Agrevo
	rendimiento	1	PGS
	aceite laurato	1	Calgene
	malas hierbas	1	Rhone-Poulenc
	malas hierbas	1	Monsanto
Cantalupa	maduración retardada	1	Agritope
Escarola	rendimiento	1	Bejo / Zaden
Lino	adaptacion al suelo	1	U. de Saskatchevan
Maíz	malas hierbas e insectos	2	Agrevo
	malas hierbas	1	Monsanto
	rendimiento	1	Pioner / Hi-bred
	insectos	1	Dekalb / Genetics
	malas hierbas	1	Dekalb / Genetics
	insectos	1	Monsanto
	insectos	1	Monsanto
	malas hierbas e insectos	2	Monsanto
	insectos	1	Northrup / King
	rendimiento	1	Agrevo
	malas hierbas	1	Agrevo
	insectos	1	Ciba-Geigy
Papaya	enfermedades	1	U. Hawaii / U. Cornell
Patata	insectos y enfermedades	2	Monsanto
	insectos y enfermedaes	2	Monsanto
	insectos	1	Monsanto
	insectos	1	Monsanto

Cuadro 3: OGM aprobados en EE.UU. (Continuación)

Remolacha	malas hierbas	1	Agrevo
Azucarera	malas hierbas	1	Monsanto / Novartis
Soja	malas hierbas	1	Agrevo
	contenido aceite	1	Monsanto
	malas hierbas	1	Monsanto
Tomate	insectos	1	Monsanto
	maduracion retardada	1	Agritope
	maduracion retardada	1	Calgene
	maduracion mejorada	1	Dna Plant Tech
	maduracion mejorada	1	Monsanto
	reblandecimiento demorado	1	Zeneca
Total	12 cultivos / 11 mejoras	45 (6 2ª gen.)	19 empresas

Cuadro 4: OGM aprobados en la UE
Table 4: GMO ongoing in the EU

Cultivo	Mejora Primaria	Caracteres	Empresa
Achicoria	androesterilidad	1	Bejo
Colza	malas hierbas	1	Agroevo (pdte)
Maíz	insectos	1	Novartis
	insectos	1	Mycogen
	insectos	1	Pioneer (pdte)
	insectos	1	Monsanto (pdte)
	malas hierbas / insectos	2	Monsanto (pdte)
	malas hierbas	1	Agroevo (pdte)
	malas hierbas	1	Ragt (pdte)
Melón	Virus	1	Limagrain (pdte)
Oleaginosas	malas hierbas / hibrido	2	Agroevo (PGS)
Patata	almidon	1	Avebe (pdte)
	almidon	1	Amylogene (pdte)
Remolacha az.	malas hierbas	1	DLF (pdte)
Soja	malas hierbas	1	Monsanto
Tabaco	malas hierbas	1	Seita
Tomate	maduracion retardada	1	Calgene (pdte)
	maduracion retardada	1	Zeneca (pdte)
Total	10 cultivos / 7 mejoras	18 (2 2ª gen.)	14 empresas

Como se observa en los cuadros anteriores (ACSH, 2000 y GARCÍA OLMEDO, 1999) sobre el estado de los OGM, en Estados Unidos están aprobados 12 cultivos que afectan a 11 mejoras con 45 caracteres genéticamente incorporados, 6 de los cuales son de segun-

da generación al existir en el mismo cultivo dos caracteres al mismo tiempo y las patentes pertenecen a 19 empresas.

Por el contrario, en la Unión Europea los OGM aprobados afectan a 10 cultivos con 7 mejoras y 18 caracteres, de los cuales 2 son de segunda generación, perteneciendo las patentes a 14 empresas biotecnológicas. Como puede observarse en el cuadro n.º 4, de los 18 caracteres tan solo 4 están aprobados y los otros 14 están pendientes de aprobación, lo cual corrobora lo afirmado sobre el atraso de Europa sobre los Estados Unidos en la investigación, aprobación y comercialización de OGM.

En los cuadros que aparecen a continuación (CLIVE, 2001) se recogen estadísticas básicas y actuales del cultivo a escala comercial de plantas transgénicas.

Cuadro 5: Cultivo comercial de plantas transgénicas (año 2000)
Table 5: Transgenic plants field corps (year 2000)

Cultivo	Superficie (has)	Cuota (%)
Soja	25.800.000	58,37
Maíz	10.300.000	23,30
Algodón	5.300.000	11,99
Colza	2.800.000	6,33
Total	44.200.000	100,00

Cuadro 6: Distribución de los cultivos transgénicos por países (año 2000)
Table 6: Main countries with trangenics crops (year 2000)

País	Superficie (has)	Cuota (%)
EE.UU.	30.300.000	68,55
Argentina	10.000.000	22,62
Canadá	3.000.000	6,79
China	500.000	1,13
Otros	400.000	0,90
Total	44.200.000	100,00

Cuadro 7: Caracteres presentes de los cultivos transgénicos (año 2000)
Table 7: Factors availables in the trangenics crops (year 2000)

Transgen	Superficie (has)	Cuota (%)
Resistencia a herbicidas	32.708.000	74,00
Resistencia a insectos	8.398.000	19,00
Los dos juntos	3.094.000	7,00
Total	44.200.000	100,00

Se cultivan un total de 44.200.000 hectáreas, siendo la soja el principal cultivo con un 58,37% de esa superficie, seguido por el maíz con un 23,30%, el algodón con un 11,99% y la colza con un 6,33% de la superficie cultivada de transgénicos.

El reparto por países de las 44.200.000 hectáreas cultivadas lo encabeza Estados Unidos con un 68,55% de la superficie, seguido por Argentina con un 22,62% y Canadá con un 6,79%. Como puede observarse países exportadores de productos agrarios para los cuales los cultivos genéticamente modificados forman parte de su estrategia exportadora. Dos países no exportadores han realizado una reciente proclama de adhesión al cultivo de plantas transgénicas: China y México.

La superficie cultivada de 44.2000.000 hectáreas de cultivos transgénicos se distribuye entre un 74,00% para resistencia a herbicidas, un 19,00% para resistencia a insectos y el resto son cultivos que portan ambos caracteres.

A la vista de estas cifras resalta el papel de tecnología integrada a base de semilla y producto fitosanitario que han adoptado las multinacionales del sector. En el otro lado de la balanza podemos apuntar el efecto beneficioso que para la contaminación y el medio ambiente tiene el menor uso de productos químicos en la agricultura con productos biotecnológicos.

El etiquetado de los alimentos transgénicos y el derecho a la información

Los temas de controversia son la demanda de las organizaciones de consumidores de etiquetado obligatorio para los alimentos transgénicos, el derecho irrenunciable y fundamental de los consumidores a elegir y la dificultad que entraña el distinguir en caso de mezcla de productos los OGM de los que no lo son, como es el caso de partidas comercializadas de haba de soja que contienen esta semilla procedente de cultivos transgénicos y de cultivos no transgénicos (*El País*, 2001).

En el caso de los alimentos rige el llamado Principio de Equivalencia Sustancial que afirma que los alimentos elaborados usando ingredientes no modificados y modificados genéticamente son iguales (RAMON, 1999).

El etiquetado es una bandera entre los sectores más dinámicos en contra la manipulación genética en Europa, hasta el extremo de que la Unión Europea tiene legislación propia para el etiquetado obligatorio.

La obligatoriedad del etiquetado de los alimentos que contienen OGM es interpretada por Estados Unidos como una barrera comercial para lo cual se ampara en las reglas de la Organización Mundial del Comercio (OMC) en el sentido de que en las relaciones de libre comercio se requiere que el país importador muestre evidencia de que el producto es perjudicial y no que el país exportador pruebe que el producto es seguro.

En todo caso la polémica está servida y el etiquetado obligatorio que proclama la Unión Europea puede desencadenar una guerra comercial con los Estados Unidos al considerar este que tal práctica es una barrera comercial a sus exportaciones de productos agrícolas a Europa, fundamentalmente soja y maíz.

A mayor abundamiento la industria agroalimentaria teme que el consumidor reaccione de una manera parecida a como lo hizo en los años sesenta y setenta del siglo pasado en contra de la conservación de alimentos utilizando radiaciones ionizantes. Si esa respuesta se diera, el consumidor reac-

cionaría rechazando los alimentos etiquetados como genéticamente manipulados.

A pesar de todo, debe hacerse una diferenciación entre los alimentos que han sido genéticamente manipulados o contienen OGM, de aquellos otros productos alimenticios que son producidos mediante procedimientos de manipulación genética. Aunque las frutas y hortalizas modificadas para una vida comercial más larga, sabor o composición, son claramente OGM, y son candidatos a ser etiquetados como tales, la mayoría de los productos alimenticios genéticamente manipulados son alimentos transformados. En este supuesto, los genes foráneos se destruyen durante la trasformación, y los productos acabados son en muchos casos idénticos a los productos elaborados a partir de material no modificado genéticamente.

El derecho a elegir y a ser informado de lo que consume es un derecho de fuerte arraigo en Europa, donde una sociedad de consumo altamente concienciada exige explicaciones y demanda a los poderes públicos información de alta calidad y fiabilidad, siendo este el reto al que se enfrentan las administraciones públicas europeas de convencer, explicar y difundir todo lo posible los conocimientos científicos sobre OGM para lavar la mala imagen que una minoría muy activa e influyente ha inculcado en el subconsciente del consumidor europeo.

La ingeniería genética y el tercer mundo

Las aplicaciones de la agricultura basada en OGM tendrá un número de impactos en el tercer mundo. Algunos serán parecidos a los de los países industrializados y así, los consumidores estarán preocupados por los potenciales riesgos para su salud y por el etiquetado de los alimentos genéticamente modificados.

Aunque los cultivos transgénicos han sido desarrollados en los países industrializados, se proclama que ayudarán a la satisfacción de las necesidades alimenticias del tercer mundo, aunque esta proclama, al decir de los críticos, parece ignorar la complejidad de factores políticos y sociales que contribuyen al hambre en esos países.

Con frecuencia se argumenta en términos poco rigurosos que los cultivos transgénicos en el tercer mundo ocasionarán: una pérdida de recursos genéticos y una disminución de la biodiversidad, una mayor dependencia de agroquímicos, la desaparición de la sostenibilidad de sus sistemas agrarios, una pérdida de seguridad alimentaria, y que la introducción de los cultivos transgénicos en los países del tercer mundo acentuarán los problemas del hambre pues las mejoras transgénicas potenciarán una agricultura de exportación en detrimento de la producción de alimentos para las necesidades del país (Rodríguez Navarro *et al.* 1999).

A mi entender el problema del acceso de las países del tercer mundo a las ventajas que la ingeniería genética presenta para solventar el hambre y la falta de desarrollo, no es otro que la carencia de infraestructura de investigación capaz de transferir con rigor y mínimo impacto ambiental la moderna tecnología genética.

En la segunda mitad del siglo veinte la revolución verde fue capaz de modificar los sistemas agrarios del tercer mundo y contribuir al desarrollo y la superación del hambre en países como México, India, Pakistán y Bangladesh, con éxitos tan notables como México e India que pasaron a autoabastecerse de cereales y se convirtieron en países exportadores de cereales con lo que consiguieron divisas con que hacer frente a la importación

de maquinaria industrial y a la modernización de sus estructuras económicas.

Podría pensarse que los organismos internacionales de investigación agrupados en torno al CGIAR y que desempeñaron el papel crucial de la revolución verde mediante las técnicas de mejora genética convencional, pudieran abanderar en el siglo veintiuno la investigación en programas de biotecnología agraria adaptada a las necesidades del tercer mundo.

Parte de la ayuda de los países desarrollados al tercer mundo debiera canalizarse a través de fondos de investigación, desarrollo y transferencia de tecnología hacía los centros internacionales como el CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo) con sede en México, el IRRI (Instituto Internacional para la Investigación sobre el Arroz) con sede en Filipinas, el CIP (Centro Internacional de la Patata) con sede en Perú, CIAT (Centro Internacional sobre Agricultura Tropical) con sede en Colombia, e ICARDA (Centro Internacional para la Investigación en Zonas Áridas) con sede en Siria.

Estos centros internacionales, con amplia experiencia en investigación agraria al servicio del desarrollo son capaces de utilizar las modernas herramientas de la biotecnología agraria para mejorar los cultivos que alimentan al tercer mundo: trigo, maíz, sorgo, mijo, arroz, leguminosas de grano para consumo humano y alimentación animal, pastos y forrajes y cultivos tropicales.

Tres supuestos avalan esta hipótesis de planificación a favor de los organismos internacionales de investigación.

De una parte, los productos desarrollados mediante manipulación genética raramente son utilizables de una manera inmediata con fines comerciales y de cultivo por lo que en bastantes ocasiones deben de utilizarse las herramientas de mejora genética convencional hasta conseguir un producto que sea apto para el cultivo.

Por otra parte, la inmensa mayoría de los cultivos que sirven a la alimentación del tercer mundo no son objetivo hoy en día de las multinacionales de semillas y agroquímicos, por lo que la investigación de los centros internacionales es complementaria y nunca competitiva con las empresas privadas de biotecnología.

En tercer lugar podemos razonar que las empresas biotecnológicas deben mejorar su imagen ante los sectores sociales del mundo desarrollado, y nada mejor para ello que contribuir con la cesión de parte de sus patentes genéticas al desarrollo y bienestar del tercer mundo. Así lo empiezan a entender las empresas de ingeniería genética, y resulta esperanzadora la noticia de que AstraZeneca ha cedido al IRRI su patente de arroz dorado y rico en provitamina A para que este instituto lo incorpore a las variedades comerciales de arroz cultivadas en el sudeste asiático, y poder así paliar el problema de ceguera infantil que afecta a unos 500.000 niños cada año en esos países.

Perspectivas de los OGM

A la realidad actual y contrastada de que los consumidores están aumentando su rechazo hacía los alimentos genéticamente modificados contribuyen factores añadidos como la sensación de que los perceptores de los beneficios de las prácticas de manipulación genética no son los que ellos desearían (NOTTINGHAM, 1998).

A continuación se exponen razonadamente algunos de los argumentos de los

consumidores y grupos de presión críticos hacía los OGM.

Una moderna compañía multinacional involucrada en el desarrollo de OGM es típicamente una amalgama de empresa agroquímica, empresa de semillas, empresa transformadora de alimentos y empresa que desarrolla productos farmacéuticos y veterinarios.

El principal beneficio del desarrollo de cultivos transgénicos está en la venta de la semilla y productos fitosanitarios asociados, herbicidas fundamentalmente. Incluso si se aplican menos herbicidas a los cultivos transgénicos, como algunas compañías multinacionales proclaman, los vínculos contractuales aseguran que los agricultores solamente utilizarán agroquímicos aprobados por la compañía para sus cultivos manipulados genéticamente.

Los críticos de los OGM siguen argumentando que los agricultores deberían a corto y medio plazo obtener mayor beneficio de los cultivos transgénicos debido a los mayores beneficios esperados como consecuencia de costos de cultivo menores derivados de menores problemas con plagas, enfermedades y malas hierbas.

Los agricultores que siembran semillas transgénicas pierden el control de sus cosechas por cuanto las empresas que les suministran semilla transgénica les dictan los insumos y nombre comercial de insecticida, fungicida o herbicida a aplicar, junto con las técnicas de cultivo apropiadas: dosis de abonado, densidad de siembra, riegos y técnicas de recolección.

Las compañías transformadoras de alimentos se benefician de una abundante oferta de materia prima adaptada a sus necesidades.

Las cadenas comerciales de distribución alimentaria también se benefician de productos hortofrutícolas de maduración retardada y escalonada que conservan por más tiempo sus cualidades organolépticas, con reducciones en las pérdidas por deterioro y la introducción de la tecnología de manipulación genética no abarata los productos alimenticios.

Visto hasta aquí los argumentos de los consumidores, cabe deducir que los mismos pueden superar su resistencia a esta tecnología cuando consideren que esta satisfaga necesidades insatisfechas.

El consumidor siente que los alimentos producidos hasta la fecha mediante manipulación genética ya existen en abundancia y son de alta calidad sin necesidad de modificarlos genéticamente, a lo cual cabe añadir que incluso en el supuesto de que se le demuestre que los riesgos de los OGM son insignificantes, ello no es suficiente para asegurar que la tecnología sea aceptada sin más.

Conviene recordar al efecto que a pesar de que una amplia gama de grupos de expertos concluyeron que los alimentos irradiados eran seguros para su consumo, fueron rechazados por los consumidores.

La batalla para convencer de las bondades de los OGM se libra en el terreno de las mentes y de los corazones.

Un problema de capital importancia para la industria biotecnológica es que la información que proporciona no es creída por un gran número de consumidores. Los consumidores se sienten a menudo desesperanzados ante los cambios bruscos en la oferta de alimentos, particularmente cuando no entienden las razones para estos cambios y no ven manera de hacer efectivas sus sospechas. Ello nos lleva a sugerir que una posible vía de superar el rechazo hacía la biotecnología sería que la industria biotecnológica y los departamentos de la administración consulten a las organizaciones representativas de

consumidores sobre las propuestas de regulación de la ingeniería genética y la biotecnología. Una toma de decisiones participativa puede conducir a un menor antagonismo de la gente hacía la biotecnología.

Hoy por hoy, en la batalla por las mentes y los corazones, los grupos ecologistas y otros colectivos preocupados por la ingeniería genética parecen estar ganando los primeros asaltos, hasta el punto de que los departamentos de relaciones públicas de las multinacionales del sector han iniciado campañas para promocionar los alimentos genéticamente modificados a través del primer acontecimiento de esta naturaleza que tuvo lugar en junio de 1997 organizado por EuropaBio, una asociación de compañías líderes a nivel mundial en alimentación, biotecnología y manipulación genética, entre las que se encuentran Monsanto, Novartis, AgrEvo, Rhône – Poulenc, Nestlé y Unilever. En la actualidad, y después de algunas fusiones: AgrEvo y Rhône – Poulenc han dado lugar a Aventis que fusionada con Bayer ha dado como resultado Bayer Cropscience. Por otra parte Novartis y Zeneca fusionadas han dado como producto Syngenta.

La creciente oposición a los alimentos genéticamente modificados puede ser interpretada como una preocupación de mayor alcance acerca de las prácticas agrarias y los métodos de producción de alimentos.

Añádase a todo lo anterior que muchos consumidores y grupos ecologistas están preocupados por el creciente poder de influencia política de las multinacionales que unido a los acuerdos sobre liberalización de los intercambios comerciales y su influencia dentro de la Organización Mundial del Comercio (OMC), les da un protagonismo decisivo en la toma de decisiones que afectan a la agricultura y a la alimentación.

A pesar de todo, en los cuadros y figura que aparecen a continuación (*El País*, 1997 y 2000, SMITH, 2000),se dibuja la realidad actual de los OGM a nivel mundial y en España.

Cuadro 8: Superficie cultivada de transgénicos en has (año 2000)
Table 8: Cultivated acreage on a world scale of transgenics in has (year 2000)

Cultivo	Superficie total	Superficie transgénicos	Cuota (%)
Soja	72.000.000	25.800.000	35,83
Maíz	140.000.000	10.300.000	7,36
Algodón	34.000.000	5.300.000	15,59
Colza	25.000.000	2.800.000	11,00
Total	271.000.000	44.200.000	16,31

FIGURA 1: EVOLUCION DEL CULTIVO DE TRANSGENICOS

FIGURE 1: EVOLUTION OF THE ACREAGE CULTIVATED WITH TRANSGENICS CROPS

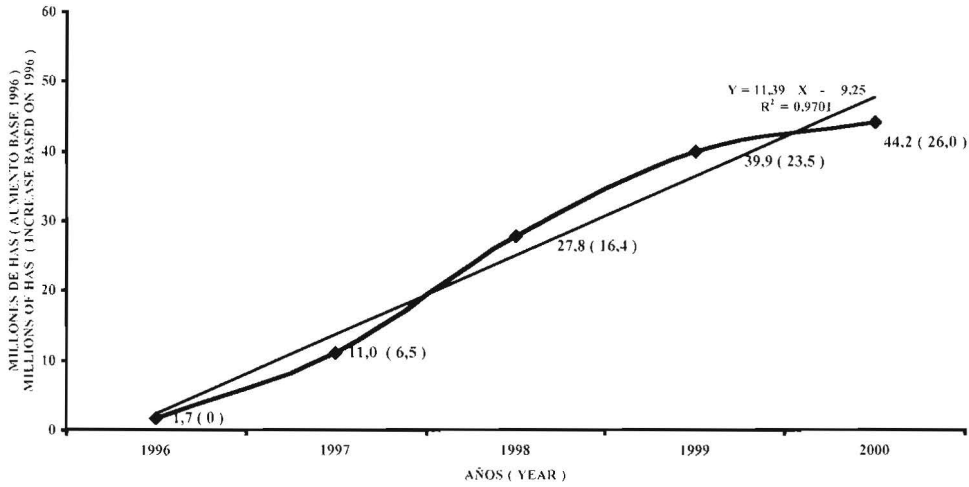


Figura 1: Evolución del cultivo de transgénicos.
Figure 1: Evolutios of the acreage cultivated with transgenics crops.

Cuadro 9: Los españoles y la ciencia
Table 9: The science from the spanish point of view

Opinion / Question	Porcentaje / Per cent
La biotecnología es peligrosa para las personas	40,2
La biotecnología es peligrosa para el medio ambiente	37,6
No consumiría patatas de más calidad con genes de maíz	58,6
Entre 10 y 20 años la clonación humana será posible	72,1
Le parece negativo la clonación de animales	65,3
Las autoridades deben impedir la investigación clónica	73,4
La ciencia y la tecnología traerán bastante riesgo	49,3

Cuadro 10: La ingeniería genética vista por los españoles
Table 10: The spanish view of the genetic manipulation

Uso para los siguientes propósitos / aim of manipulation	Puntos (points) 0 - 10
Cultivos más resistentes a heladas y plagas	3,2
Conseguir ganado que engorde más rápidamente	2,2
Conseguir bacterias que limpien las mareas negras	2,4
Conseguir peces de mayor tamaño para el consumo	7,3

Cuadro 10: La ingeniería genética vista por los españoles (continuación)

Conseguir que las vacas produzcan más leche	3,1
Diagnosticar las enfermedades hereditarias de las personas	8,0
Nuevos tratamientos médicos	8,0

Opinion / question	Porcentaje / per cent
No usar ingeniería genética en la producción de alimentos	49,9
Usar ingeniería genética en la producción de alimentos	25,0
Etiquetado obligatorio del alimento transgénico	91,7
El medio ambiente peligra más que las personas con los OGM	52,9
Los alimentos GM van contra la naturaleza	75,0
Los alimentos GM asustan y no son necesarios en absoluto	68,0

La superficie total cultivada en el mundo de soja, maíz, algodón y colza asciende a 271.000.000 hectáreas de las cuales 44.200.000 están sembradas con variedades transgénicas, lo que representa un 16,31% de la superficie total. Son significativas las superficies de cultivo transgénico de soja (35,83%), algodón (15,59%), colza (11,00%) y maíz (7,36%).

La evolución de la superficie cultivada de transgénicos ha sido meteórica, pues en 1996 se cultivaban 1.700.000 hectáreas para pasara 44.200.000 de hectáreas en el año 2000, lo que da una tasa de incremento de superficie cultivada en cuatro años de 26,0, equivalente a una tasa anual acumulativa de 6,50. La línea de tendencia del aumento de la superficie cultivada de variedades transgénicas se aproxima a una recta con un coeficiente de determinación de 0,9701.

Los dos últimos cuadros recogen las encuestas disponibles hasta la fecha en España sobre percepción y opinión sobre ciencia e ingeniería genética, donde en sintonía con las argumentaciones anteriores se manifiesta rechazo a las innovaciones biotecnológicas y a los alimentos transgénicos.

En la encuesta " Los Españoles y la Ciencia " que periódicamente elabora el panel del Centro de Investigaciones Sociológicas, más de la mitad de los españoles manifiestan temores y recelos hacía los avances científicos con manifestaciones como: no consumirían patatas si supieran que tienen genes de maíz aunque la calidad fuera mayor (58,6%), están seguros de que en 10 o 20 años la clonación humana será posible (72,1%), les parece negativo la clonación de animales (65,3%) y las autoridades deberían impedir la investigación clónica (73,4%). Digno de resaltar es asimismo el 49,3% que piensan que la ciencia y la tecnología traerán bastante riesgo.

En la encuesta "La ingeniería genética vista por los españoles", las mejores puntuaciones de uso, por encima de cinco, lo reciben "Diagnosticar las enfermedades hereditarias de las personas" y "Nuevos tratamientos médicos" con 8 puntos, lo cual denota que los españoles perciben ventajas de la ingeniería genética en medicina.

Por el contrario, la opinión sobre la ingeniería genética aplicada a la agricultura y alimentación es claramente desfavorable. Así, el 91,7% es partidario de etiquetado obligatorio para los alimentos transgénicos, el 75,0% opina que los alimentos genéticamente modificados van contra la leyes de la naturaleza, el 68,0% opinan que los alimentos genéticamente modificados asustan y, lo que es más sintomático, no son necesarios en absoluto, un 52,9% piensa que con los organismos genéticamente modificados peligra más el medio ambiente que las personas y, finalmente, un 49,9% son partidarios de no usar la ingeniería genética en la producción de alimentos frente a un 25,0% que si lo son. Las pautas de esta encuesta son las propias de la sociedad europea. A saber: abundancia de alimentos producidos por medios convencionales, derecho a estar informados de los alimentos que compran y consumen, preocupación por la protección del medio ambiente y negación de la utilidad de la ingeniería genética para la producción de alimentos.

Conclusiones

Los organismos genéticamente modificados mediante Ingeniería Genética se han utilizado para producir medicinas y vacunas y para producir cultivos y alimentos transgénicos en los países industrializados por parte de empresas multinacionales.

Así como la manipulación genética con fines médicos está bastante aceptada, no ocurre lo mismo con los cultivos y alimentos transgénicos obtenidos (WEKSLER, 2000).

En los países desarrollados y de una manera notoria en Europa una fuerte corriente antisistema con alianzas estratégicas de consumidores y grupos ecologistas ha generado ante la opinión pública una mala imagen de los alimentos genéticamente modificados y a pesar del escaso valor científico de sus argumentaciones han logrado estructurar una imagen de riesgo para el medio ambiente y la salud de los consumidores.

A pesar de todo, las ventajas de los cultivos y alimentos transgénicos son evidentes al permitir una agricultura más respetuosa con el medio ambiente mediante una menor aplicación de plaguicidas, generan seguridad en los abastecimientos alimentarios y pueden ser una solución a los problemas de hambre, desertización y degradación ambiental del tercer mundo en la medida en que se dote de protagonismo a los organismos internacionales de investigación agrupados en el CGIAR y patrocinados por los países industrializados y las instituciones financieras internacionales.

Los cultivos transgénicos actualmente en fase comercial son soja, maíz, algodón y colza de los que se cultivan 44.200.000 hectáreas en Estados Unidos, Argentina, Canadá y China, con una tasa acumulativa de incremento anual desde 1997 hasta el 2000 de 6,5.

La posición de Estados Unidos es preeminente frente a la Unión Europea donde las cautelas fundamentadas en la aplicación del principio de precaución están ocasionando un notable retraso en la investigación genética y en el cultivo comercial de productos modificados genéticamente.

Si bien cabe vaticinar para el futuro una creciente importancia del cultivo de plantas transgénicas por sus beneficios económicos para el agricultor, por la necesidad de producir más alimentos para la humanidad, y por la necesidad de retirar del cultivo suelo agrícola de mala calidad para destinarlo a usos conservacionistas, no puede decirse lo mismo de los alimentos elaborados con productos genéticamente modificados donde la pujanza de los consumidores y la salvaguarda de su derecho

a la información y a elegir hacen imprescindible el etiquetado obligatorio de los alimentos transgénicos con lo que ello puede conllevar de rechazo hacía el consumo de productos transformados utilizando materias primas genéticamente manipuladas. Las administraciones públicas tienen que desempeñar un papel clave en la mejoría de la imagen del alimento transgénico mediante adecuadas campañas de divulgación y educación.

Bibliografía

AMERICAN COUNCIL ON SCIENCE AND HEALTH (ACSH), 2000. Biotechnology and Food. Report, 42 pp. Nueva York.

BORLAUG N., 1999. Los ecologistas extremistas impiden erradicar el hambre. El País, domingo 24 de octubre, Madrid.

BUSCH L., 2001. Los americanos y la comunidad europea. Mundo Científico n.º 222, 29-34, Madrid.

CARSON R.L., 1964. Primavera silenciosa. Luis de Caralt, 344 pp. Barcelona.

CLIVE J., 2001. Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2000. International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications n.º 21, 7 pp. Ithaca.

EL NORTE DE CASTILLA, 1999. Buen Tabaco. La Ingeniería Genética sobre las plantas permite obtener vacunas o limpiar suelos contaminados, domingo 30 de mayo, Valladolid.

GARCÍA OLMEDO F., 1998. La tercera revolución verde. Plantas con luz propia. Temas de Debate, 209 pp. Madrid.

GARCÍA OLMEDO F., 1999. Ingeniería Genética: La tercera revolución verde, en Biotecnología e Ingeniería, Editorial Agrícola Española S.A., 123-137, Madrid.

GARCÍA OLMEDO F., SANZ-MAGALLÓN F., MARÍN PALMA, E., 2001. La agricultura española ante los retos de la biotecnología. Instituto de Estudios Económicos, 275 pp. Madrid.

HANSON H., BORLAUG N.E., ANDERSON R.G., 1982. Wheat in the third world. Westview Press, 174 pp. Denver.

LAPPE M., BAILEY B., 1999. Against the Grain. The Genetic Transformation of Global Agriculture. Earthscan Publications, 163 pp. Londres.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 2000. Transgenic plants and world agriculture. Report, 23 pp. Washington.

NOTTINGHAM S., 1998. Eat your Genes. Zed Books Limited, 212 pp. Londres.

OECD, 2000. Safety of novel foods and feeds. Report of the Task Force, 72 pp. París.

EL PAÍS, 1993. Genética contra la contaminación, miércoles 30 de junio, Madrid.

EL PAÍS, 1997. La mayoría de los españoles cree que la ingeniería genética es muy peligrosa, sábado 1 de noviembre, Madrid.

EL PAÍS , 2000a. Norman Borlaug, padre de la revolución verde: La oposición ecologista a los transgénicos es elitista y conservadora, sábado 12 de febrero, Madrid.

EL PAÍS, 2000b. El rechazo del consumidor frena la expansión de los cultivos transgénicos en España, 17 de abril, Madrid.

EL PAÍS, 2000c. Una bacteria con un gen de ratón limpia el cadmio en suelos contaminados, 31 de mayo, Madrid.

EL PAÍS, 2001a. Los científicos ponen a punto un arroz con vitamina A para prevenir la ceguera. Un invento con un largo camino por recorrer, sábado 2 de junio, 24. Madrid.

EL PAÍS , 2001b. La UE propone etiquetar todos los transgénicos de la cadena alimentaria, jueves 26 de julio, 22. Madrid.

EL PAÍS , 2001c. Diseñado un tomate transgénico capaz de crecer en suelo salinizado, martes 31 de julio, 21. Madrid.

PASTOR X., 1999. La Ingeniería Genética incrementará el hambre, El País, lunes 1 de noviembre, Madrid.

PEDAUYÉ RUIZ J., FERRO RODRÍGUEZ, A., PEDAUYÉ RUIZ, V., 2000. Alimentos transgénicos. La nueva revolución verde, Mc Graw Hill, 155 pp. Madrid.

PRAKASH C.S., 2000. Scientist in support of Agricultural Biotechnology, 2 pp. Nueva Delhi.

RAMÓN D., 1999. Los genes que comemos. Algar Editorial, 158 pp. Alcira.

RIECHMAN J., 2000. Cultivos y Alimentos Transgénicos, Los libros de la catarata, 221 pp. Madrid.

RODRÍGUEZ NAVARRO A., GARCÍA OLMEDO, F., SUMPSI VIÑAS, J.M.ª, 1999. En defensa de Norman Borlaug, El País, jueves 25 de noviembre, Madrid.

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE BIOTECNOLOGÍA, 2000. La biotecnología aplicada a la agricultura. Mundi Prensa, 255 pp. Madrid.

SMITH N., 2000. Seeds of opportunity: an assessment of the benefits, safety and oversight of plant genomics and agricultural biotechnology. Report of US House of Representatives, 84 pp. Washington.

WAL J.M., 2001. OGM y alergias: ¿constatar o predecir? Mundo Científico n.º 222, 74-77, Madrid.

WEKSLER M., 2000. GM Foods: opportunities to improve human health, OECD Conference on GM foods, 6 pp. Edimburgh.

(Aceptado para publicación el 7 de agosto de 2002).

ITEA (2002), Vol. **98A N.° 3,** 328-346

EFECTOS DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL TIEMPO DE PASTOREO POR ENSILADO DE HIERBA A DOS NIVELES DE CONCENTRADO, SOBRE LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA LECHE

G. Salcedo

Dpto. de Tecnología Agraria del I.E.S. "La Granja"
39792 Heras (Cantabria), España

RESUMEN

Se investigan los efectos de la sustitución del tiempo de pastoreo por ensilado de hierba y dos niveles de suplementación con concentrados en vacas lecheras durante el pastoreo de primavera, sobre la producción y composición química de la leche, ingestión de nutrientes, balance nitrogenado, patrón de fermentación ruminal y rentabilidad. Veinte vacas lecheras fueron divididas en cuatro lotes de cinco, adjudicándose a cada uno los siguientes tratamientos: pastoreo parcial [12 h de pastoreo, (PP)] + 2 kg de concentrado + ensilado de hierba (en la modalidad de rotopacas); pastoreo parcial [12 h de pastoreo, (PP)] + 4 kg de concentrado + ensilado de hierba; pastoreo completo [19 h de pastoreo, (PC)] + 2 kg de concentrado mezclados con 2 kg de materia seca de ensilado de maíz y [19 h de pastoreo, (PC)] + 4 kg de concentrado mezclados con 2 kg de materia seca de ensilado de maíz. Los resultados indicaron una menor producción de leche ($P < 0,001$) cuando se reduce el tiempo de pastoreo y es reemplazado por ensilado de hierba, pero se incrementa el porcentaje de grasa, proteína, urea en leche y sólidos no grasos ($P < 0,001$), sin diferencias en la composición química de leche según la cantidad de concentrado administrado. Las concentraciones de grasa, proteína y sólidos no grasos fueron mayores con 4 kg de concentrado en pastoreo completo ($P < 0,05$). El mayor consumo de materia seca fue en pastoreo parcial ($P < 0,001$) y entre niveles de concentrado, mayor con 4 kg ($P < 0,001$). La eficiencia de la energía metabolizable ingerida respecto a la producción de energía bruta en leche al igual que la del nitrógeno fue mayor en pastoreo completo ($P < 0,001$) y, menor con 4 kg de concentrado ($P < 0,001$). Las concentraciones de N-amoniacal, propiónico y butírico fueron mayores en pastoreo completo ($P < 0,001$), sin diferencias significativas en el N-amoniacal con 2 ó 4 kg de concentrado. Los costes de producción por litro de leche resultan superiores cuando se reduce el tiempo de pastoreo por la adición de ensilado de hierba; de igual forma, entre dosis de concentrado, en ambos sistemas resulta más cara con 4 kg.

Palabras Clave: Vacas lecheras, Horas pastoreo, Suplementación.

SUMMARY

EFFECTS OF THE SUBUSTITUTION OF PART OF GRAZING TIME BY GRASS SILAGE AT TWO LEVELS OF CONCENTRATION, ON THE PRODUCTION AND CHEMICAL COMPOSITION OF MILK

We investigate the effects of the substitution of grazing time by grass silage and two levels of supplements with concentrates, on two milk cows during spring grazing,

on the production and chemical composition of milk, intake of nutrients, nitrogen balance, the model of ruminal fermentation and profitability. Twenty dairy cows were divided into 4 groups of 5 each, in the following treatments: short-time grazing [12 hours of grazing, PP + (SG)] + 2 kg of concentrate + silage grass (boles); short-time grazing [12 hours of grazing, (SG)] + 4 kg of concentrate + silage grass (boles); full-time grazing [19 hours of grazing,(FG)] + 2 kg of concentrate + 2 kg of dry matter silage maize; and [19 hours of grazing, (FG)] + 4 Kg of concentrate + 2 kg of dry matter silage maize. The results showed a lower milk production ($P < 0,001$) when grazing time is reduced and is replaced by grass silage, but the percentage of fat, the protein, the urea in the milk and non-fat solids ($P < 0,001$) increase with no differences in the chemical composition of milk depending on the quantity of concentrate given. The concentrations of fat, protein and non-fat solids were higher with 4 kg in full-time grazing ($P < 0,05$).The highest consumption of dry matter took place in the short-time grazing ($P < 0,001$). The efficiency of the metabolic energy taken with respect to the production of gross energy in milk as well as in the nitrogen was higher in full-time grazing ($P < 0,001$) and lower with 4 kg concentrate ($P < 0,001$). The concentrations of N-Ammoniacal, Propionic, Butyric were higher in full-time grazing ($P < 0,001$), with no important differences in N-ammoniacal with 2 or 4 kg of concentrate. The cost of the production for the liter to be become the highest when limit the wheather for the grazing for silage grass; the same betewen doge to concentrate a both sistems is more chepear than with 4 kg.

Key Words: Dairy cattle, Time grazing, Supplementation.

Introducción

En las explotaciones de vacuno de leche del norte de España la ración forrajera es suministrada en la estabulación o en pastoreo. Durante la primavera y verano, la hierba es suministrada a los animales por el día y el ensilado de hierba, por la noche. Este sistema contribuye a incrementar la carga ganadera por recolectar mayor cantidad de hierba por unidad de superficie, aunque ésta sea de menor digestibilidad y valor nutritivo (SARMIENTO *et al.*, 1996); a su vez, origina un descenso en la eficiencia de utilización de la energía metabolizable del pasto, que potencialmente puede ser transformada en leche (PHILLPS, 1989). Además la suplementación con ensilado de hierba ejerce un efecto de sustitución sobre la ingestión de hierba verde, reduciéndose la eficiencia en la producción de leche de la pradera (kg de leche/kg de materia seca de hierba) (MEIJS y HJOEKSTRA, 1984). Sin embargo, PHILLIPS y LEAVER (1985) señalan que este sistema parcial de alimentación promete una eficiente utilización de hierba pastada, al mismo tiempo que elevados consumos de hierba verde más ensilado.

Cuando el ensilado de hierba es de menor o similar calidad que el pasto, la inclusión de ensilado generalmente reduce la producción de leche respecto a las de pastoreo exclusivamente; por el contrario, si el ensilado es de más alta calidad que el pasto, su inclusión en la dieta puede incrementarla (PHILLIPS, 1988).

Los estudios de MAYNE, (1995) demuestran que cuando las vacas son alimentadas con ensilado de hierba y tienen un acceso al

pasto de 3-4 horas diarias durante el otoño, incrementa la producción de leche en 2 kg, disminuyendo en 4,2 kg de MS el consumo de ensilado; por el contrario, ARGAMENTERÍA *et al.* (1996) aprecian incrementos de 1,1 kg de leche en vacas multíparas cuando éstas son alimentadas con pasto y suplementadas con ensilado de hierba, pero no en primíparas.

El presente trabajo tiene como objetivo analizar si la sustitución del tiempo de pastoreo por ensilado de hierba a vacas lecheras durante la primavera mejora la producción, composición química de la leche y rentabilidad de las explotaciones en condiciones de clima atlántico.

Material y métodos

Animales y dietas

Durante el pastoreo de primavera (3 de marzo al 4 de junio del 2001) 20 vacas Frisonas fueron distribuidas al azar en cuatro grupos según un arreglo factorial (2 x 2) 2 tiempos de pastoreo [12 y 19 h/d, denominados pastoreo parcial (PP) y completo (PC)] y 2 dosis de concentrado (2 y 4 kg/vaca y día). Las características productivas de las vacas figuran en el cuadro 1 y la composición química del concentrado en el cuadro 2.

La dieta a pastoreo completo (PC) está formada por pasto más 2 ó 4 kg de concentrado, ambos mezclados con 2 kg de MS de ensilado de maíz y, las de pastoreo parcial (PP), pasto más ensilado de hierba *ad libitum* procedente de pradera natural, recolectado al inicio del espigado y ensilado en la modalidad de rotopacas, sin adición de conservante más 2 ó 4 kg de concentrado. El concentrado para los grupos que reciben 4 kg de concentrado es administrado en dos tomas y en una, los de 2 kg (figura 1).

Manejo de la pradera

El abonado de fondo de las praderas consistió en la aportación de 40, 120 y 80 kg de $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ por hectárea y 28 kg de N/ha después de cada pastoreo, si las condiciones de humedad lo permitían.

La experiencia fue realizada en 8 ha, distribuidas en otras tantas parcelas, de las cuales, 5,5 fueron pastadas hasta el 18 de abril y, 5 ha del 19 de abril al 4 de junio; la diferencia hasta 8 ha fue ensilada en ambos casos.

Cuadro 1. Características de las vacas
Table 1. Characteristic of the cows

	PC	Sd	PC	sd
Días lactación	109	28	103	31
Nº lactación	1,87	1,30	2	0,89
Leche (kg/d)	16,7	3,73	18,8	3,13
% Grasa	4,7	0,63	4,37	0,77
% Proteína	3,19	0,41	3,04	0,26

Sd: desviación estándar.

Cuadro 2. Ingredientes y composición química del concentrado (A) y ensilados (B)
Table 2. Ingredients and chemical composition of the concentrate and silages

A				B		
Componente	%	Nutriente	Composición química	Nutriente	Ensilado de hierba	Ensilado de maíz
Hª Cebada	82,4	MS	90,7	MS (%)	29,01	25,1
Hª soja	14,1	EM	13,22	PB (% sms)	13	8,36
Fosfato bicálcico	1,14	PB	17,02	PDR (% PB)	72,1	51,6
Bicarbonato sódico	1,9	PDR	75,4	PNDR (% PB)	27,8	48,3
Corrector mineral vitamínico	0,40	PNDR	24,6	FAD (% sms)	31	38,9
				FND (% sms)	52,2	58,3
		FAD	7,3	EM (MJ/kg MS)	9,79	9,89
		FND	19,2	pH	4,17	3,62
		Almidón	49,2	pHe	4,48	4,34
				N-NH3/Nt (g/kg N total)	57,2	23,3
				Acido láctico (g/kg MS)	59,5	83,61
				Acido acético (g/kg MS)	24,6	18,1
				Acido butírico (g/kg MS)	4,6	0
				MOD (% sms)	61,2	65,9
				Almidón	2,4	23,2

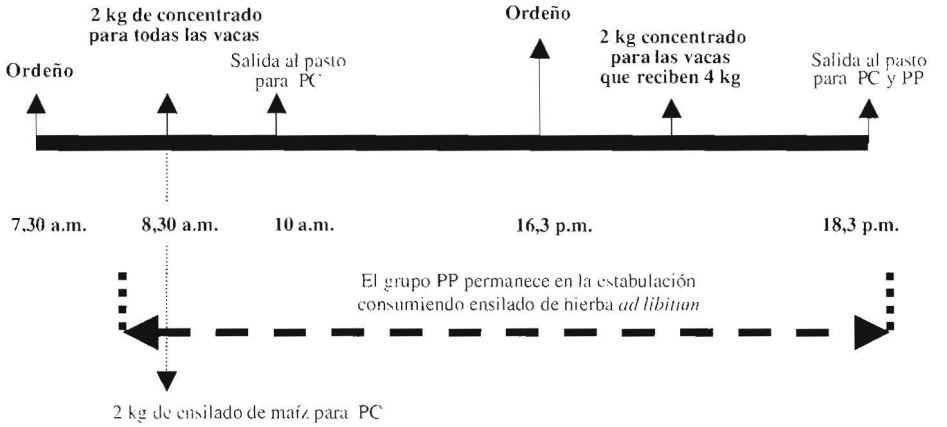


Figura 1. Manejo diario de las vacas.
Figure 1. The daily manages the cows.

La decisión del cambio de parcela, se tomó cuando la hierba rechazada tiene una altura próxima a 7 cm. La producción de materia seca por hectárea en oferta y rechazada viene reflejada en el cuadro 3. Todas las parcelas disponen de bebederos automáticos.

Cuadro 3. Producción y composición química de la hierba
Table 3. Production and chemical composition of the grass

	PP				PC			
	Mz	Ab	My	p	Mz	Ab	My	p
MS oferta/ha	1323 ± 57	1533 ± 46	1465 ± 145	NS	1270 ± 75	1233 ± 53	1209 ± 109	NS
MS rechazas/ha	368 ± 26	481 ± 53	519 ± 190	NS	323 ± 48	324 ± 24	282 ± 72	NS
Días pastoreo/ha	11,6 ± 0,3	11,9 ± 0,4	11,8 ± 0,5	NS	9,46 ± 0,7	8,58 ± 0,4	8.23 ± 0,3	*
MS %	15.9 ± 1,7	16,88 ± 2,2	18,21 ± 1,8	**	15.6 ± 1,3	16,33 ± 0,7	17,38 ± 2,1	**
PB %	22,1 ± 0,8	20,7 ± 1,2	18,7 ± 2,1	***	22,4 ± 0,5	21,5 ± 0,6	19,3 ± 1,4	***
FAD %	24,6 ± 1,4	26,3 ± 1,6	28,1 ± 2,1	*	24,2 ± 1,2	25,3 ± 0,8	27,4 ± 1,3	*
FND %	44,2 ± 1,3	47,1 ± 0,8	52,6 ± 0,8	*	43,6 ± 1,1	47,4 ± 1,2	51,3 ± 1,4	**
MOD %	66,1 ± 1,1	65,2 ± 1,4	62,4 ± 1,6	***	67,5 ± 1,2	65,2 ± 2,1	63,1 ± 2,4	***
EM (MJ/Kg MS)	10,57 ± 0,1	10,43 ± 0,2	9,98 ± 0,25	***	10,8 ± 0,19	10,43 ± 0,3	10,09 ± 0,38	***

Mediciones experimentales

La ingestión diaria de hierba durante el pastoreo fue estimada mediante la ecuación:

$$Kg\ materia\ \sec a\ (MS)\ vaca\ y\ día\ =$$

$$= \frac{(Oferta_{n} - Oferta_{n-1}) + VC_{n}}{(d_1 - d_2)\cdot V} - K$$

donde d_1 y d_2 son las fechas de medición de la oferta y rechazos respectivamente (una a la entrada y otra a la salida del pastoreo); VC_n, es la velocidad de crecimiento en kg MS/ha y día ($Oferta_n - Rechazo_{n-1}$) / ($d_1 - d_2$); V, es el número de vacas y K, kg de pasto sustituido por el concentrado. La producción de pasto neto de cada parcela y por hectárea fue estimada como la diferencia en peso de material verde de ofertas y rechazos, utilizándose la técnica del listón de 2 m de largo, lanzado 5 veces al azar por parcela y segando a ras de tierra una franja de 10 cm con una segadora a pilas, donde una alícuota era secada en estufa a 60 °C durante 48 h, para estimar la producción de materia seca.

De los cuatro grupos anteriormente descritos, fueron subdivididos en dos de acuerdo al tiempo de pastoreo (PC y PP), y cada 21 días los animales eran separados y estabulados durante 48 horas, de acuerdo a cada tratamiento, ofreciéndoles hierba de las praderas puestas en pastoreo, pesándose cada día por separado ofertas y rechazos para determinar el efecto de sustitución de la hierba por el concentrado.

Las vacas fueron ordeñadas dos veces al día (7,30 a.m. y 16,30 p.m.) y, una vez por semana, se registraba la producción individual, siempre los martes, donde una alícuota de cada vaca y ordeño era depositada en un contenedor hermético para su posterior análisis. Los animales fueron pesados al inicio y final de la experiencia siempre antes de la salida al pasto.

Análisis de los alimentos

La materia seca se determinó en estufa a 60°C durante 48 horas; cenizas por incinera-

ción de la muestra a 550 °C; fibra ácido y neutro detergente (FAD y FND), según GOERING y VAN SOEST (1970); FND del concentrado y ensilado de maíz según VAN SOEST *et al.*, (1991); proteína bruta (PB) como N-Kjeldhal x 6,25; los coeficientes de digestibilidad de la materia orgánica del ensilado de hierba (Do) se estimó como Do = 60,65 + 0,37 De –0,29 FND; Do = –0,17 FND + 0,44 De + 52,67 para el ensilado de maíz; Do = 38,43 + 0,4 De + 0,42 PB para la hierba; donde De es la digestibilidad enzimática de la materia orgánica determinada por el método FND-celulasa (RIVEROS y ARGAMENTERÍA, 1987); la energía metabolizable (MJ/kg MS) = k . MO . Do (MAFF, 1984), donde k = 0,16. La energía metabolizable de los concentrados en (MJ/kg de MS) se obtuvo a partir de las tablas de valoración de alimentos del NRC (1989); el contenido en almidón del pasto y ensilados a partir de datos propios y, el de los concentrados fue tomado de NOCEK y TAMMINGA (1991); el pH de los ensilados se midió con pHmetro Crison BasiC20; el nitrógeno amoniacal ($N\text{-}NH_3$) por destilación tipo Kjeldhal con óxido de magnesio y los ácidos grasos volátiles se determinaron por HPLC (Shimadzu SPD-10 AV), equipado con una columna Shodex RS pak KG-811, previa suspensión de 50 g de ensilado en 200 ml de agua destilada, dejándolo reposar en nevera durante 24 h, al cabo de las cuales se centrifugó y filtró sobre un milipore.

La degradabilidad efectiva de la PB del pasto, se tomó a partir de datos propios obtenidos en estudios anteriores (SALCEDO, 2000a) de estas mismas praderas; ensilado de hierba (SALCEDO, 2000b), ensilado de maíz y el concentrado determinado mediante la técnica "in sacco" (MEHREZ y ØRSKOV, 1977) con dos vacas fistulizadas en rumen empleando un ritmo de paso k = 0,06 h^{-1}.

Análisis de la leche

El análisis de la proteína bruta (N x 6,38), grasa, lactosa y sólidos no grasos fueron determinados en el Laboratorio Interprofesional Lechero de Santander con Milko-Scan 4000 y, el contenido en urea en el Laboratorio de Nutrición Animal del I.E.S. "La Granja" según la norma del Diario Oficial de las Comunidades Europeas n.° L 155 de 12 de julio de 1973, con espectofotómetro Shimadzu UV 120.

Análisis del líquido ruminal

Dos vacas provistas con cánula ruminal (10 cm d.i.; Bar Diamond Inc., Parma, ID), fueron utilizadas en dos cuadrados latinos (2 vacas x 2 períodos) para cada tiempo de pastoreo y dosis de concentrado. Cada período consta de 12 d como fase de adaptación y 2 d de control para determinar el pH, N-amoniacal y Acidos Grasos Volátiles. Las horas de extracción del líquido ruminal fueron 0 (8 a.m.), 1, 2, 4, 5.5, 7.5, 8.5 y 9.5.

Inmediatamente a la extracción se determinó in situ el pH con pHmetro Crison BasiC20; seguidamente se centrifugó y del sobrenadante, fueron separadas dos muestras, una para analizar el contenido de $N\text{-}NH_3$ con óxido de magnesio, utilizándose para dicha técnica el destilador Kjeltec 1002 (Tecator); la otra, filtrada con Milipore, acidificada con 5 ml de ClH 6N por 100 ml de líquido ruminal y congelada a –20°C. Después, fueron descongeladas y se analizó el contenido en Acidos Grasos Volátiles por cromatografía líquida de alta presión (Shimadzu SPD-10 AV), equipado con una columna Shodex PRS pak KG-811.

Balance de nitrógeno

Una vaca de cada grupo fue alojada en jaula de metabolismo para la recogida por separado de las excretas sólidas y líquidas. El peso de las heces y orina se realiza durante 4 períodos alternos de 3 días; las excretas sólidas fueron secadas en estufa a 60 °C durante 48 h y molidas a 1 mm. La recogida de la orina fue realizada con una sonda vesical tipo Foley.

Cálculos

La eficiencia del N ingerido sobre el N excretado en leche, al igual que eficiencia de la energía metabolizable ingerida sobre la energía bruta excretada en leche TYRRELL y REID, (1965) fueron estimadas mediante las expresiones:

$$Eficiencia\ (\%) = \frac{100 \times N\ leche\ (g/d)}{N\ ingerido\ (g/d)}$$

$$Eficiencia\ (\%) = \frac{100\ x\ Energía\ Bruta\ en\ la\ leche\ (MJ/d)}{EM\ ingerida\ (MJ/d)}$$

El margen bruto por litro de leche para cada uno de los tratamientos fue calculado como [(kg de leche x 0,296 €/kg) – gastos de alimentación]. Para ello se estimó el kg de materia seca de pasto como 0,048 €; 0,12 € para el ensilado de hierba; 0,061 € el ensilado de maíz (gastos del cultivo y ensilado) y 0,204 € el concentrado. El coste por kg de materia seca del ensilado de hierba fue calculado como (gastos de rotoempacado + encintado + el precio del kg de materia seca del pasto producido); para el ensilado de maíz, se dividieron los gastos inherentes del cultivo, recolección y ensilado entre la producción de materia seca (924 €/ha / 15000 kg de MS/ha), sin restar la subvención de dicho cultivo.

Análisis estadístico

La ingestión de nutrientes, producción y composición química de la leche y balance nitrogenado fue analizado mediante un factorial 2 x 2 (2 tiempos de pastoreo por 2 dosis de concentrado) en un diseño completamente al azar con el PROC GLM de SAS (1985), según el modelo $Y_{ijkl} = \mu + P_i + Con_j + (P \times Con)_{ij} + e_{ijl}$; donde: μ = media global; P_i = efecto fijo del tiempo de pastoreo (i = 1,2); Con_j = efecto fijo de la dosis de concentrado (k = 1,2); $(P \times Con)_{ij}$ = efecto de la interacción horas de pastoreo x concentrado; e_{ijkl} = error residual.

El pH, N-NH_3 y la proporción molar de los ácidos grasos volátiles del líquido ruminal fueron analizados como dos cuadrados latinos 2 x 2 (2 vacas x 2 períodos) con el PROC MIXED de SAS (1985), usando el modelo: $Y_{ijkl} = \mu + C_i + V_{j(i)} + P_k + Pa_l + Con_m + (Pa \times Con)_{lm} + (C \times V \times P \times Pa \times Con)_{ijklm} + T_n + (Pa \times T)_{lm} + (Con \times T)_{mn} + (Pa \times Con \times T)_{lmn} + e_{ijklmn}$; donde: Y_{ijklm} = Variable estudiada, μ = media del conjunto, C_i = efecto aleatorio del cuadrado (i = 1,2); $V_{j(i)}$ = efecto aleatorio de la vaca dentro del cuadrado (j = 1,2); P_k = efecto fijo del período (k = 1,2); Pa_l = efecto fijo de las horas de pastoreo (l = 1,2); Con_m = efecto fijo de la dosis de concentrado (μ = 1,2); $(Pa \times Con)_{lm}$ = efecto de la interacción de Pa_l y Con_m; $(C \times V \times Pa \times Con)_{ijklm}$ = error para todas las fuentes de variación intactas del plot; T_n = efecto fijo del tiempo de muestreo del líquido ruminal (n = 1.....8); $(Pa \times Tiempo)_{lm}$ = efecto de la interacción de las horas de pastoreo y tiempo; $(Con \times Tiempo)_{mn}$ = efecto de la interacción de la dosis de concentrado y tiempo; $(Pa \times Con \times Tiempo)_{lmn}$ = efecto de la interacción horas de pastoreo por concentrado y tiempo; e_{ijklmn} = error residual. Para todos los parámetros, los efectos del modelo son declarados significativos a $P < 0,05$, a menos que fuese notado de otra manera.

Resultados y discusión

Producción y composición química de los alimentos

Durante el experimento la hierba ofertada y rechazada (cuadro 3) fue mayor en PP ($P < 0,001$), con máximos de 1620 kg de MS/ha en PP y 1375 en PC, para obtenerse una producción media de 1437 y 448; 1240 y 314 kg de MS/ha en oferta y rechazo en PP y PC respectivamente. Como cabía esperar, el menor número de horas de pastoreo incrementó el número de días de pastoreo por ha ($P < 0,001$), 11,8 y 8,8 días/ha en PP y PC respectivamente, para una carga ganadera instantánea de 10 VL/ha en ambos casos. Respecto a la composición química de la hierba (cuadro 3) pudo apreciarse que para todos los parámetros analizados y dentro de cada mes, el menor tiempo de pastoreo afectó negativamente sobre el valor nutritivo, imputable a una mayor acumulación de hierba ($P < 0,001$), por añadidura mayor cantidad de material senescente (HODSON, 1984).

Las características de los ensilados de hierba y maíz se indican en el cuadro 2. Los índices de conservación e ingestibilidad establecidos por DULPHY y DEMARQUILLY (1981) para el ensilado de hierba, corresponden a un ensilado bien fermentado, tal y como se desprende de su pH y $N\text{-}NH_3/N_t$, imputable al elevado contenido de materia seca (29,01%), teniendo en cuenta que no le fue adicionado conservante alguno, aunque las condiciones climatológicas durante el presecado fueron muy buenas. Por el contrario, los contenidos de energía metabolizable y proteína bruta fueron superiores a los obtenidos por SARMIENTO *et al.* (1996), con valores medios de 9,79 MJ/kg MS de energía metabolizable y 13% de proteína bruta sobre materia seca.

Ingestión de materia seca

El consumo de materia seca en pastoreo parcial (PP) fue superior ($P < 0,001$) y, entre dosis de concentrado, mayor con 4 kg ($P < 0,001$) (cuadro 4), imputable al aumento en el porcentaje de materia seca final de la dieta, 22,5% vs 19,9% en PP y PC respectivamente. El menor porcentaje de materia seca en PC originó una depresión en la ingesta de 0,35 kg de MS por unidad porcentual más allá del 19,9% de la materia seca, coincidente con VÉRITÉ y JOURNET (1970) para vacas lecheras alimentadas con hierba de pradera, quienes señalan descensos de 0,34 kg de MS por unidad porcentual inferior al 18% en el contenido de materia seca de la dieta. Otra causa del mayor consumo en PP, puede atribuirse al suministro de los forrajes por separado (PHILLIPS, 1988).

La ingestión de FND resultó mayor en PP ($P < 0,001$), imputable al ensilado de hierba; sin variaciones importantes entre dosis de concentrado; apreciándose diferencias significativas entre el tipo de pastoreo y los kilos de concentrado administrados (cuadro 4). En cualquier caso, el porcentaje de FND en la materia seca fue 47,5% y 43,3% para PP y PC respectivamente, sin diferencias entre dosis de concentrado y superiores a 35% sugerido por MERTENS (1992) como el óptimo para maximizar la ingestión de materia seca. La tasa de sustitución para PP fue 0,37 kg de materia seca de ensilado por kg de concentrado, sin diferencias en el consumo de pasto; por el contrario, en PC fue de 0,6 kg de MS pasto por kg de concentrado, superior a 0,40 señalado por MEIJS y HOEKSTRA (1984) también en condiciones de pastoreo.

El consumo de energía metabolizable disminuyó significativamente con el mayor tiempo de pastoreo y el menor aporte de concentrado ($P < 0,001$) (cuadro 4); sin

Cuadro 4. Ingestión de nutrientes
Table 4. Nutrient intake

Pastoreo (horas)	Concentrado (kg/d)	MS (kg/d)	MS ensilado	MS pasto (kg/d)	EM (Mj/d)	PB (kg/d)	PDR (kg/d)	PNDR (kg/d)	NDR/MJ (g/MJ)	Almidón (kg/d)	FND (kg/d)	Energía Bruta Leche/ EM ingerida (%)	N leche / N ingerido (%)	Cambio peso (g/d)
Parcial	2	16,89b	6,63a	8,26c	175,9b	2,94b	2,15b	0,78b	1,95	1,7d	8,11a	38,5c	22,6b	149a
	4	17,46a	5,88b	8,15c	193,8a	3,16a	2,31a	0,85ab	1,91	2,65b	8,21a	35d	20,8c	162a
Completo	2	16c	2c	11,71a	169d	3,01b	2.09b	0,92a	1,97	2,38c	7,21b	52,6a	26,4a	84c
	4	16,5bc	2c	10,5b	180,3b	3,07ab	2,17b	0,89a	1,93	3,15a	6,9b	46,5b	24,4,a	110b
Std		0,099	0,22	0,16	1,28	0,021	0,02	0,01	0,013	0,06	0,077	0,77	0,29	0,017
Interacción		NS	***	***	***	***	*	*	NS	***	**	***	*	***
Parcial		17,17	6,25	8,20	184,9	3,05	2,23	0,81	1,93	2,18	8,16	37	22,7	150
Compelto		16,26	2	11,08	175,0	3,04	2,13	0,91	1,95	2,78	7,05	49,4	25,88	97
P <		***	***	***	***	NS	***	***	NS	***	***	***	***	***
	2	16,48	-	9,99	173,8	2,98	2,13	0,85	1,96	2,06	7,66	45,6	24,95	136
	4	16,95	-	9,20	186,6	3,10	2,23	0,87	1,91	2,89	7,56	40,8	23,65	116
P <		***	***	***	***	***	**	NS	NS	***	NS	***	***	***

a,b,c,d: valores acompañados de distinta letra dentro de cada columna difieren P < 0,05.
Std: error estandar de la media.

embargo, la concentración energética resultó semejante (10,76 MJ/kg MS).

La proteína bruta ingerida no fue diferente entre horas de pastoreo y sí, respecto a la cantidad de concentrado suministrado, mayor con 4 kg ($P < 0,001$). A pesar del mayor consumo de proteína degradable en pastoreo parcial ($P < 0,001$), la relación nitrógeno degradable en rumen por MJ de energía metabolizable no fue significativa entre tiempos de pastoreo y dosis de concentrado. Aquella fue cercana a 2 y, muy lejos de 1,25 señalado por el ARC (1980) para optimizar la síntesis de proteína microbiana. El mayor consumo de proteína no degradable en pastoreo parcial ($P < 0,001$) es imputable al aporte de 2 kg de ensilado de maíz, semejante a los resultados obtenidos por SALCEDO (1999) en vacas lecheras cuando se les suplementa con 2,24 kg de MS en forma de ensilado de maíz y 2,6 kg de concentrado.

Utilización de los nutrientes

La diferencia de energía metabolizable ingerida entre PP y PC e independientemente de la cantidad de concentrado consumido fue de +9,9 MJ/d; sin embargo, el porcentaje de energía bruta excretada en la leche sobre la energía metabolizable ingerida fue menor en PP ($P < 0,001$) (cuadro 4), atribuible a la menor producción de leche, lo que cabe pensar en una menor utilización de la energía metabolizable del ensilado que del pasto. En este sentido, THOMAS, (1982) señala que el suministro que hacen los carbohidratos solubles de los ensilados para el crecimiento microbiano, es menor que la que producen los forrajes verdes, como consecuencia de las importantes transformaciones que sufren durante el proceso de ensilaje.

A partir de la energía bruta excretada en la leche (MJ/d), se estimó la eficiencia bruta en la utilización de la energía metabolizable ingerida (MJ/d), obteniéndose diferencias significativas entre tiempos de pastoreo, dosis de concentrado y la interacción Pa x Con ($P < 0,001$) (cuadro 4). Los mejores resultados se obtienen con 2 kg de concentrado, 52,6% y 38,5% en PC y PP respectivamente; éste último, coincidente con ROBERTS y LEAVER (1986) con vacas lecheras en pastoreo, suplementadas con ensilado de hierba y tres kg de concentrado, aunque en nuestro experimento el consumo de energía metabolizable fue mayor.

Suponiendo constantes las necesidades de energía metabolizable para mantenimiento y el coeficiente de eficiencia para la producción de leche (k_l) durante el experimento, la relación energía bruta de la leche respecto a la ingestión de energía metabolizable fue significativamente mayor en PC (cuadro 4); sin embargo entre dosis de concentrado, resulta mayor con 2 kg ($P < 0,05$) tanto en PP como en PC.

Posiblemente esta diferencia en la utilización de la EM, pudo contribuir a la mayor ganancia de peso vivo con 4 kg de concentrado en PC ($P < 0,05$). La figura 2 representa la relación entre la eficiencia en la utilización de la EM y el consumo de EM, siendo el descenso lineal cuando el consumo de EM aumenta ($r^2 = 0,47$ $P < 0,001$).

Por su parte, PRATES *et al.*, (1986) señala que el inicio de la fermentación ruminal comienza mucho antes en los ensilados que en la hierba verde, afectando la sincronización entre la disponibilidad de energía y proteína en el rumen, necesaria para el crecimiento microbiano, lo que pudiera explicar la menor eficiencia en la utilización de la energía metabolizable cuando se suplementa ensilado de hierba a PP.

Cuadro 5. Producción y composición química de la leche según el tiempo de pastoreo y concentrado
Table 5. Milk yield and composition according the time of grazing and concentrate

Pastoreo (horas)	Concentrado (kg/d)	Leche (kg/d)	Leche (kg al 4% graso)	Grasa (%)	Grasa (kg/d)	Proteína (%)	Proteína (kg/d)	Lactosa (%)	SGN (%)	SGN (kg/d)	Urea (mg/l)	RCS*	Relación GB/PB	Energía Bruta Leche (MJ/d)
Parcial	2	20,8b	21,8b	4,41a	0,90b	3,39b	0,96b	4,82b	8,95a	1,85b	42,6a	164a	1,19a	62,28c
	4	21,2b	22,5b	4,49a	0,93b	3,40a	0,70b	4,85a	8,98a	1,89b	41,8a	130b	1,32a	68,18c
Completo	2	26,3a	25,8a	3,88c	1,02a	3,01c	0,78a	4,87a	8,71b	2,29a	35,9b	36c	1,29a	88,65a
	4	26,1a	26,5a	4,07b	1,07a	3,12b	0,81a	4,81b	8,86ab	2,31a	35,1b	46c	1,24b	83,97a
Std		0,23	0,23	0,098	0,009	0,013	0,006	0,004	0,03	0,023	0,50	4,99	0,006	1,06
Interacción		NS	NS	NS	NS	*	NS	***	NS	NS	NS	*	***	***
Parcial		21	22,1	4,45	0,91	3,39	0,70	4,84	8,97	1,87	42,2	147	1,31	68,23
Compelto		26,2	26,2	3,97	1,04	3,06	0,79	4,84	8,79	2,30	35,5	41	1,26	86,21
P <		***	***	***	***	***	***	NS	***	***	***	***	***	***
	2	23,6	23,8	4,14	0,96	2,20	0,74	4,84	8,83	2,07	39,3	100	1,29	78,6a
	4	23,5	24,5	4,28	1	3,25	0,76	4,83	8,92	2,1	38,4	88	1,28	75,8b
P <		NS	NS	***	NS	**	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	***

a,b,c,d: valores acompañados de distinta letra dentro de cada columna difieren P < 0,05.
Std: error estandar de la media.

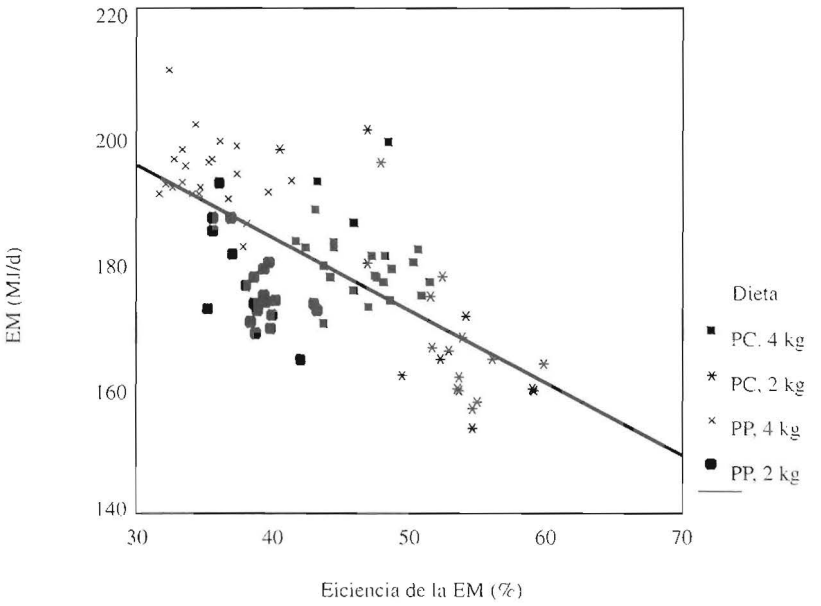


Figura 2. Relación entre la eficiencia de utilización de la EM y el consumo de EM.
Figure 2. Relationsihip between the efficiency of using ME and ME intake.

En las dietas exclusivamente a pasto, el consumo de proteína resulta elevado, eliminándose gran parte a través de la orina y menos en leche (ARGAMENTERÍA *et al.* 1993; SALCEDO, 2000c). Esto sugiere, según ARGAMENTERÍA *et al.* (1993), una deficiente síntesis de proteína microbiana, por añadidura menor eficiencia en la conversión de proteína alimenticia a proteína láctea. Los resultados del balance nitrogenado no mostraron diferencias significativas en la ingestión de N y en el N excretado en heces según el tiempo de pastoreo, pero sí entre dosis de concentrado ($p < 0,001$), al igual que lo fue la interacción Pa x Con (cuadro 6); contrario a lo señalado por ROGERS *et al.*, (1979), quienes aprecian una reducción de N procedente de las heces y orina cuando el forraje añadido a la dieta de vacas lecheras está formado por hierba verde y ensilado de hierba. El N urinario fue menor en PP y 2 kg de concentrado ($p < 0.05$), sin diferencias en PC e independientemente del aporte de concentrado. El N excretado en la leche no fue diferente entre dosis de concentrado (cuadro 6), pero sí, entre tiempos de pastoreo ($p < 0,001$), imputable a la mayor producción de leche ($p < 0,001$). El N retenido fue mayor en pastoreo parcial ($p < 0,001$), imputable al menor coeficiente de eficiencia para la producción de N en leche obtenido. Por su parte, MAYNE y LAIDLAW, (1995) también observan un aumento en la retención de N cuando las vacas son alimentadas con ensilado de hierba y tienen acceso al pasto durante 3-4 horas al día.

Al relacionar la eficiencia del N respecto al consumo de energía metabolizable, la pendiente de la recta fue negativa (-0,41) (figura 3). Esto pudiera explicar en parte la baja eficiencia del coeficiente de utilización (k_l) de los ensilados de hierba respecto a la hierba verde, a pesar de un mayor consumo

Cuadro 6. Balance de nitrógeno y digestibilidad
Table 6. Nitrogen balance and digestibility

Pastoreo (horas)	Concentrado (kg/d)	N ingerido (g/d)	N heces (g/d)	N orina (g/d)	N leche (g/d)	N retenido (g/d)	N absorbido (g/d)	DMS (%)	dN
Parcial	2	470,4b	129,1	178,0b	110,5b	52,4b	341,3b	70,6b	72,5b
	4	506,7a	133,5	186,6a	112,9b	76,1a	373,2a	71,2b	73,6a
Completo	2	482b	131,4	185,4a	126a	39b	350,6b	76,4[a]	72,5b
	4	491,4ab	133	185,4a	124,7a	48,1b	358,3ab	76,9[a]	72,9b
Std		3,46	0,74	0,76	1,12	2,95	2,94	0,19	0,012
Interacción		***	*	***	NS	***	***	***	*
Parcial		488,6	131,3	182,3	110,6	64,3	357,5	70,4	73
Compelto		489,6	132,3	185,4	125,3	43,8	354,6	76,7	72
P <		NS	NS	*	***	***	NS	***	NS
	2	478,1	130,5	181,9	118,6	47,0	347,7	70,2	72
	4	497,4	133,1	185,8	117,3	61,0	364	75,6	73
P <		***	***	*	NS	***	***	***	*

a,b: valores acompañados de distinta letra dentro de cada columna difieren P < 0,05.
Std: error estandar de la media.

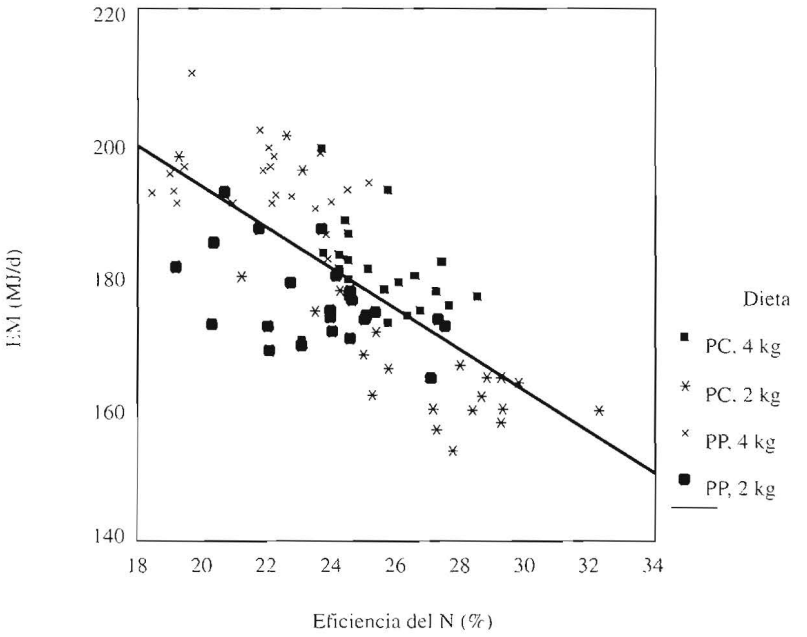


Figura 3. Relación entre la eficiencia de utilización del N y el consumo de EM.
Figure 3. Relationship between the efficiency of use of N and ME intake.

de EM en PP; sin embargo, cuando se relaciona la eficiencia del N con la relación nitrógeno degradable en rumen por MJ de energía metabolizable (NDR/MJ de EM), como un indicador del desequilibrio nutricional a nivel ruminal, el coeficiente de correlación resulta bajo (r = –0,09); por lo que cabe pensar en un efecto global sobre la modificación en el patrón de fermentación ruminal. De este modo, se sabe que cuanto menor es la relación acético:propiónico mayor es la eficiencia energética, aunque no cabe descartar la posibilidad del menor contenido de aminoácidos en el ensilado, como consecuencia de la proteolisis nitrogenada originada en los procesos de fermentación; en este sentido, autores como GLEEN *et al.* (1987) atribuyen el aumento de la eficiencia de los ensilados de leguminosas por el mayor aporte de aminoácidos.

Producción y composición química de la leche

La producción de leche fue 5,2 kg por vaca y día inferior en PP ($p < 0,001$), sin diferencias significativas entre dosis de concentrado. En este sentido, la literatura se muestra contradictoria, así, BRYANT (1978) y ARGAMENTERÍA *et al.* (1996) observan incrementos en la producción de leche, mientras que ROBERTS y LEAVER (1986) y Bryant y DONNELLY (1974) aprecian efectos opuestos. Por su parte MAYNE y LAIDLAW (1995) observan incrementos de 2 kg de leche/d cuando las vacas tienen acceso al pasto durante 3 ó 5 h en el otoño. Conclusiones semejantes obtienen PEROJO y OREGUI (2001) en ovino lechero con permitir más tiempo de pastoreo.

Las respuestas en leche por kg de concentrado para PP y PC fueron 0,2 y 0,1 kg respectivamente y 0,35 kg en ambos casos cuando se expresa la producción al 4% graso. Esta escasa respuesta es atribuida en parte a la fase estacional de la curva de producción de leche y estación del año en la que se realiza el experimento (primavera), donde la oferta de hierba no fue factor limitante de consumo. Por su parte JOURNET y DEMARQUILLY (1979) revisan la suplementación de vacas en pastoreo, señalando una respuesta media de 0,3 a 0,4 kg de leche por kg de concentrado, superiores a las del presente trabajo; aunque LEAVER (1982) señala incrementos de 0,6 a 0,9 cuando el consumo de hierba es restringido.

El porcentaje de grasa en la leche fue mayor en PP ($p < 0,001$) e independiente del aporte de concentrado, con concentraciones medias de 4,41 y 4,49% para 2 y 4 kg; por el contrario, en pastoreo completo fue mayor con 4 kg de concentrado ($p < 0,05$) (cuadro 5). El descenso de grasa entre tiempos de pastoreo cabe imputarlo a un menor consumo de FND ($p < 0,001$) y la mayor producción de leche ($p < 0,001$). Conclusiones semejantes son obtenidas por PEROJO y OREGUI (2001) con ovejas que están más tiempo en pastoreo. La interacción Pa x Con no fue significativa; de igual forma, sucedió con la producción de grasa por día. PHILLIPS (1988) señala que los efectos de la inclusión de ensilado de hierba en el contenido de grasa de la leche son variados, pero tienden a ser inversos a la producción de leche. En este sentido, BRYANT (1978) y ROGERS y ROBINSON (1980) señalan que cuando el ensilado de hierba es de mejor calidad que la hierba ofertada, el porcentaje de grasa desciende; por el contrario es mayor cuando la calidad del ensilado desciende. En el presente experimento la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica del ensilado de hierba fue 61,2% y 65,26% en la hierba, lo que originó una mayor digestibilidad de la materia seca en PC ($p < 0,001$) para la dieta entera,

con valores medios de 70,3% y 76,7% en PP y PC respectivamente (cuadro 6).

El porcentaje de proteína entre tiempos de pastoreo fue mayor en PP ($p < 0,001$), imputable a la menor producción de leche, no apreciándose correlación respecto a la ingestión de energía metabolizable. En pastoreo parcial y según la cantidad de concentrado administrado, no se apreciaron diferencias, con valores medios de 3,39% y 3,4% para 2 y 4 kg respectivamente y en PC fue mayor con 4 kg de concentrado ($p < 0,05$), coincidente con O'BRIEN *et al.* (1996). Por el contrario, las concentraciones de urea en leche resultaron mayores en PP ($p < 0,001$) sin diferencias entre dosis de concentrado (cuadro 5) en pastoreo parcial, lo que cabe pensar en un menor contenido de proteína verdadera de la leche producida en pastoreo completo.

Composición del líquido ruminal

El cuadro 7 recoge las características de la fermentación ruminal (pH, $N\text{-}NH_3$ y concentración molar de los ácidos grasos volátiles) de las diferentes dietas y la figura 4 la evolución diaria. El pH se mantuvo por encima de 6,0 en todos los casos; entre tiempos de pastoreo el pH fue mayor en PC ($p < 0,05$), imputable al mayor contenido de amoniaco ($p < 0,05$), y entre concentrados menor con 4 kg ($p < 0,001$), debido al mayor consumo de almidón, coincidente con ERDMAN (1988).

La concentración de $N\text{-}NH_3$ fue mayor en PC ($p < 0,05$), sin diferencias entre dosis de concentrado. Las mayores concentraciones se registraron a las 4 horas siguientes a la ingestión del concentrado, para un valor medio final de 211, 232, 235 y 238 mg/l con

Cuadro 7. pH, $N\text{-}NH_3$ y ácidos grasos volatiles del liquido ruminal
Table 7. pH, $N\text{-}NH_3$ and volatile fatty acids in rumen liquid

Pastoreo	Concentrado (kg/d)	pH	$N\text{-}NH_3$ (mg/l)	Acético (mol/100 mol)	Propiónico (mol/100 mol)	Butírico (mol/100 mol)	A:P	A:B	(A+B)/P
Parcial	2	6,72ab	211b	68,6a	18,1b	13,1b	3,91a	5,26a	4,66a
	4	6,61c	232a	65,1b	20,8a	13,9a	3,22b	4,73b	3,91b
Completo	2	6,79a	235a	65b	20,8a	14,1a	3,2b	4,62b	3,89b
	4	6,66bc	238a	65,1b	20,7a	14,1a	3,21b	4,65b	3,91b
Std		0,16	40,5	3,5	3,27	1,19	0,73	0,57	0,84
Interacción		NS	NS	***	***	*	***	***	***
Parcial		6,66	221	66,9	19,5	13,5	3,57	4,99	4,28
Compelto		6,72	237	65,1	20,79	14,1	3,21	4,64	3,9
P <		*	*	***	*	***	***	***	***
	2	6,75	223	66,8	19,5	13,6	3,56	4,94	4,28
	4	6,63	235	65,1	20,8	14,0	3,22	4,69	3,91
P <	***	NS		***	*	*	***	*	*

a.b: valores acompañados de distinta letra dentro de cada columna difieren $P < 0,05$.
Std: error estandar de la media.

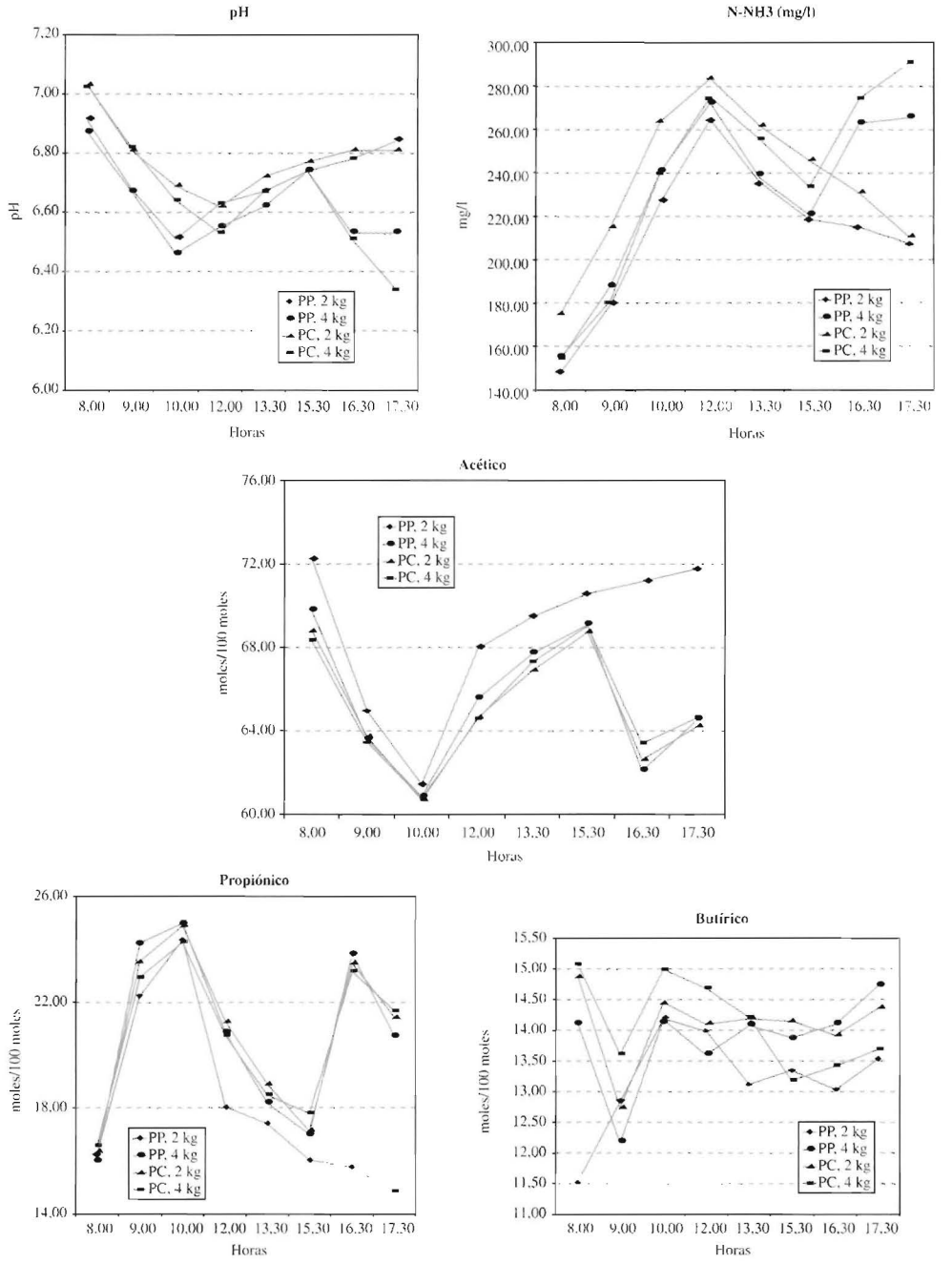


Figura 4. Evolución diaria del líquido ruminal.
Figure 4. Daily evolution in rumen liquid.

2 y 4 kg de concentrado en PP y PC respectivamente, superiores al umbral de 50 mg N-NH_3/l de líquido ruminal señalado por SATTER y STYLER (1974) como limitante para la actividad celulolítica del rumen.

Las concentraciones molares de acético, propiónico y butírico fueron diferentes según el tiempo de pastoreo, dosis de concentrado y la interacción Pa x Con (cuadro 7). La relación propiónico:butírico incrementó un 7,5% en PP con 4 kg de concentrado respecto a 2 kg, la razón puede ser imputada al mayor aporte de carbohidratos solubles presentes en el concentrado; por el contrario, en PC la relación resultó semejante. Posiblemente la diferencia de 2 kg de concentrado sea una dosis baja para manifestar diferencias en dietas donde el aporte de carbohidratos solubles de la hierba sea más constante.

Las concentraciones molares de los ácidos grasos volátiles en el líquido ruminal están dentro del rango señalado por ROCK (1964) de 50-67%, 17-21% y 11-15% para el ácido acético, propiónico y butírico para dietas a base de hierba de primavera.

Márgenes brutos

El producto bruto de la leche y el coste de cada ración en los diferentes tratamientos resultó ser de 6,15 y 1,6; 6,27 y 1,91 €/vaca lechera y día en PP con 2 ó 4 kg de concentrado respectivamente, mientras en PC resultó de 7,78 y 1,09; 7,72 y 1,44 €/vaca lechera y día para 2 ó 4 kg de concentrado. Esto representa un coste de producción de 0,076 y 0,09 €/kg de leche producido en PP con 2 ó 4 kg de concentrado, superior a 0,041 y 0,055 €/kg de leche en PC con 2 ó 4 kg de concentrado.

Conclusiones

Esta experiencia reflejó que durante el pastoreo de primavera, si la oferta de hierba no es limitante, la sustitución parcial del tiempo de pastoreo por la adición de ensilado de hierba, reduce la producción de leche, incluso con la dosis más alta de concentrado; sin embargo, incrementa la concentración de urea en la leche y los porcentajes de proteína y grasa. Tanto el nitrógeno excretado en la leche sobre el ingerido, como la energía bruta producida en la leche sobre la energía metabolizable ingerida, resultan inferiores en pastoreo parcial, e independiente del aporte de concentrado.

Con suplementar ensilado de hierba durante el día y pastoreo por la noche, implica mayor acumulación de hierba en oferta, que afecta negativamente sobre la calidad nutritiva del pasto, sobre todo en los meses de máximo crecimiento (abril y mayo); por añadidura, más hierba rechazada, que implica realizar siegas de limpieza frecuentes a la pradera.

Los costes de producción por litro de leche resultan superiores cuando se reduce el tiempo de pastoreo por la adición de ensilado de hierba; de igual forma, la dosis de 4 kg de concentrado en ambos sistemas resulta más cara.

Bibliografía

ARC, 1980. The nutrient requirements of ruminant livestock, Commonw. Agric. Bur., Farnham Royal, U.K.

ARGAMENTERIA, A., SÁNCHEZ, L., GARCÍA, J.A., DE LA ROZA, B., MARTÍNEZ, A., SANZ, E., MODROÑO, FERNÁNDEZ, O., 1993. Optimización de sistemas de producción de leche con partos agrupados a la sali-

da del invierno, en base exclusivamente a hierba o a hierba y concentrado. Memoria CIATA, 85-91.

ARGAMENTERIA, A., DE LA ROZA, B., MARTÍNEZ, A., SÁNCHEZ, L., FERNANDEZ, O., GARCÍA, J.A., MEDINA, C., PAJARES, G., 1996. Complementación de hierba de pradera aprovechada en pastoreo durante junio-julio con ensilado de raigrás italiano. Memoria CIATA, 65-69.

BRYANT, A., 1978. Summer supplementary feeding. *Proccedings of the Ruakura Farmers's Conference Week*, Article 163.

BRYANT, A.M., DONENELLY, P.E., 1974. Yield and composition of milk from cows fed pasture herbage supplemented with maize and pasture silages. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 17, 299-304.

DULPHY, S., DEMARQUILLY, C., 1981. Problèmes particuliers aus ensilages. En: Previsión de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Ed. INRA publications, 81-104. París (Francia).

ERDMAN, R., 1988. Dietary buffering requirements of the lactating dairy cow: a review. *J. Dairy Sci.*, 71, 3246-3266.

GLEEN, P.B., WALDO, D.R., VARGA, G.A., HUNTINGTON, G.B., 1987. Duodenal nutrient flow in growging steers fed alfalfa and orchard grass silage at two intakes. *Proceedings of the 8th Silage Conference*, 67-68. IGAP. Hurley (U.K.)

GOERING H.K., VAN SOEST P.J., 1970. Forage fiber analysis. Ag. Handbok N° 379. Washington DD ARS USDA.

HODGSON, J., 1984. Sward conditions, herbage allowance and animal production: and evaluation of researches results. *Prod. N. Z. Soc. Anim. Prod.*, 44, 99-104.

JOURNET, M., DEMARQUILLY, C., 1979. Grazing. In: Broster W.H. and Swan H (eds) Feeding strategy for the high yielding dairy cow. Granada, Publishing. 295-321.

LEAVER, J., 1982. Grass height as an indicator for supplementary feeding of constinuosly stocked dairy cows. *Grass and Forage Science*, 37, 285-290.

MAFF, 1984. Energy Allowances anf Feeding Systems for Ruminants. Reference Book 443. Her Hajesty's Stationary Office. London (UK).

MAYNE, C.S., 1995. Extending the grazing season, a research review. In Extending the grazing Season, Discusión Meeting, British Grassland Society. Reseaheath College, Nantwich, Cheshire.

MAYNE, C.S., LAIDLAW, A.S., 1995. Extending the grazing season, a resechar review. In extending the grazing season, discusión Meetin, British Grassland Society. Resealheath College. Nantwich, Cheshire.

MEHREZ, A.A., ØRSKOV, E.R., 1977. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *Journal Agri. Sci.*, Cambridge 88, 645-650.

MERTENS, D.R., 1992. Nonstructural and structural carbohydrates. In: Van Horn H.H. and Wilcox C.J. (eds) *Large Dairy Herd Management*. Champaign, IL: American Dairy Society Association, p. 210.

MEIJS, JA., HOEKSTRA, J.A., 1984. Concentrate supplementation of grazing dairy cows. 1. Effect of concentrate intake and herbage allowance on herbage intake. *Grass and Forage Sci.*, 39, 59-66.

NOCEK, J.E. y TAMMINGA, S., 1991. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy and its effect an milk yield and composition. *J. Dairy Sc.*, 74, 3598-3629.

NRC, 1989. Nutrient requirements of dairy cattle. Sixth Revised Edition. National Academy Press. Washington D.C.

O'BRIEN, B., CROSSE, S., DILLON, P., 1996. Effects of offering a concentrate or silage to grazing dairy cows in late lactation on animal performance and on milk processability. *Irish Journal of Agric. And Food Research*, 35:2, 113-125.

PEROJO, A., OREGUI, L., 2001. Influencia del tiempo de permanencia en la pradera y de las características del concentrado sobre la producción de leche en oveja Latxa: Datos preliminares. *IX Jornadas sobre Producción Animal ITEA*, Vol. Extra, n.° 22-1, 262-264.

PHILLIPS, C., 1988. The use of conserved forage as a supplement for grazing coes. *Grass Forage Sci.*, 43, 215-230.

PHILLIPS, C., 1989. Partial storage feeding for autum and spring calving dairy cows. *Research and Development in Agriculture*. 6-3, 151-159.

PHILLIPS, C., LEAVER, J., 1985. Supplementary feeding of forage to grazing dairy cows. 2. Offering grass silage in early and late season. *Grass and Forage Science*, 40, 193-199.

PRATES, E.R., THIAGO, L.R.S., GILL, M., THEODORON, M., 1986. The effect of conservation meted and frecuency of feeding on rumen microbial activity. *Procceeding of the Nutrition Soc.*, 45, 95ª.

RIVEROS E., ARGAMENTERIA, A., 1987. Métodos enzimáticos de la predicción de la digestibilidad in vivo de la materia orgánica de forrajes. 1. Forrajes verdes. 2. Ensilados y pajas. *Avances en Producción Animal* 12-49.

ROBERTS, D., LEAVER, J., 1986. Supplementary feeding of forage to grazing dairy cows. 3. The effect of three day time stocking rates on the performance of cows offered grass silage overnigth. *Grass and Forage Science* 41, 71-78.

ROGERS, G., ROBINSON, R., 1980. Wilted fine chop pasture silage as a supplement to cow in late grazing dry summer pasture. Ellibank Dairy Research Station Annual Report. Victoria Department of Agriculture, pp. 67-68.

ROGERS, G., BRYANT, A., JURY, K., HUTTON, J., 1979. Silage and dairy cow production II. Milk yield and composition of cows fed pature silage supplemented with pasture, maize silage, and protein concentrates. *Journal of Agricultural Research* 22, 523-531.

ROOK, J., 1964. Ruminant volatile fatty acid production in relation to animal production from grass. *Proceedings of the Nutrition Society*, 23, 71-80.

SALCEDO, G., 1999. Efecto de la suplementación con ensilado de maíz sobre la producción y calidad de la leche de vacas frisonas alimentadas en base a pasto. *ITEA*, Vol. 95A n.º 1, 17-34.

SALCEDO, G., 2000a. Degradabilidad ruminal de la hierba en praderas aprovechadas bajo pastoreo rotacional, en la zona costera de Cantabria. *Invest. Agr.: Prod. Sanid. Anim.* Vol. 15 (3), 125-135.

SALCEDO, G., 2000b. Efecto de la madurez del ensilado de hierba, sobre la utilización digestiva en vacas secas. *Anales del Instituto de Estudios Agropecuarios*, Vol. XIII, 101-126.

SALCEDO, G., 2000c. El pasto en la alimentación de vacas lecheras. VI Congreso Internacional de Medicina Bovina. Santiago de Compostela, 92-109.

SARMIENTO, M., SALCEDO, G., GONZÁLEZ, L.M., 1996. Calidad de los ensilados de hierba en la Comunidad Autónoma de Cantabria. *Actas de la XXXVI R.C. de la SEEP*. Soria, 337-340.

SAS, 1985. User's Guide: Statistics, Version 5 Edition, SAS. Inst., Inc., Cary, N.C.

SATTER, L., STYLER, L., 1974. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. *Br. J. Nutr.*, 32, 199-208.

THOMAS, P.C., 1982. Utilization of conserved forages. En: *Forage Protein in Ruminant Animal Production*, 66-77. Ed P.J. THONSON, D.E. BEEVER, JUN, R.G. B.S.A.P. Occ. Publication n.º 6. B.S.A.P Thames Ditton. (R.U.).

TYRRELL, H.F., REID J.T., 1965. Prediction of the energy value of cow's milk. *J. Dairy Sci.*, 48, 1215-1233.

VAN SOEST, P.J., ROBERTSON, J.B., LEWIS, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, 74, 3583-3597.

VÉRITÉ, R., JOURNET M., 1970. Influence de la teneur en eau et de la déshidratation de l'herbe sur sa valeur alimentaire pour les vaches laitières. *Ann. Zootech.*, 19, 255-268.

(Aceptado para publicación el 15 de noviembre de 2002).

ITEA (2002). Vol. **98A N.° 3**, 347-354

EFECTO DEL DESTETE PRECOZ SOBRE LA GANANCIA DE PESO DE LOS TERNEROS Y SUS MADRES

L.G. Hidalgo*, S.S. Callejas*, M.A. Cauhépé, M.J. Otero***

* Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina

** Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina

RESUMEN

Se utilizaron 31 vacas de cría pluríparas con terneros con un peso mayor o igual a 70 kg y de 4 meses de edad, para evaluar el efecto de un destete precoz sobre la ganancia de peso vivo de los terneros y sus madres. Las vacas fueron distribuidas aleatoriamente en los grupos destete precoz (DP) y control (C). El DP (día 0) se realizó el 28 de noviembre a los 27 días de comenzado el servicio (1/11 al 15/02). El peso promedio de los terneros destetados y controles fue de 86,7 ± 5,7 y 82,5 kg ± 3,5 ($\bar{x}$ ± de) respectivamente. A partir del día 0, las vacas pastorearon un pastizal cubierto por un mosaico de comunidades hidromórficas con *Lotus tenuis* y sectores halomórficos. La alimentación de los terneros destetados, fue durante los primeros diez días de realizado el destete con un balanceado comercial a base de maíz (1% del peso vivo). Posteriormente se ubicaron en una pastura de festuca y trébol blanco, con escasa presencia de leguminosas y se suplementaron con un pelleteado con 40% de maíz y 60% de expeller de girasol. Los terneros se pesaron en los días 0, 10, 20, 36, 85 y 149; y las vacas en los días 0, 20 y 85. La información se analizó como Medidas Repetidas en el tiempo. El destete precoz provocó un aumento del peso vivo de la madre (25 kg, ± 0,62; $p < 0,05$). En la etapa inicial (primeros 85 días) en los terneros del grupo C, la ganancia diaria fue superior ($p < 0,05$); no obstante, entre los días 85 y 149 no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$). Los terneros destetados precozmente tuvieron 19 kg (± 2,7) menos ($p < 0,05$) al final del periodo evaluado (15 de mayo, fecha de destete convencional). En conclusión, en las vacas con destete precoz se observó un aumento de peso vivo y los terneros tuvieron una menor ganancia de peso que aquellos que permanecieron con sus madres.

Palabras clave: Destete precoz, Vacas pluríparas, Terneros.

SUMMARY

THE EFFECT OF EARLY WEANING UPON THE LIVEWEIGHT GAIN OF COWS AND CALVES

Thirty pluriparous beef cows and their calves were used to evaluate the effect of early weaning upon live weight change in both cows and calves. All cows calved between january 1 and february 15. Cows were randomly assigned to early weaning (EW) and control (C) groups. Early weaning was carried out (day = 0, november 28) 27 days after the start of service. Calves EW and C, weights 86.7 ± 5.7 and 82.5 ± 3.5 ($\bar{x}$ ± sd, kg) respectively. Cows were grazing on a native pasture (a complex array of hydromorfhic and halophytic communities). EW calves were self-fed with a corn-wheat concentrate diet during ten days, then were moved to pasture with tall fescue (*Festuca arundinacea*) and white clover (*Trifolium repens*) where a concentrate with corn-wheat

(40%) and sunflower meal (extracted; 60%) was available. Calves were weighed at 0, 10, 20, 36, 85 and 149 days, and cows at 0, 20 and 85 days. Liveweight data were analysed using the Repeated Measures in time method. EW cows were significantly ($p < 0.05$) heavier than controls by 25 kg ± 0.62. At the beginning C calves gained more weight ($p < 0.05$) than EW, however, between 85 and 149 days there were no differences ($p > 0.05$). At the end of the period (may 15 = date of weaning), C calves were 19 kg ± 2.7 heavier than EW calves. In summary, higher live weight were observed in early weaning cows. Eearly weaning calves at weaning had lower liveweight gains.

Key words: Early weaning, Pluriparous cows and calves.

Introducción

En la actualidad la producción de carne a partir de sistemas de cría vacuna (producción de terneros) requiere el aumento de la productividad y de la eficiencia física y económica. Maximizar la producción de terneros por unidad de superficie constituye el fundamento de la necesidad de intensificar el sistema. Una alternativa es la reducción de los requerimientos por vientre mediante la implementación del destete precoz (GALLI *et al.*, 1995) que a su vez permitiría el aumento de la carga animal promedio del establecimiento. Otra de las ventajas es el mejoramiento de los parámetros reproductivos. Al respecto, en un trabajo previo (CALLEJAS *et al.*, 1999) se observó que el destete precoz permitió aumentar el porcentaje de ovulación y de preñez cuando se implementó en vacas pluríparas en anestro. Asimismo, la condición corporal de estos animales tuvo una mejor evolución que la de aquellos que no fueron destetados.

Por otro lado, la ganancia de peso de los terneros destetados precozmente pueden ser similares o superiores a los que permanecen al pie de la madre si se les suministra una dieta adecuada en cantidad y calidad (HARVEY y BURNS, 1988; KUGLER *et al.*, 1995).

Desde el punto de vista de la alimentación, y si se toma en cuenta el costo de las pasturas, el destete precoz resulta en un beneficio económico dado que la misma cantidad de pastura puede soportar más cantidad de vacas no lactantes que lactantes (HOLROYD *et al.*, 1990).

Los objetivos del presente trabajo fueron:

- Determinar la evolución del peso vivo de los terneros destetados precozmente y compararla con la de los terneros sin destetar.
- Evaluar la evolución de peso vivo de las madres con y sin ternero al pie.

Materiales y métodos

Lugar experimental

El estudio se realizó en un establecimiento de cría vacuna ubicado en el Partido de Tapalqué, Provincia de Buenos Aires, durante primavera, verano y otoño (noviembre a abril). El presente trabajo se realizó sin interferir en el manejo del establecimiento.

Tratamientos

De un rodeo de 58 vacas pluríparas, con cría al pie, de la raza Aberdeen Angus y sus cruzas con Hereford, se seleccionaron 31

hembras que tuvieran un ternero con un peso mayor o igual a 70 kg. El rodeo original tuvo un periodo de parición de 3 meses (septiembre, octubre, noviembre) y el servicio (noviembre, diciembre, enero) comenzó el 1° de noviembre, realizándose en forma natural con toros de fertilidad probada.

A los 27 días de comenzado el servicio (28/11 = día 0) los animales fueron distribuidos aleatoriamente en dos grupos experimentales que recibieron los siguientes tratamientos: 1) destete precoz (DP, n = 16): se separaron los terneros de sus madres evitando todo contacto visual y auditivo con su madre y, 2) control (C, n = 15): los terneros permanecieron con sus madres hasta el momento del destete convencional (día 180 = 15 de mayo, finalización del experimento).

Al momento del destete precoz, el peso promedio de los terneros destetados y controles fue de 86,7 ± 5,7 y 82,5 kg ± 3,5 ($\bar{x}$ ± de) respectivamente.

Alimentación

A partir del día 0, las vacas pastorearon un pastizal natural, cubierto por comunidades en su mayoría hidromórficas (Comunidad C) definida por León (1975) con algunos sectores halomórficos y con abundante presencia de *Lotus tenuis*.

La alimentación de los terneros destetados, se realizó durante los primeros diez días en corral, con un balanceado comercial sobre la base de maíz (1% del peso vivo). Posteriormente pasaron a una pastura de festuca alta (*Festuca arundinacea*) y trébol blanco (*Trifolium repens*), con escasa presencia de leguminosas debido a las condiciones de sequía imperantes. En dicho potrero se los suplementó con un pelleteado comercial con 40% de maíz y 60% de expeller de girasol.

A mediados de diciembre (15/12) se tomaron muestras de los recursos forrajeros utilizados y se analizó la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DMS) según Tilley y Terry (1963); y proteína bruta (PB) (Micro-Kjeldahl) utilizando un Analyzer y multiplicando el contenido de nitrógeno por el factor 6,25 (A.O.A.C., 1984). Los resultados se presentan en el cuadro 1.

Manejo de los terneros

Los terneros destetados se colocaron en un corral cercano a la manga con comederos con suficiente amplitud para generar un

Cuadro 1. Contenido de materia seca, proteína bruta y digestibilidad *in vitro* de la materia seca de los diferentes alimentos

Table 1. Dry matter content, crude protein and in vitro *dry matter digestibility of diferentes feeds*

Recurso	MS(%)	DMS(%)	PB(%)
Pastizal Natural	48,5	51,6	8,6
Pastura perenne	52,1	50,4	9,0
Pelleteado comercial	92,7	76,0	17,6
Balanceado	91,5	78,5	12,4

espacio de 30 cm por animal para el consumo del alimento balanceado.

Se desparasitó a los terneros en el momento del destete con ivermectina y se realizaron vacunaciones contra mancha, gangrena, IBR y queratoconjuntivitis.

Análisis estadístico

Se evaluó la evolución de peso vivo de los terneros mediante pesadas realizadas en los días 0 (destete precoz) 10, 20, 36, 85 y 149. Las vacas de los tratamientos DP y C se pesaron en los días 0, 20 y 85.

La información se analizó como Medidas Repetidas en el tiempo, mediante el procedimiento PROC GLM del SAS®.

Resultados

Como resultante de la aplicación del destete precoz las vacas (DP) aumentaron ($p < 0,05$) su peso vivo en 25 kg ± 0,62 (cuadro 2).

El aumento diario de peso vivo de las vacas C y con DP se presenta en el cuadro 3.

En relación a los terneros, en ambos grupos hubo una evolución positiva del peso vivo en el tiempo (149 días). En la etapa inicial (primeros 85 días), la ganancia diaria fue superior ($p < 0,05$) en los terneros del grupo C; no obstante, entre los días 85 y 149 no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) (figura 1). El resultado final fue que los terneros destetados precozmente tuvieron 19 kg ± 2,7 menos al final del periodo evaluado ($p < 0,05$; cuadro 4).

Cuadro 2. Evolución del peso vivo de las vacas
Table 2. Cows live weight change

Lotes	Día 0 (28/11)		Día 20 (18/12)		Día 85 (21/02)	
	m	de	m	de	m	de
DP (kg)	392,1	24,7	416,1	7,1	448,9[a]	8,5
C (kg)	401,0	19,8	422,3	10,6	423,8[b]	14,1

Día 0 (28/11) = destete precoz. m: media, de: desvío estándar. DP: vacas con destete precoz; C: control. Medias seguidas de superíndices diferentes en la misma columna difieren significativamente ($p < 0,05$).

Cuadro 3. Ganancia media diaria (gmd) de las vacas
Table 3. Live weight change of cows

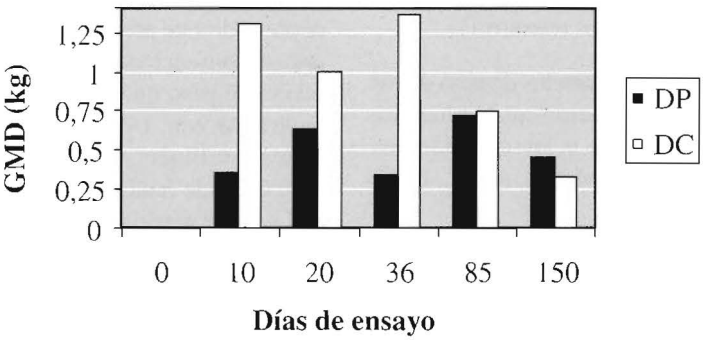
Periodos (días)	C (kg)	DP (kg)
0 (28/11) a 20 (18/12)	1,07[a]	1,31[b]
20 (18/12) a 85 (21/02)	0,02[a]	0,51[b]
Media	0,207	0,654

Día 0 (28/11) = destete precoz, DP: destete precoz, C: control. Medias seguidas por distinto superíndice en una misma columna difieren significativamente ($p < 0,05$).

Cuadro 4. Evolución del peso vivo (± d.e.) de terneros
Table 4. Calves average live weight change (±s.d.)

Días Tratamientos	0	10	20	36	85	149
Control	82,5 (12,7)	95,5 (14,3)	105,5 (16,3)	127,3 (25,4)	163,8 (18,2)	184,6[a] (16,9)
Destete precoz	86,7 (14,0)	90,2 (16,6)	96,5 (16,3)	101,9 (16,6)	136,9 (23,8)	165,6[b] (33,5)

Día 0 = (18/12, destete precoz), C: control, DP: destete precoz. Medias seguidas por distinto superíndice en una misma columna difieren significativamente ($p < 0,05$).



DP: destete precoz, C: control.
Figura 1. Ganancia Media Diaria (GMD) de los terneros con y sin destete precoz.
Figure 1. Calves Average daily gain change with or without early weaning.

Discusión

La respuesta observada en el aumento diario de peso vivo en las vacas destetadas (cuadro 2) es coincidente con lo observado en numerosos trabajos nacionales y extranjeros (SAMPEDRO, 1993; HARVEY y BURNS, 1988; LUSBY *et al.*, 1981; LOBATO y BARCELLOS, 1992; FRIEDRICH y PEREIRA, 1988). Al respecto, LOBATO y BARCELLOS (1992), en destetes realizados en terneros de 100 y 180 días de edad en vacas primíparas y pluríparas (con servicio desde el: 1/12 hasta el 28/02 y destete el 19/01), observaron que las vacas destetadas a los 100 días tuvieron mayores ganancias de peso (0,10 kg/día vs. 0,04 kg/día respectivamente) y más altas tasas de preñez (81,3 vs. 40,3%).

Cabe señalar que las vacas al momento de realizar el destete precoz tenían una buena condición corporal (3,2 ± 0,14 kg · cm^{-1}) (CALLEJAS *et al.*, 1999); no obstante se observó una respuesta positiva al DP en relación a su CC (aumento de 0,48 ± 0,19 kg · cm^{-1}). Esto fue significativamente superior ($p < 0,05$) a lo observado en el grupo C (0,20 ± 0,16 kg · cm^{-1}, CALLEJAS *et al.*, 1999).

Con respecto a la evolución de los terneros destetados (DP), el ritmo de ganancia diaria fue menor. Esta tendencia se observó hasta la fecha cercana al destete convencio-

nal donde las ganancias de peso fueron similares (figura 1). En consecuencia, el peso al final del experimento fue menor (cuadro 4). Esta diferencia se debería principalmente al cambio de dieta (concentrado solo y luego pastura), al periodo de adaptación a la nueva dieta y, la baja calidad de la pastura. Es importante destacar las condiciones de sequía imperantes durante el ensayo. En consecuencia, la pastura presentaba una alta proporción de material muerto y muy baja presencia de leguminosas lo cual se reflejó en los bajos valores de digestibilidad y proteína obtenidos (cuadro 1).

En relación a las ganancias de peso de los terneros que permanecieron con sus madres, éstas fueron similares a las obtenidas en otros experimentos (MONJE *et al.*, 1993; SAMPEDRO, 1993).

La respuesta obtenida en los terneros al pie de la madre se debió principalmente al aporte sustancial que resulta de la provisión de leche por parte de la madre, la cual no interfiere con el normal funcionamiento del rumen y es una fuente proteica de elevada calidad (ORSKOV, 1988). Este aspecto se reflejó en los primeros meses del ensayo. Posteriormente el aporte de la leche está sumamente deprimido debido a la natural caída de la producción de la leche materna (KNABEL *et al.*, 1989). Se debe tener en cuenta que los terneros C permanecieron en pastizales naturales hidromórficos (bajos dulces) con *Lotus tenuis* en su composición y que si bien la calidad global fue baja, la carga animal utilizada facilitaría por parte de los terneros la selección de una dieta de mejor valor nutritivo.

La suplementación realizada durante el pastoreo a los terneros DP permitió disminuir las diferencias de peso observadas con los de C al momento del destete convencional. La ganancia de peso de los terneros DP fue superior a lo encontrado en otros trabajos en los que no se utilizaron suplementos (LUSBY *et al.*, 1981; HOLROYD *et al.*, 1990).

Si bien al aplicar la técnica de destete precoz se procura que la respuesta productiva de los terneros sea similar a los que permanecen al pie de la madre, tal como observaron LUSBY *et al.*, (1981), este no es el resultado más frecuente.

La mayoría de los ensayos realizados con diferentes razas y/o cruzas y distintas fuentes de alimentación muestran que los terneros desde el destete precoz hasta el momento del destete convencional, presentan menor incremento de peso que los terneros al pie de la madre (MONJE, 1993; HOLROY *et al.*, 1990; HARVEY y BURNS, 1988; SAMPEDRO, 1993). Esto depende fundamentalmente de la cantidad y valor nutritivo de la oferta forrajera y de la producción de leche de sus madres. En pastizales naturales con distinta disponibilidad, valor nutritivo y nivel de suplemento, la ganancia de peso vivo (GMD) de terneros con DP varió de 0,270 a 0,600 kg (0,520 kg en promedio), y fue de 0,870 kg en los no destetados (MONJE *et al.*, 1993).

Con pasturas de agropiro, festuca y *Lotus tenuis* y suplementación con balanceado comercial la GMD de terneros con DP (0,578 g) fue semejante a la de los que permanecieron al pie de la madre (0,635 kg), (SCIOTTI *et al.*, 1996). En general la información nacional y extranjera muestra ganancias superiores a los 0,600 kg por día cuando se suplementa a los terneros con concentrados (SIMEONE, 1995; TESTANI, 1999).

Si bien en numerosas trabajos de destete precoz (LUSBY *et al.*, (1981); HARVEY y BURNS, 1988; HOLROY *et al.*, 1990; SAMPEDRO, 1993), los terneros destetados ganaron menos peso que los que permanecieron al pie de la madre, la diferencia de peso sería compensada al llegar al peso adulto (HOL-

ROYD *et al.*, 1990). HOFER y MONJE (1995), en una experiencia realizada en la región del noreste argentino, con terneros destetados a los 60 y 120 días de edad, observaron que en la etapa de recría (8 meses, posteriores a la fecha del destete convencional), existía crecimiento compensatorio, y por lo tanto, la diferencia de 39 kg obtenida al inicio del ensayo se redujo a 7 kg al final de la misma. Por lo tanto, el efecto perjudicial que podría producir el destete precoz se compensaría durante la etapa de recría.

Conclusiones

El destete precoz determina un aumento del peso vivo de la madre.

Los terneros destetados precozmente presentaron una menor ganancia de peso que aquellos que permanecen con sus madres.

Agradecimientos

Los autores agraceden al estadístico Med. Vet. Edgardo Rodriguez por el asesoramiento en la realización del análisis estadístico de los datos.

Bibliografía

A.O.A.C., 1984. Official methods of analysis. 14 th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washinton, D.C.

CALLEJAS S.S., HIDALGO L.G., CAUHÉPÉ M.J., OTERO M., 1999. Efecto del destete precoz sobre la performance reproductiva de vacas de cría pluríparas. Rev. Arg. Prod. Anim. 19 (2), 323-329.

FRIEDRICH S.M., PEREIRA J.A., 1988. Desmame precoce e desmame interrompido: a experiencia do planato catarinense. ACARESC, 44 pp.

GALLI I.O., HOFER C.C., MONJE A.R., 1995. Intensificación de la producción de carne. Amenazas y oportunidades. Rev. Arg. Prod. Anim. Vol. 15. Sup. 1, 75-84.

HARVEY R.W., BURNS J.C., 1988. Creep grazing and early weaning effects on cow and calf productivity. J. Anim. Sci. 66, 1109-1114.

HOFER C.C., MONJE A.R., 1995. Evolución de peso durante la recría de terneros destetados a los 60 y 120 días. Rev. Arg. Prod. Anim. 15 (2), 634-636.

HOLROYD R.G., ROURKE P.K.O., TYLER R., STEPHENSON H.P., MASON G.W.J., SCHROTER K.L., 1990. Effects of different weaning strategies on postweaning growth rate, mortality and fertility of *Bos indicus* cross cattle. Aust. J. Exp. Agric. 30, 1-6.

KNABEL K.M., TURNER T.B., WATSON M.A., 1989. Effects of early weaning on growth rate of spring-born calves and an economic comparison with those weaned at normal ages. Applied Agric. Res. 4 (2), 73-75.

KUGLER N.M, GIORGETTI H., CECCHI G., RODRÍGUEZ G., MONTENEGRO O., 1995. Productividad de un rodeo de cría con destete precoz y convencional en la Nor-Patagonia. Rev. Arg. Prod. Anim. 15 (3-4), 1138-1140.

LOBATO J., BARCELLOS J.O., 1992. Efeitos da utilizaçao de pastagem melhorada no pós-parto e do desmame aos 100 ou 180 días de idade no desempenho reprodutivo de vacas de corte. Rev. da Sociedade Brasileira de Zootecnia 21 (3), 385-395.

LUSBY K.S., WETTEMAN R.P., TURMAN E.J., 1981. Effects of early weaning calves from first-calf heifers on calf and heifer performance. J. Anim. Sci. 53 (5), 1193-1197.

MONJE A.R., HOFER C.C., GALLI I.O., 1993. Destete precoz. EEA. INTA, Concepción del Uruguay. Jornada de difusión técnica, 38 pp.

ORSKOV E.R., 1988. Nutrición proteica de los rumiantes. Ed. Acribia, Zaragoza, España, 178 pp.

SAMPEDRO D.H., 1993. Efecto del destete precoz sobre la tasa de preñez y la ganancia de peso de los terneros. Memorias. Jornada de Difusión Técnica Destete precoz en cría vacuna. INTA EEA C. del Uruguay, 39-41 pp.

SCIOTTI A.E., CARRILLO J., MELUCCI L.M., CANO A., 1996. Efecto del destete precoz en vacas primíparas y de última parición sobre los pesos y ganancias de peso de los terneros y sus madres. Rev. Arg. Prod. Anim. Vol. 16. Sup.1, 30-31.

SIMEONI A., 1995. Una alternativa tecnológica para incrementar la productividad del rodeo de cría. Gangue. Año 2, n.º 5, 22-27 pp.

TESTANI D.O., 1999. Efecto del destete precoz en vaquillonas de segundo servicio y vacas CUT, y evaluación productiva de sus terneros engordados a corral. Tesina de grado. Fac. Cs. Veterinarias. Universidad Nacional del Centro de la prov. de Buenos Aires, Argentina, 35 pp.

TILLEY J.M.A., TERRY R.A., 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forages crops. J. Br. Grassl. Soc. 18, 104-111.

(Aceptado para publicación el 15 de noviembre de 2002).

PREMIOS DE PRENSA AGRARIA 2002 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 2002. 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 300 € 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 realizará con motivo de la celebración de las Jornadas de Estudio de AIDA.

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

CIHEAM

CIHEAM/IAMZ - Cursos 2001-02-03

	CURSOS	FECHAS	LUGAR	ORGANIZACIÓN
PRODUCCIÓN VEGETAL	BIOINFORMÁTICA: UTILIZACIÓN DE BASES DE DATOS GENÉTICOS EN MEJORA VEGETAL	17-21 Sep. 01	Zaragoza	IAMZ
	*OLIVICULTURA Y ELAIOTECNIA	25 Sep. 01/ 16 Mayo 02	Córdoba	UCO/CAP-JA/ CSIC/INIA/COI/IAMZ
	VIVEROS Y PRODUCCIÓN DE PLANTA FORESTAL PARA CONDICIONES MEDITERRÁNEAS	19-30 Nov. 01	Guadalajara	IAMZ/MIMAM-CNMF
	SISTEMAS DE APOYO A LA DECISIÓN EN AGRONOMÍA: MODELIZACIÓN	14-25 Ene. 02	Zaragoza	IAMZ
	AGRICULTURA DE REGADÍO SOSTENIBLE: GESTIÓN DEL AGUA EN LA AGRICULTURA DE ZONAS SEMIÁRIDAS	11-22 Mar. 02	Zaragoza	IAMZ/AECI
	ELECCIÓN DE CULTIVOS EN CONDICIONES DE SECANO MEDITERRÁNEAS. CRITERIOS TÉCNICOS Y SOCIOECONÓMICOS	6-17 Abr. 02	Argel	IAMZ/ITGC/ ICARDA
	GESTIÓN DE RIESGOS EN LA AGRICULTURA MEDITERRÁNEA: SEGUROS AGRARIOS	10-14 Jun. 02	Zaragoza	IAMZ/MAPA-ENESA/OCDE
	*MEJORA GENÉTICA VEGETAL	30 Sep. 02/ 6 Jun. 03	Zaragoza	IAMZ
PRODUCCIÓN ANIMAL	*PRODUCCIÓN ANIMAL	1 Oct. 01/ 7 Jun. 02	Zaragoza	IAMZ
	MEJORA DE LA PRODUCCIÓN DEL DROMEDARIO	4-15 Mar. 02	Rabat	IAMZ/IAV Hassan II
	PRODUCCIÓN DE MOLUSCOS EN PAÍSES MEDITERRÁNEOS	27-31 Mayo 02	Zaragoza	IAMZ/FAO
	*ACUICULTURA	7 Oct. 02/ 4 Abr. 03	Las Palmas de Gran Canaria	ULPGC/ICCM/ IAMZ
	BRUCELOSIS	16-20 Sep. 02	Pamplona	IAMZ/Univ. Navarra/ FAO/OIE/ OMS-MZCP
	TRAZABILIDAD DE PRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL: SISTEMAS Y TÉCNICAS	4-8 Nov. 02	Zaragoza	IAMZ
	NUEVAS TÉCNICAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE OVINOS Y CAPRINOS EN LA REGIÓN MEDITERRÁNEA	9-20 Dic. 02	Túnez	IAMZ/INRAT
	SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CARNE DE CONEJOS	13-24 Ene. 03	Zaragoza	IAMZ
	AVANCES EN REPRODUCCIÓN DE PECES Y SU APLICACIÓN AL MANEJO DE REPRODUCTORES	24-28 Feb. 03	Zaragoza	IAMZ
	NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA LA PRODUCCIÓN DE OVINO DE LECHE	7-11 Abr. 03	Valdepeñas/Ciudad Real	IAMZ/JCCM/ UCLM
	OPTIMIZACIÓN DEL USO DE VACUNAS Y MEDICAMENTOS EN ACUICULTURA MEDITERRÁNEA	12-16 Mayo 03	Izmir	IAMZ/FAO/ MARA
	PRODUCCIÓN AVÍCOLA EN CLIMAS CÁLIDOS	26-30 Mayo 03	Zaragoza	IAMZ

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

- MEJORA GENÉTICA VEGETAL: 02-03; 04-05; 06-07
- OLIVICULTURA Y ELAIOTECNIA: 01-02; 03-04; 05-06
- PRODUCCIÓN ANIMAL: 01-02; 03-04; 05-06
- ACUICULTURA: 02-03; 04-05; 06-07
- ORDENACIÓN RURAL EN FUNCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE: 02-03; 04-05; 06-07
- MARKETING AGROALIMENTARIO: 01-02; 03-04; 05-06

	CURSOS	FECHAS	LUGAR	ORGANIZACIÓN
MEDIO AMBIENTE	INCENDIOS FORESTALES: INVESTIGACIÓN DE CAUSAS Y NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA PREVENCIÓN Y EXTINCIÓN	15-26 Oct. 01	Zaragoza	IAMZ/FAO/ MIMAM-DGCN
	GESTION Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS PISCÍCOLAS EN AGUAS CONTINENTALES DE LOS PAÍSES MEDITERRÁNEOS	12-16 Nov. 01	Zaragoza	IAMZ/FAO
	FUENTES ALTERNATIVAS DE AGUA PARA REGADÍO: CONDICIONANTES TÉCNICOS, ECONÓMICOS Y AMBIENTALES	10-14 Dic. 01	Zaragoza	IAMZ
	LA PREDICCIÓN METEOROLÓGICA Y SU APLICACIÓN A LA GESTIÓN AGRÍCOLA SOSTENIBLE EN LA REGIÓN MEDITERRÁNEA	19-23 Ene. 02	El Cairo	IAMZ/ARC-CLAC
	MEJORA DE HÁBITATS PARA LA GESTIÓN DE RECURSOS CINEGÉTICOS	18-23 Feb. 02	Zaragoza	IAMZ
	ECOLOGÍA E HIDROLOGÍA DE LOS RÍOS MEDITERRÁNEOS Y HERRAMIENTAS PARA SU GESTIÓN	8-19 Abr. 02	Zaragoza	IAMZ/AECI
	GESTIÓN, RESTAURACIÓN Y APLICACIONES DE LOS HUMEDALES	13-24 Mayo 02	Zaragoza	IAMZ
	*ORDENACIÓN RURAL EN FUNCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	30 Sep. 02/ 6 Jun. 03	Zaragoza	IAMZ
	DEGRADACIÓN DE SUELOS EN LAS REGIONES AGRÍCOLAS MEDITERRÁNEAS: IMPACTO Y MEDIDAS DE CORRECCIÓN	21 Oct./1 Nov. 02	Rabat	IAMZ/IAV Hassan II/ AECI
	ECONOMÍA DE LOS RECURSOS NATURALES	3-14 Feb. 03	Zaragoza	IAMZ
	GESTIÓN SOSTENIBLE DE LA PESCA ARTESANAL EN EL MEDITERRÁNEO	9-13 Jun. 03	Zaragoza	IAMZ/FAO-COPEMED
COMERCIALIZACIÓN	*MARKETING AGROALIMENTARIO	1 Oct. 01/ 7 Jun. 02	Zaragoza	IAMZ
	ESTRATEGIAS DE MARKETING DE ACEITE DE OLIVA	14-18 Oct. 02	Rabat	COI/IAMZ/ MADREF
	LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DEL COMERCIO Y SU IMPACTO EN EL MARKETING INTERNACIONAL AGROALIMENTARIO	18-22 Nov. 02	Zaragoza	IAMZ/OMC
	TRAZABILIDAD Y ETIQUETADO: RESPUESTA A LOS REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD DE LOS ALIMENTOS	17-21 Mar. 03	Zaragoza	IAMZ
	ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN EL MARKETING AGROALIMENTARIO: NORMATIVAS, DENOMINACIONES Y GESTIÓN	24-28 Mar. 03	Zaragoza	IAMZ
	INNOVACIONES EN TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN DE MERCADOS AGROALIMENTARIOS	5-9 Mayo 03	Zaragoza	IAMZ

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, Ordenación Rural en Función del Medio Ambiente y Acuicultura finaliza el 15 de Mayo 2002. El plazo de inscripción para el curso de Olivicultura y Elaiotecnia finaliza el 15 de Abril 2003. El plazo de inscripción para los cursos de Producción Animal y Marketing Agroalimentario finaliza el 15 de Mayo 2003.

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

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

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

Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza

Apartado 202 - 50080 ZARAGOZA (ESPAÑA)

Teléfono +34 976 716000 - Fax +34 976 716001 - e-mail iamz@iamz.ciheam.org

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 } 27 €

❑ Ambas Series 36 €

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 XXXIII (2002), Vol. 98A N.° 3

ÍNDICE

Página

R. González Santillana, M.A. Pérez-Cabal, R. Alenda Jiménez.- Importancia económica del peso corporal en el vacuno lechero del País Vasco y Navarra 271

Jesús Hernando Velasco.- "Cultivos y alimentos transgénicos: una visión de conjunto" 303

G. Salcedo.- Efectos de la sustitución parcial del tiempo de pastoreo por ensilado de hierba a dos niveles de concentrado, sobre la producción y composición química de la leche..... 328

L.G. Hidalgo, S.S. Callejas, M.A. Cauhépé, M.J. Otero.- Efecto del destete precoz sobre la ganancia de peso de los terneros y sus madres 347