

**RELACIONES ENTRE LA PRODUCCION Y EL CONTENIDO DE PROTEÍNA
CON LOS FACTORES DE LA PRODUCCION DE LECHE.**

**C. Zaragoza¹
A. Seguí²
E. Sanz³
diciembre de 1998**

¹Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària, UdL, Lleida. Trabajo de Investigación Final de Carrera.

²Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentaria (IRTA). Barcelona.

³Departament de Producció Animal, ETSEA, UdL. Lleida.

INTRODUCCION

La entrada de España en la Unión Europea y la integración del sector lácteo español en la correspondiente organización comunitaria de mercado, ha supuesto un cambio en el sector. La cuota a la producción de leche, la calidad de la leche y las deficiencias en las estructuras productivas de las explotaciones, son algunos de los problemas o condicionantes de la producción.

El mercado es muy competitivo en el ámbito europeo y mundial, donde la producción de leche, por la problemática de los excedentes, ha pasado a un segundo plano tomando especial relevancia los aspectos cualitativos que exigen los consumidores.

Uno de los productos lácteos que ha experimentado un mayor crecimiento en el consumo ha sido el queso, por ello, las industrias lácteas están cada vez más interesadas en el porcentaje de proteína de la leche y en la no presencia de antibióticos e inhibidores, para poder conseguir un mayor rendimiento en su producción.

Las vacas que existen en las explotaciones están mejoradas para productividad (de leche) y no para rentabilidad, y el ganadero necesita una leche mejor sin tener que cambiar de vaca. Por todo ello el objetivo de este estudio es **conocer en mayor profundidad aquellos mecanismos que regulan y/o influyen en el contenido de proteína de la leche, y caracterizar la tasa y la producción de proteína de la vaca y la del conjunto de la explotación, en función de los datos referentes al control lechero, a las características de la ración y a las variables genéticas, en una determinada zona productiva.**

ANTECEDENTES

Propiedades físicas de la leche

La leche es un líquido opaco blanco mate, más o menos amarillento según el contenido de β carotenos de la materia grasa. Tiene un olor poco marcado, pero característico. Su gusto es agradable y dulce.

En la tabla 1 se dan algunos de los valores esenciales de las constantes físicas más utilizadas para determinar la calidad de la leche.

pH. Da una información precisa del estado de frescura de la leche. Una leche fresca normal es neutra o ligeramente ácida, más o menos como el agua pura (pH 7 a 20°C). Si han actuado las bacterias lácticas, una parte de la lactosa de la leche se degrada a ácido láctico, lo que hace que aumente su concentración de iones hidronio, y por lo tanto el pH disminuya.

Acidez. Viene expresada en grados *dornic* (°D). 1°D corresponde a 0.1 g de ácido láctico por litro de leche. Este valor informa de la acidez natural de la leche fresca, que está relacionada con su riqueza en materia seca.

Densidad. Está relacionada con su riqueza en materia seca. Una leche pobre tiene una densidad baja, sin embargo, es preciso matizar esta afirmación, ya que la leche contiene materia grasa cuya densidad es inferior a 1 (0.93 a 20°C). Una leche enriquecida en materia grasa tiene una densidad más baja, y por el contrario, una leche descremada tiene una densidad superior.

Temperatura de congelación. Permite apreciar la cantidad de agua añadida eventualmente a la leche.

Tabla 1. Constantes físicas usuales de la leche.

Constantes	Valores
pH (20 °C)	6.5 a 6.7
Acidez valorable	15 a 18 °D
Densidad	1.028 a 1.036 g/cm ³
Temperatura de congelación	-0.51 a -0.55 °C

Fuente: Elaboración propia.

Composición de la leche

La composición de la leche está fundamentada, en la necesidad de las especies mamíferos de aportar a través de ella todas las sustancias necesarias para asegurar la supervivencia y desarrollo de la descendencia durante su fase de lactación.

La leche es plasma (parte líquida de la sangre), con gotas de grasa en suspensión. En el plasma se encuentran las proteínas, la lactosa, los minerales, las vitaminas, las materias nitrogenadas no proteicas y el agua. Desde el punto de vista de la alimentación se pueden distinguir dos partes bien diferenciadas: una sin valor nutritivo que corresponde al agua y otra que contiene todo el valor y que corresponde al extracto seco.

Un litro de leche de vaca pesa 1030 gramos de media, con una densidad que depende de la vaca y otros factores, y que contiene, en condiciones normales, de 120 a 130 gramos de extracto seco, y el resto es agua.

El extracto seco de la leche se puede dividir en diferentes fracciones: nitrogenada, lipídica, carbohidratos, vitaminas, minerales, y células somáticas.

Fracción nitrogenada

La fracción nitrogenada está formada por materias proteicas y no proteicas.

Materias proteicas

La constituyen las proteínas, que representan el 95% del nitrógeno total. Presentan características químicas y físicas que las diferencian entre sí y que se basan principalmente en el contenido en fósforo de las mismas, aspecto que sirve para clasificarlas en: Caseínas y Proteínas del lactoserum. Caseínas: Son fosfoproteínas, con grupos monoésteres del ácido fosfórico. Representan el 78% del nitrógeno total. En estado natural forman complejos coloidales o micelas y tienen la capacidad de coagular a pH ácido y/o bajo la acción de presión. Dentro del grupo se distinguen cuatro subgrupos fundamentales: las caseínas **a** (con dos variantes **a_{S1}** y **a_{S2}**), **b**, **k** y **g**. Las caseínas **a** son fosforiladas, la variante **a_{S1}** es la más importante en masa del total de proteínas. Es muy sensible al calcio al pH normal de la leche, pudiéndose producir su floculación a cualquier temperatura, La variante **a_{S2}** es sensible al calcio a cualquier temperatura, debido a su riqueza en grupos fosfato. Ambas variantes poseen una propiedad particular, ya que atraen a células diversas como los leucocitos (Alais, 1985).

Las caseínas **b** son las que tienen más influencia en el rendimiento de la leche para la fabricación de queso, por lo que se encuentran integradas en los planes de mejora genética. Las caseínas **k** son fosfoglicoproteínas ya que aproximadamente el 10% de su peso molecular está compuesto por carbohidratos. Son fundamentales para establecer la micela y actúan como sustrato específico de la renina y otras enzimas permitiendo así el inicio de la coagulación. Las caseínas **g** son el resultado de la proteólisis de la caseína **b**, y no son otro tipo de moléculas sino fragmentos.

Proteínas del lactoserum: No presentan aminoácidos fosforilados. Representan el 17% del nitrógeno total. Son solubles a pH ácido y por tanto permanecen en forma líquida después del proceso de coagulación, formando el lactosuero. Los principales grupos de proteínas que forman el lactosuero son el grupo de las *a-lactoalbúminas*, que representa el 25%, y son de las más estables a la temperatura, el grupo de las *b-lactoglobulinas*, que representan el 50% de las proteínas del lactosuero de la leche de vaca, el grupo de las *immunoglobulinas*, que son glucoproteínas de elevado peso molecular. Su concentración no es constante, presentando un máximo durante los primeros días de la lactación, en el calostro, ya que son las responsables de asegurar la supervivencia de las crías gracias a las funciones propias de anticuerpos, el grupo de la lactoferrina y de la transferrina, que tienen la característica común de tener átomos de hierro en su composición.

Materias no proteicas

Representan el 5% del nitrógeno total. No tienen ningún valor nutritivo ni tecnológico para la industria lechera. Su composición es muy heterogénea y recoge toda la materia nitrogenada no proteica agrupada en Urea, que representa el 50% de la fracción no proteica, y en Otras Sustancias, que representan el 50% restante, entre las cuales destacan el nitrógeno amoniacal y el peptídico, la creatina, la creatinina, las aminas y los ácidos úrico, hipourico y orótico.

Fracción lipídica

La fracción lipídica de la leche de vaca se compone principalmente de triglicéridos y fosfolípidos. El 99% de estos lípidos se encuentra en suspensión en forma de glóbulos de 2 mm de diámetro.

Triglicéridos

Son ésteres de glicerol con tres ácidos grasos comunes al resto de las grasas animales. De la composición en ácidos grasos depende la calidad tecnológica y dietética de la leche y de sus productos.

Los ácidos grasos de la leche tienen un número de átomos de carbono comprendidos entre 4 y 18, siendo los más numerosos los de cadena corta (entre 4 y 10) y media (entre 12 y 16), mientras que los ácidos grasos procedentes del tejido adiposo son básicamente de cadena larga (de 18 átomos). Los ácidos grasos de cadena corta se sintetizan en la ubre, los de cadena larga pasan a la leche directamente del torrente sanguíneo y los de cadena media pueden tener ambos orígenes.

Fosfolípidos

Compuestos de glicerol en los que los grupos hidróxilos del primer y segundo carbono se hallan esterificados por sendas moléculas de ácidos grasos, mientras que el tercero se halla esterificado por el ácido fosfórico. Representan como máximo el 1% de los lípidos totales. Su principal función es la de actuar como agentes emulsionantes gracias a su elevada polaridad. Entre los fosfolípidos más importantes están las lecitinas y las cefalinas.

Carbohidratos

Los carbohidratos se dividen en lactosa y oligosacáridos.

Lactosa

Es el carbohidrato por excelencia de la leche, un glúcido específico de la leche que en la vaca oscila entre el 4.4% y el 5.2%. El hecho de encontrarse únicamente en los mamíferos la convierte en la fuente de energía más importante para la alimentación de las crías en su fase de lactante.

Oligosacáridos

Este grupo está formado por unidades de glucosa, galactosa, fructosa y N-acetilglucosaminas.

Vitaminas

Las vitaminas de la leche son moléculas pequeñas y de estructura muy variadas. Juegan muy a menudo un papel de coenzima o biocatalizador asociadas a un apoenzima. Se encuentran agrupadas en: liposolubles e hidrosolubles.

Liposolubles

Se encuentran asociadas a los lípidos presentes en la leche. Son las siguientes:

Vitamina A, presente en forma de pro-vitamina (**b**-carotenoides), se forma como tal en el ámbito de la mucosa intestinal. Interviene en numerosos procesos del organismo, de ahí su importancia. Vitamina D, presente en forma de ergocalciferol y colecalciferol. Interviene en el metabolismo del calcio y fósforo. Su exceso puede provocar calcificaciones en las arterias. Vitamina E, son los tocoferoles, siendo el **a**-tocoferol, propiamente dicho, con un 100% de actividad. El papel fundamental es el de actuar como antioxidante en el organismo, y en la leche evita la aparición de sabores indeseables por degradación de las grasas. Vitamina K, presente en forma de menadiona y se encuentra en concentraciones muy bajas. Es conocida como la vitamina de la coagulación.

Hidrosolubles

Se encuentran dispersas en la leche y son las siguientes: Vitaminas del complejo B, principalmente B₁, B₂, B₃, B₆, B₁₀ y B₁₂, Vitamina C que se presenta en la leche en la forma reducida de la vitamina, el ácido L-ascórbico. Suele estar en elevadas cantidades en el calostro.

Minerales

Los minerales que forman parte de la leche están en disolución o en forma de complejos, y no alcanzan el 1% de su contenido total, clasificándose, según su presencia, en macrominerales y microminerales.

Macrominerales

Son el calcio, fósforo, sodio, cloro, potasio y magnesio. De todos ellos el calcio y el fósforo son los que centran la mayor atención por su importancia en la alimentación. En la leche su relación suele estar en torno al 1.3:1.

Microminerales

Son el hierro, cobre, zinc, manganeso, yodo, cobalto y selenio. Aunque se encuentran en pequeñas cantidades, son muy importantes ya que son los responsables o participan en numerosos procesos de síntesis de otras sustancias (vitaminas, proteínas).

Células somáticas

Las células somáticas presentes en la leche tienen tres orígenes, unas provienen de las células de la glándula mamaria que se destruyen durante el periodo productivo de la vaca y que son descamadas por el paso de la leche, otras, los leucocitos o glóbulos blancos, provienen de la sangre, y, por último, los fagocitos de la sangre y de los tejidos, que se encargan de fagocitar a las bacterias y cuerpos nocivos presentes en la ubre.

En condiciones normales, en la leche siempre están presentes de 50000 a 200000 células por mililitro, que corresponden aproximadamente a células descamadas y a leucocitos en partes iguales (Mahieu, 1991).

Cuando la ubre sufre un proceso irritante y/o infeccioso, el organismo responde aumentando el número de leucocitos que llega a la ubre y entran en acción los fagocitos, provocando un aumento del recuento celular principalmente sobre la base de estas dos células.

Fases de la leche

La leche presenta diferentes fases en equilibrio inestable. La composición de las fases de la leche se puede calcular clasificando las partículas de sus constituyentes en función de su tamaño. La leche es en parte una solución acuosa que contiene moléculas, por ejemplo de lactosa e iones disueltos. Esta fase es estable. También incluye soluciones coloidales, inestable por naturaleza, constituida por dos tipos de coloides. Las albúminas y las globulinas son coloides moleculares relativamente estables puesto que son hidrófilos. La micela fosfocálcica es un agregado macrocelular de forma y masa variables que en la leche fresca está cargado negativamente. La repulsión electrostática resultante entre micelas, asegura la estabilidad y evita la agregación.

Es preciso observar que un mismo compuesto puede presentarse en estado coloidal o cristaloidal, dependiendo de la naturaleza del solvente. De la misma forma, las micelas contenidas en la leche pueden desestabilizarse bajo la acción de factores exteriores que neutralicen las cargas negativas o produzcan su degradación y pérdida de su integridad. Así se produce la aglutinación seguida de la separación de un líquido acuoso dispersante: ésta es la floculación o la coagulación de la leche.

Los glóbulos grasos son gotas de grasas rodeadas de una membrana lipoproteica y están en emulsión gracias a la carga negativa de su envoltura, que produce la repulsión electrostática entre ellas. Si la membrana se altera se producirá una desestabilización irreversible. Esta desestabilización puede ser reversible cuando la asociación de glóbulos grasos sea natural, por ejemplo, durante la subida de la nata.

Los microorganismos de la leche, esencialmente bacterias, están en suspensión estable. Su desarrollo eventual puede dar lugar a inestabilidad, la mayoría de las veces por acidificación y, en último término, por proteólisis.

Por último, el volumen de partículas no iónicas o moleculares es tal que permite su separación de los cristaloides por diálisis y ultrafiltración. También se puede, gracias a la baja densidad de los glóbulos grasos y a la mayor densidad de las bacterias, especialmente de las esporas, separar la fase grasa y las esporas por centrifugación, aplicando respectivamente las técnicas de desnatado y de bactofugación.

Síntesis de los componentes de la leche

Los componentes de la leche dependen principalmente de los aportes de la ración, ya sea de forma directa o indirecta, a través de las reservas corporales que el animal acumula en ciertas épocas del ciclo productivo. Interesa que sea la primera vía la fuente de suministro, dejando la movilización de reservas corporales para momentos en los que ésta no puede hacer frente a las necesidades puntuales de producción (inicio de la lactación).

En la actualidad, solamente alrededor del 30 % de la energía y proteína contenida en los alimentos ingeridos, por la vaca lechera, son transformados en sustancias nutritivas de la leche. El resto se pierde en forma de heces (30 %), gases (5 %), orina (3 %) y calor (25 %), pérdidas que además ocasionan problemas de polución.

Esta ineficacia puede paliarse en parte al disminuir las pérdidas mediante una mejora de los procesos digestivos y metabólicos de la vaca. Por ello, y para empezar, no se debe olvidar que la vaca es un rumiante con microorganismos ruminales, a los que hay que incluir en las necesidades de nutrición además de la de los tejidos del animal.

Los nutrientes producidos al final de la digestión y absorbidos a través del epitelio intestinal, determinan la cantidad y composición de leche que puede ser producida en la glándula mamaria. En la tabla 2 se resumen los resultados obtenidos por Thomas y Martín (1988) donde se observa que la **producción de leche** aumenta con la absorción de ácido acético, glucosa, aminoácidos y ácidos grasos de cadena larga. El contenido en grasa de la leche (**tasa de grasa**) aumenta con la absorción de ácido acético, butírico y ácidos grasos de cadena larga, pero disminuye con una mayor producción en el aparato digestivo de ácido propiónico y glucosa. El contenido de proteína en la leche (**tasa de proteína**) se incrementa con un mayor aporte a la glándula mamaria de aminoácidos, ácido propiónico y glucosa y, por el contrario, disminuye con un mayor aporte de ácidos grasos de cadena larga.

Tabla 2. Efectos de la infusión de nutrientes en la producción y composición de leche.

Nutrientes	Lugar de absorción	Respuesta (% del control)			
		Leche (kg/día)	Grasa (%)	Proteína (%)	Lactosa (%)
Acetato	Rumen ^a	+8	+9	-1	+2
Propionato	Rumen ^a	-2	-8	+7	+1
Butirato	Rumen ^a	-5	+14	+2	+2
Glucosa	I. delgado ^b	+6	+10	-1	+1
Aminoácidos	I. delgado ^b	+7	-3	+6	+1
Ac. cadena larga	I. delgado ^c	+2	+13	-	-

^aInfusión intraruminal, ^bInfusión intraabomasal, ^cInfusión intravenosa.

Por ello interesa conocer a fondo los procesos fisiológicos y bioquímicos que regulan la transformación de los alimentos en componentes lácteos, para obtener una leche con unas determinadas características.

Síntesis de proteínas

Las proteínas de la leche tienen dos orígenes: la extracción de proteínas del plasma sanguíneo, que representan entre el 5 y el 10% de las totales, es el caso de las inmunoglobulinas, y los aminoácidos libres de la sangre, cuya cantidad es baja en comparación con las de las proteínas plasmáticas, de ahí la dificultad de evidenciar el origen de las proteínas de la leche. Estos aminoácidos provienen de los absorbidos en el intestino delgado y de las proteínas bacterianas, que proceden a su vez del amoníaco del tubo digestivo. Como consecuencia de este segundo fenómeno, las proteínas de la leche son poco sensibles a las variaciones de la calidad de los alimentos (Mahieu, 1991).

El punto crítico de la síntesis de proteínas reside en la necesidad de aminoácidos esenciales y, como vía anabólica que es, de energía. La falta de un aminoácido esencial paraliza la síntesis, y los aminoácidos restantes se utilizan en otros procesos metabólicos.

Por último cabe señalar que las micelas de caseína, **b**-globulinas, **a**-lactoalbúminas y el resto de proteínas se secretan en el lumen de los alvéolos junto con la lactosa, los iones minerales y el agua.

Síntesis de otros compuestos nitrogenados no proteicos

La urea se forma a partir del amoníaco liberado en el proceso de desaminación de los aminoácidos en el ámbito del rumen y/o del hígado. La urea de la leche llega a la ubre vía sanguínea, y su concentración es la misma en ambos medios.

El resto del nitrógeno no proteico incluye aminoácidos libres entre los que se encuentran principalmente el ácido glutámico y la glicina, así como otros compuestos, residuos de la actividad en la síntesis de la mama, como nucleótidos, bases nitrogenadas y ácido orótico.

El nitrógeno no proteico es pues fundamentalmente de origen alimenticio o metabólico.

Síntesis de lípidos

Los lípidos de la leche son básicamente triglicéridos (del 50 al 60 % del total) producidos por la esterificación del glicerol y ácidos grasos, proceso que tiene lugar vía glicerofosfato.

La síntesis de los ácidos grasos depende de la longitud de sus cadenas (figura1). Así los ácidos grasos de cadena corta, se sintetizan en el retículo endoplasmático de las células secretoras de la glándula mamaria a partir del acetato y del **b**-hidroxibutirato procedentes del rumen. Los ácidos grasos de cadena larga provienen de los triglicéridos del plasma. De estos solo una parte se incorporan a la grasa de la leche sin modificarse, ya que la glándula mamaria posee un sistema de desaturación con una elevada afinidad por el ácido esteárico dándose en la ubre una sustancial conversión de esteárico a oleico. Los ácidos grasos de cadena media proceden de ambos orígenes.

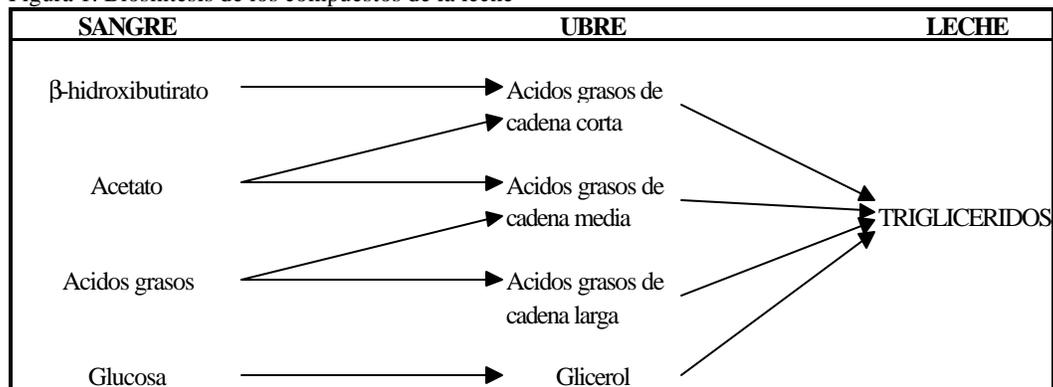
Otra de las vías de síntesis de lípidos es a partir de glucosa, aunque para ello sea necesaria la síntesis de ácidos grasos y glicerol. La glucosa, en la ruta glucolítica, se desdobra a dihidroxiacetona que sirve de precursor del glicerol. El piruvato es descarboxilado a acetil coenzima A y es el precursor de los ácidos grasos.

Los triglicéridos al ser insolubles en agua se combinan con determinadas lipoproteínas (apoproteínas) formando los quilomicrones y las proteínas de baja densidad (VLDL). Estos son transportados por el sistema linfático desde el intestino hasta la vena yugular

donde son liberados al sistema sanguíneo. Desde el hígado, el transporte se realiza exclusivamente en forma de VLDL.

Una vez han llegado los quilomicrones y las VLDL a la ubre, los triglicéridos son hidrolizados y transformados en ácidos grasos, monoglicéridos y glicerol para poder atravesar los capilares. Una vez dentro, los triglicéridos se sintetizan y empaquetan de nuevo en forma de glóbulos de grasa que se desplazan hacia el ápice de la célula, aumentando progresivamente su tamaño durante su salida hacia el lumen.

Figura 1. Biosíntesis de los compuestos de la leche



Fuente: E. Sanz, 1990.

Síntesis de la lactosa

La secreción láctea está estrechamente ligada a la síntesis de la lactosa. La ubre retiene 900 gramos de agua por cada 50 gramos de lactosa sintetizada, de ahí la estrecha relación entre el nivel de producción de lactosa y el nivel de secreción láctea.

La lactosa se sintetiza en el aparato de Golgi de las células del acinus de la glándula mamaria a partir de la glucosa de la sangre, de la cual una parte ha sido previamente transformada, en esta glándula, en galactosa. La glucosa sanguínea proviene: a) de la glucosa absorbida por el intestino delgado, b) del ácido propiónico transformado en glucosa en el hígado, c) del glicerol de la hidrólisis de los triglicéridos, y d) de la desaminación de algunos aminoácidos.

La síntesis depende de la presencia de una enzima, la lactosa sintetasa, que permite el paso de la galactosa más la glucosa a lactosa. Una vez formada, incrementa la presión osmótica en el interior del aparato de Golgi, que se contrarresta con la entrada de agua y de iones sodio, potasio y cloro, consiguiéndose de esta forma una concentración isotónica entre la leche y el plasma sanguíneo.

El fluido obtenido en este proceso es expulsado al lumen de los alvéolos y de aquí con el resto de los componentes a la cisterna, donde se almacena hasta su eyección.

Síntesis de vitaminas

De las vitaminas presentes en la leche, las liposolubles están directamente relacionadas con la ración ingerida, radiaciones solares, etc., excepto la vitamina K, que al igual que las hidrosolubles, son sintetizadas por la flora ruminal o en el intestino delgado.

Factores que influyen en la producción y composición de la leche

Los factores que influyen en la producción y composición de la leche son el factor genético, la estación y el clima, los factores fisiológicos del individuo, la alimentación, el alojamiento de los animales, el estado sanitario, y el ordeño.

Factor genético

La selección genética ha permitido acrecentar la **producción de leche**, su concentración en materias grasas (**tasa de grasa**), y muy poco la **tasa de proteína**, aunque se trata de un carácter con elevada heredabilidad (Rémond, 1985).

El ganadero puede influir a este nivel a través del programa de selección y mejora genética, eligiendo aquellos sementales con características de interés a mejorar en la explotación. El nivel genético de producción representa el techo máximo que el animal puede conseguir, siempre que se le dote de las condiciones adecuadas para conseguirlo.

Según estudios científicos del INRA (1988), la leche de las vacas de raza frisona americana, en comparación a las frisonas europeas, es dos puntos inferior respecto a la **tasa de proteína**, y cuatro puntos inferior a la **tasa de grasa**. El resto de componentes, vitaminas y minerales, al encontrarse unidos con caseína, glóbulos grasos o en solución en el agua, su riqueza depende de la presencia de estos elementos. Por ello, si se desea que la leche no se empobrezca hace falta considerar en la selección las cantidades de materia grasa y proteína.

Estación y clima

La influencia de la estación se debe a los efectos combinados de la alimentación, los factores climáticos y el estado de lactación de las vacas (DePeters y Cant, 1992). Este efecto global se traduce en una importante variación de la composición de leche, en particular de las concentraciones de grasa y de proteína, y en el recuento de células somáticas.

La acción de la temperatura es muy difícil de aislar. Los animales expuestos a un fuerte calor presentan una disminución del peso corporal, de la **producción de leche** y de las producciones de grasa y de proteína. Dentro de la materia grasa, cambia la proporción de ácidos grasos, produciéndose una disminución de los ácidos grasos de cadena corta, mientras que las proporciones de ácido palmítico y esteárico aumentan. Respecto a la materia proteica, expresada como **tasa de proteína**, existe un incremento del nitrógeno no proteico, aunque esto no impide una disminución del nitrógeno total. El calcio disminuye su concentración al comienzo de la lactación, y el potasio disminuye durante toda la lactación. Estos cambios son consecuencia de la disminución de la ingestión y del aumento de la evaporación pulmonar, acompañado de una débil secreción de tiroxina durante estos periodos. La importancia de este efecto sobre la producción es tal que para amortiguarlo, en los últimos años, se han instalado sistemas de ventilación y nebulización en las estabulaciones.

Franke *et al.*, (1988) apuntan como posibles causas de los descensos de la tasa y de la producción de proteína en California, a las altas temperaturas estivales y a la poca disponibilidad de pastos frescos y nutritivos. Idénticos resultados se observaron en Asturias, con una disminución de la materia proteica en un verano extremadamente seco (Balch y Argamenteria, 1992).

La exposición de las vacas a temperaturas inferiores a -4 °C tiene un efecto depresivo sobre la lactación, por: a) una mayor necesidad de energía de mantenimiento por el

aumento de la producción de calor, b) la reducción de nutrientes que llegan a la glándula mamaria, c) efecto directo del frío sobre la síntesis y secreción de leche.

Como último efecto estacional, la duración del día influye sobre el control fotoperiódico de las actividades sexuales e hipofisarias. La secreción de leche está bajo el control de la hipófisis, por lo que se puede pensar que la duración del día puede influir sobre la composición de la leche por medio del eje hipotálamo-hipófisis. En condiciones diversas de alimentación y de clima, la evolución estacional se repite, siendo únicamente la duración del día el criterio del medio cuya evolución también se repite; las concentraciones mínimas de grasas y de compuestos nitrogenados se daban siempre en la misma fecha, es decir, en el solsticio de verano, cuando la duración del día dejaba de crecer, y comenzaba a disminuir, (Mahieu 1991).

Factores fisiológicos del individuo

Los factores individuales se pueden agrupar en: a) *tamaño de la vaca*, los animales que presentan un mayor contorno pectoral y capacidad abdominal presentan mayores producciones de leche, en comparación a las vacas con características opuestas. La altura de cruz está asociada positivamente con la producción en primera lactación, pero no es significativo en posteriores lactaciones. Sobre todas las lactaciones, sin embargo, las vacas más altas tienden a producir más leche que las de estatura menor (Sieber *et al.*, 1988), b) *nivel de producción*, por cada 10 litros de aumento de la **producción de leche**, se produce una bajada de aproximadamente 2 g/l en materias grasas y proteicas (INRA, 1990), c) *edad y número de lactación*, las variaciones a este nivel, se atribuyen a la degradación del estado sanitario de la mama, según María y Migueltoarena (1996), las vacas incrementan el recuento de células somáticas con el número de parto (número de lactación), así las novillas de primer parto presentan recuentos inferiores a 200000 células por ml, mientras que las vacas con más de cinco partos superan las 400000 células. La influencia del número de lactaciones sobre la **tasa de grasa** es pequeña, no obstante disminuye con el envejecimiento del animal. Esta observación es extensible a la **tasa de proteína**. Se constata que la proporción de caseína disminuye progresivamente con la edad, en tanto que el nitrógeno no proteico varía poco. El pico en el contenido de proteína (**tasa de proteína**) se alcanza a los tres años de edad y desciende gradualmente a medida que avanza ésta, (DePeters y Cant, 1992); d) *fase de la lactación*, Mahieu (1991), hace referencia a los resultados obtenidos por Whaite *et al.* (1956), donde se estudia la evolución de los principales constituyentes de la leche en función del estado de la lactación. A modo de resumen destaca, que la producción de proteína alcanza un máximo muy pronto, de ahí la importancia de cubrir las necesidades nutritivas al comienzo de la lactación, y que la concentración de caseínas aumenta a lo largo de la lactación, siempre que no exista ningún tipo de lesión de la mama. También destaca que la concentración de nitrógeno no proteico (incluida en la **tasa de proteína**) disminuye, y que la **producción de grasa** alcanza su máximo más tarde que la de proteína, máximo que se mantiene durante 3 ó 4 semanas. En cuanto al calcio y al fósforo, ambos presentan un ligero mínimo hacia la mitad de la lactación.

Hacia el final de la lactación, la leche presenta características idénticas a la secretada por animales viejos.

Los efectos de la fase de la lactación sobre la composición de la leche tienen mayor peso en aquellas explotaciones donde los partos se concentran en una época del año, en contraposición con las que presentan partos a lo largo de éste, donde la composición de la leche, en su conjunto, no expresa tanta variación.

Alimentación

Las dietas que reciben las vacas están compuestas por una combinación variable de forrajes y alimentos *no forrajeros* (granos y derivados, subproductos agroindustriales, y mezclas de los mismos). Lo ideal para una vaca lechera sería que toda su ración la constituyese una mezcla de forrajes, sin embargo, en raciones para animales de alta producción, los forrajes, por sí solos, no son capaces de aportar todos los nutrientes necesarios para alcanzar los potenciales de producción. Nocek y Tamminga (1991) apuntan que el incremento de energía ingerida parece ser el principal factor para aumentar la producción.

Para alimentar correctamente a vacas lecheras, se debe estimular el buen funcionamiento de la microflora y microfauna ruminal, siendo necesario para ello mantener un equilibrio entre los aportes de hidratos de carbono fermentescibles y de proteínas degradables. Así se favorece al máximo tanto la producción como la calidad de leche y la salud del animal. Según Ferguson (1991), las principales enfermedades que aparecen en los rebaños lecheros, están relacionadas con factores nutricionales. No obstante, observó que estas enfermedades no desaparecen del todo cuando se corrigen los desequilibrios nutricionales, ya que están asociadas más a menudo con un mal manejo que con una mala alimentación, y afirma, que los componentes nutricionales pueden predisponer pero no son suficientes para causar enfermedades por sí mismos.

Entre los factores ligados a la dieta con potencial para modificar el contenido y composición de la leche están el *nivel energético de la ración y relación forraje y alimento no forrajero*, *el nivel proteico de la ración*, *los niveles minerales de la ración*, *el nivel vitamínico de la ración*, *el suministro de agua*, *la forma de distribución y el tamaño de los alimentos*, y *los alimentos de la ración*.

Nivel energético de la ración y relación forrajes y alimentos no forrajeros

La fibra es un principio nutritivo que trata de caracterizar, principalmente, los hidratos de carbono estructurales de los alimentos forrajeros. La ración debe tener un nivel y calidad de fibra suficiente para favorecer la salivación y la rumia, y prevenir la aparición de ciertas patologías (acidosis, desplazamiento de cuajar, etc.). Más del 85 % de las paredes celulares son digeridas en el rumen y este porcentaje depende, según Michalet-Doreau *et al.*, (1997), de la habilidad, actividad y duración del ataque de los microorganismos sobre la fibra. La variación del crecimiento microbiano puede provocar una variación del 44 % en la producción (Nocek y Russell 1988).

La densidad energética y la fibrosidad de la ración son conceptos que están negativamente relacionados, y que tienen una marcada influencia en la cantidad de materia seca ingerida por el animal al cabo del día. Garnsworthy y Huggett (1992) observaron que la ingestión se regulaba principalmente por mecanismos fisiológicos o por la capacidad ruminal para dietas con elevada concentración energética o para dietas con baja concentración energética.

La relación Forraje: Alimento *no forrajero* (F:C) suele oscilar alrededor de 50:50, aunque en la mayoría de las raciones los alimentos *no forrajeros* no suelen alcanzar más del 40 % del total de la ración, en MS. Las dietas ricas en alimentos *no forrajeros* reducen la ingestión de materia seca forrajera, producen una reducción en la proporción de acetato, que es el precursor de la grasa en la leche, y un incremento en la del propionato en el rumen. Esto penaliza la síntesis de grasa en la ubre, ya que el propionato aumenta la concentración de glucosa en sangre, activando el metabolismo de la lipogénesis, que utiliza como principal substrato al acético, y que disminuye, aun

más, la cantidad de acetato que llega a la glándula mamaria. Por ello resulta interesante aportar estos alimentos *no forrajeros* asociados con una cierta cantidad de fibra digestible que amortigüe este efecto. Petit y Tremblay (1995) observaron que la materia seca ingerida era similar en aquellas raciones en que parte del alimento *no forrajero* se suministraba en forma de pulpa de remolacha. También hace referencia a los resultados obtenidos por Chamberlain *et al.*, (1989) que al suplementar con pulpa de remolacha raciones basadas en ensilados de maíz, la ingestión se mantiene al mismo nivel, o aumenta si la suplementación no es muy alta.

De la revisión realizada por DePeters y Cant, (1992) se extraen las siguientes conclusiones. Que existe una correlación positiva entre la cantidad y la concentración de energía metabolizable con la **producción de proteína** y la **tasa de proteína**; que el incremento de energía ingerida, producido por el decremento de la relación F:C, aumenta la **producción de leche**, la **tasa de proteína** y la de lactosa, y disminuye la **tasa de grasa**; que la relación forrajes:alimentos *no forrajeros*, por si sola, tiene efectos menores sobre la cantidad y la composición de la proteína de la leche.

De todos los componentes de la leche, la proteína es la que más energía necesita para su síntesis.

Otro aspecto importante a tener en cuenta es la forma en que se suplementa la energía. Suplementar con carbohidratos o con grasa puede influir, por ejemplo, en la proteína de la leche (Mohamed *et al.* 1988, DePeters y Cant 1992). Los hidratos de carbono aportan entre el 60 y el 70 % de la energía neta necesaria para la producción de leche, siendo los principales precursores de tres importantes fracciones como son la lactosa, la grasa y la proteína. NRC (1989) sugiere que los hidratos de carbono de la ración deben oscilar entre el 30 y el 40 % de la materia seca ingerida. Para porcentajes menores se observa una reducción de la actividad microbiana en el rumen por falta de sustrato energético y, en consecuencia, una menor síntesis de proteína microbiana. Para porcentajes superiores, se observa un descenso del pH ruminal y la consiguiente acidosis que, a su vez, provoca la disminución de la capacidad de ingestión. Ashes *et al.*, (1997) observaron una disminución de la **tasa de grasa** si el almidón fermentescible superaba el 50 % de la materia seca ingerida.

Existen dos factores importantes ligados al almidón, la rapidez de digestión y el lugar de digestión. Sobre el primer aspecto, Sauvart (1997) observó que la composición de la leche está influida por la rapidez de digestión, pero no así la producción. Respecto al lugar de digestión, existen evidencias para sugerir que la digestión posruminal es más eficiente para la síntesis de leche que la del rumen (Nocek y Tamminga, 1991).

La otra vía para suplementar energía es a través de la incorporación de grasa o aceites en la ración. Estas materias se puedan utilizar para incrementar la densidad energética de la dieta sin aumentar en exceso los carbohidratos, ni disminuir la fibra por debajo de su valor óptimo. Esta incorporación afecta a la fermentación y sus consecuencias en el rumen. Los microorganismos no toleran bien las grasas, sobretudo las insaturadas, y en consecuencia, disminuyen la digestibilidad de la fibra de la dieta y el pH ruminal, alterando la proporción de ácidos grasos volátiles en el rumen. Garnsworthy y Huggett (1992) afirman que el incremento de la incorporación de grasa en la ración, puede tener efectos adversos en la degradación de otros componentes de la dieta en el rumen. Por otra parte, existe una depresión energética a consecuencia de la saturación de los ácidos grasos insaturados, presentes en ciertas grasas, ejercida por los microorganismos. A su vez, las grasas inertes en el rumen tienen un efecto prácticamente nulo, ya que su estructura les protege de la degradación ruminal. Se recomienda su utilización en raciones con baja relación F:C, para evitar la acidosis metabólica. Estas grasas pasan directamente al intestino delgado donde son digeridas y absorbidas.

NRC (1989) e INRA (1988) recomiendan un porcentaje máximo de grasa no protegida (alimentos más sebos) del 3 % de la materia seca ingerida; mientras que en grasas inertes o no degradables en el rumen, este porcentaje puede alcanzar el 7 % de dicha materia.

Numerosas investigaciones han probado que el incremento de grasa en la ración disminuye la **tasa de proteína** de la leche, (Emery 1978; Garnsworthy y Huggett 1992; DePeters y Cant 1992; Ashes *et al.* 1997; Coppock y Wilks 1991; Ferguson *et al.*, 1989; Wu y Huber 1994; Maiga y Schingoethe 1997; Mohamed *et al.*, 1988). En cambio Chan *et al.* (1997) no observaron que la **tasa de proteína** disminuyese al suplementar raciones con grasa.

En cuanto a la influencia sobre la **tasa de grasa**, Maiga y Schingoethe (1997) observaron incrementos y descensos, asociados al resto de los componentes de la ración, y muy especialmente al porcentaje de grasa libre en materia seca ingerida, a los carbohidratos fermentescibles, y a la eficiencia en la síntesis proteica por parte de los microorganismos. Por otro lado la adición de grasas da lugar a una disminución de la producción de ácidos grasos de cadena corta en la ubre, como consecuencia de la reducción en el suministro de ácidos acético y **b**-hidroxibutírico. Los ácidos grasos de cadena larga se incorporan en mayor medida desde la sangre, aunque la eficiencia con que se transfieren varía con la longitud de la cadena y su grado de saturación.

La **producción de leche** se ve favorecida en general por la adición de grasa. El incremento de la producción permite compensar las caídas de la **tasa de proteína** y de la **tasa de grasa**, obteniéndose un incremento de producción total en estos componentes.

Es importante recordar que algunas grasas no tienen buena palatabilidad, aspecto que puede afectar negativamente a la capacidad de ingestión si no se le presta la adecuada atención.

Nivel proteico de la ración

Existe una clara relación entre el nivel creciente de proteína en la ración y la **producción de leche**, existiendo una disparidad de criterios que van desde el 14 hasta el 18 % de proteína bruta. No ocurre lo mismo con la **tasa de grasa** y con la **tasa de proteína**. La **tasa de grasa**, en general, no se incrementa con el nivel proteico de la ración, y en ocasiones disminuye por efecto del incremento de la **producción de leche**. Respecto a la **tasa de proteína**, durante mucho tiempo se han asociado sus incrementos con las materias nitrogenadas de la ración. En realidad lo que se incrementa es la **producción de proteína** gracias al incremento de la **producción de leche**. Sin embargo, DePeters y Cant (1992) y Grings *et al.* (1991) han relacionado positivamente el porcentaje de proteína bruta de la ración con la tasa y la producción de proteína.

Una determinada proporción de la proteína bruta de la ración debe ser degradada en el rumen para la síntesis de proteína microbiana, y el resto debe pasar al intestino en forma de proteína no degradada. La cantidad y la calidad de la proteína de la dieta pueden influir en la **tasa de grasa** (Ashes *et al.*, 1997) y en la **tasa de proteína** de la leche, siempre y cuando la ración esté equilibrada en energía y proteína (DePeters y Cant, 1992).

Según INRA (1988) y NRC (1989), el 60-65 % de la proteína bruta de la dieta ha de ser proteínagradable en rumen, y el 35-40 % restante ha de ser proteína no degradable en rumen. Cuando se incrementa el porcentaje de proteínagradable en rumen por encima de estos niveles, la producción de amonio supera los límites tolerados por el animal y éste se ve obligado a excretarlo al exterior en forma de urea, proceso que penaliza por

un lado a la vaca, que debe aportar parte de energía al proceso, y por otro a la leche ya que aumenta el contenido de nitrógeno no proteico. Webster (1993) utiliza la proporción de nitrógeno en forma de amoníaco, en el rumen, como un indicador de la calidad de fermentación. Según éste, más de un 15 % de amoníaco es indicio de bajo nivel de fermentaciones y recomienda que este porcentaje oscile entre el 5 y el 10 %.

Si se aumenta la concentración de proteína no degradable en rumen la **producción de leche** aumenta, mientras que la **tasa de proteína** y la **tasa de grasa** varían en función de la fuente de suplementación. Esto es así ya que se altera el funcionamiento de los microorganismos ruminales y la producción de ácidos grasos volátiles.

La proteína y la energía de la ración parecen ser la clave para incrementar la producción y la composición de la leche. Nocek y Russell (1988) afirman que puede afectarlas profundamente, sobre todo en el inicio de la lactación, si el animal no tiene suficientes reservas corporales. Ashes *et al.* (1997) apuntan como vía, suplementar proteína y energía en igual cantidad y calidad, mientras que Maiga y Schingoethe (1997) concluyen que los incrementos en proteína no degradable deben hacerse dentro de raciones equilibradas respecto de la energía, ya que la **tasa de proteína** descendió cuando se incrementó de forma exagerada la proteína no degradable.

Así mismo, es necesario tener en cuenta que para mantener un buen nivel de producción, se deben cubrir las necesidades en aminoácidos. Los dos aminoácidos limitantes dentro de la síntesis de leche son la lisina y la metionina. Según INRA (1993) las necesidades óptimas son del 7.3 % sobre PDIE para lisina digestible en el intestino, y del 2.5 % sobre PDIE en el caso de la metionina. Las proteínas de origen microbiano son relativamente deficitarias en metionina, motivo por el que conviene utilizar ingredientes ricos en este aminoácido para evitar carencias. A este respecto Wu *et al.* (1997) observaron que en dietas basadas en ensilado de maíz, la metionina y la lisina eran limitantes de la producción si la fuente proteica era harina de soja, mientras que lo era la lisina cuando la fuente proteica era glutenmeal o bagazo de cerveza. Para paliar esta última carencia Chan *et al.* (1997) recomiendan suplementar con harinas de pescado y sangre, y recogen los resultados de estudios donde queda demostrado el efecto de la lisina sobre la **producción de leche** y la calidad de la proteína.

Otra forma de paliar las carencias en aminoácidos es mediante la utilización de metionina y lisina protegidas frente a la fermentación en el rumen. La utilización está justificada en el ahorro económico, ya que permite, por un lado, reducir el porcentaje de proteína bruta de la ración, y por otro, utilizar forrajes con déficit en aminoácidos. Su utilización influye positivamente en la **producción de proteína** y en la **tasa de proteína** (Rogers *et al.*, 1989, 1989; Rulquin y Delaby, 1997; Polan *et al.*, 1991; Donkin *et al.*, 1989; Piepenbrink *et al.*, 1996). No obstante, en algunos de estos artículos se apunta la existencia de otros aminoácidos, además de la metionina y la lisina, que condicionan la producción y composición de la leche, ya que la respuesta observada no es lo suficientemente significativa para detectar diferencias. No hay que olvidar que la prolina tiene un efecto favorable, a través de la arginina, sobre la síntesis de somatotropina y, en definitiva, sobre la **producción de leche**. También se ha observado que la adición de aminoácidos protegidos penaliza en mayor o menor grado al recuento de células somáticas (Rogers *et al.* 1987, Polan *et al.* 1991).

Niveles minerales de la ración

La alimentación mineral es muy importante para la vaca en periodos de lactación, a fin de permitir la reconstrucción de las reservas minerales de los huesos. Según INRA

(1988) y NRC (1989) los aportes de fósforo deben estar entre el 0.45 y el 0.55 % de la materia seca, mientras que los de calcio suelen rondar el doble del anterior.

La naturaleza del régimen alimenticio y el aporte mineral en particular, no tienen ninguna influencia en la concentración de calcio, fósforo y magnesio de la leche, ya que ni la insuficiencia, ni el exceso de alguno de estos elementos en la ración, modifican su concentración en la leche. Si el aporte de los alimentos en calcio y en fósforo es insuficiente, el animal recurre a sus reservas óseas. La composición de minerales de la leche no se verá afectada, pero sí lo estará la cantidad secretada por unidad de tiempo (Mahieu, 1991).

Del conjunto de los macrominerales existen seis que, por su concentración o por la carga electroquímica que les confiere el estar en los líquidos corporales, pueden influir en el racionamiento y en la producción. Los minerales en cuestión son: calcio, sodio, potasio, cloro, azufre y fósforo, y son los responsables de mantener un balance neutro de cargas en el organismo. Los componentes de la ración, el nivel de producción, el estado fisiológico y el calor pueden alterar este balance y el estado óptimo del animal, de forma que disminuya el consumo de materia seca y la producción. En vacas con alto nivel de producción, se produce una elevada excreción de cationes en la leche, lo que genera un balance negativo en la sangre, que para compensarlo debe aumentar la concentración de iones hidrogeno, lo que origina una leve acidosis metabólica. Si además la vaca está sometida a estrés térmico, la situación se agrava por las pérdidas de cationes a través del sudor y de la orina. Para evitar estas situaciones se deben adaptar los aportes de macrominerales a las necesidades del animal, e incluso suministrar sales si fuese necesario. Garnsworthy y Huggett (1992) hacen referencia a estudios en que cuando se añaden sales de calcio de ácidos grasos de cadena larga con raciones basadas en forrajes, se reduce la **tasa de proteína** de la leche; y Boisclair *et al.*, (1986) apuntan a que el suministro de bicarbonato sódico no presenta ninguna ventaja sobre la producción, si el racionamiento es correcto (en raciones de ensilado de maíz y heno), aunque en una de las pruebas se observó un incremento de la **tasa de grasa**.

La alimentación mineral también es relevante en las vacas secas, debido a su estrecha relación con la hipocalcemia posparto y la fiebre vitularia. Para evitar estas patologías durante la lactación se deben limitar los niveles de calcio, sodio y potasio, aunque no sea fácil realizarlo en la práctica.

Ferguson (1991) estudió los factores de riesgo que predisponen la aparición de problemas sanitarios. Entre los factores de riesgo están el descenso y el incremento de minerales, que se citan en todos los trastornos de la reproducción, en problemas de extremidades, en mastitis, en la fiebre de la leche y en la retención de membranas fetales. Estas patologías influyen directa o indirectamente en la producción y composición de la leche.

Nivel vitamínico de la ración

INRA (1988) y NRC (1989) recomiendan 100.000 UI/día de vitamina A, 30.000 UI/día de vitamina B y 700 UI/día de vitamina E.

El elevado contenido de vitaminas hidrosolubles de la leche, y el incremento de la producción de leche, durante los últimos 30 años, han provocado situaciones carenciales y reducciones de los rendimientos. Los alimentos son muy variables en su contenido en vitaminas liposolubles y, dado que las vitaminas son muy lábiles y fáciles de degradar, es conveniente aportarlas con un cierto margen de seguridad.

Cuando se producen estados carenciales, sobre todo en vitaminas A y E, aparecen problemas sanitarios y patológicos. Ferguson (1991) observó que estos descensos

predisponen la aparición de mastitis, retención de membranas fetales y ovarios císticos. Estas patologías, sobretodo la mastitis, influyen en la producción y composición de la leche.

Suministro de agua

El agua es, tal vez, el ingrediente más importante en la alimentación y en la salud del animal. Las vacas, en especial las de alta producción, tienen una elevada necesidad, ya que cerca del 88 % de la leche y entre el 55 y el 60 % del peso vivo es agua.

La necesidad de agua del animal se satisface, por orden de importancia, a través de: el agua de bebida, el agua contenida en la ración, y del agua resultante del metabolismo oxidativo de los tejidos corporales.

Cuando la vaca no dispone de suficiente cantidad de agua, disminuye su capacidad de ingestión y en consecuencia, la **producción de leche**. Según NRC (1989) e INRA (1988), las necesidades totales diarias son cuatro veces la materia seca total ingerida.

Pero no basta con suministrar agua, ésta debe estar limpia, sin contaminaciones fecales, sin parásitos, sin agentes patógenos y a poder ser se debe suministrar en lugares sombreados que permitan mantener su temperatura en torno a los 15 °C. Si se cumplen estos requisitos y los puntos de suministro están bien repartidos, para evitar el estrés por esperas y peleas, las vacas se autorregularán perfectamente.

Forma de distribución y tamaño de los alimentos

El sistema de distribución de alimentos y el comedero deben adaptarse a las necesidades de la explotación, con un acceso cómodo y fácil a la ración, para conseguir la máxima ingestión.

En la actualidad, se imponen aquellos sistemas que proporcionan a la vaca la mayor disponibilidad de tiempo para aprovisionarse de la totalidad de alimentos que necesita. Los sistemas más empleados son las *raciones semicompletas*, realizándose dos suministros diarios de una mezcla de forrajes y subproductos, suministrando aparte los alimentos *no forrajeros*, los cuales se pueden distribuir individualmente en el comedero, con sistema de distribución automático o en la sala de ordeño, aunque este último sistema presenta más inconvenientes que ventajas. El otro sistema es el de *raciones completas o integrales*, caracterizado por la realización de una mezcla de todos los componentes de la ración, con el fin de reducir la capacidad de selección del animal. La preparación de estas raciones se realiza mediante carros mezcladores que pican los forrajes, para facilitar la mezcla con los alimentos *no forrajeros*. Este picado disminuye la calidad de la fibra, la salivación y la rumia, situación que se puede ver agravada cuando los subproductos presentan bajos porcentajes de fibra, o el procesado que han recibido disminuye el tamaño de las partículas. Nocek y Tamminga (1991) observaron que el tamaño de partícula influye en el proceso de digestión y en la producción. A modo de aclaración, aportan la idea de que inicialmente, las partículas del alimento son menos densas que el agua. La hidratación de estas partículas, que se ve favorecida por la masticación, salivación y digestión, aumenta su densidad, van al fondo del rumen desde donde pasan al intestino con mayor facilidad. En consecuencia, si la fibra de la ración está muy picada, se hidratará rápidamente y aumentará el nivel de pasaje, tanto de ella como de los alimentos *no forrajeros* que la acompañan. Esta situación influye en el grado y lugar del tracto digestivo donde se degradan las partículas, y por tanto en los nutrientes obtenidos a partir de ellos y en su absorción.

Alimentos de la ración

Como ya se ha dicho en varias ocasiones, los elementos de la ración se pueden dividir en forrajes y alimentos *no forrajeros*. En recientes estudios (Armentano y Pereira, 1997; Mertens, 1997), se afirma que la fibra neutro detergente (NDF) proporciona una descripción útil de los forrajes y de otros alimentos pero, como única medida de la fibra, presenta problemas en raciones con forrajes picados y subproductos con alto contenido en fibra. Grant (1997) apunta a la necesidad de unir al análisis químico de NDF la capacidad de estimular la actividad masticatoria, capacidad que Balch (1971) ya recomendaba utilizar como un índice de valoración de los forrajes y de otros alimentos fibrosos.

La composición de la leche varía con los alimentos, ya que ejercen una acción específica debido a su composición, estructura, etc.

Ensilados: Los ensilados utilizados en la alimentación de vacuno lechero son los de maíz, de alfalfa y de hierba. De todos ellos, el más utilizado es el de maíz, ya que el de hierba y el de alfalfa son deficitarios en proteína no degradable en el rumen, cuya suplementación encarece el coste de la ración. En algunos casos se realiza una mezcla de ensilados en proporciones que dependen, en la mayoría de los casos, de la disponibilidad de las materias primas. En raciones en las que el ensilado de alfalfa supere el 60 % de la materia seca, se produce una penalización al animal, por la excesiva producción de amoníaco, a causa de la elevada concentración de proteína degradable en el rumen que contiene este ensilado (Wattiaux *et al.* 1994). Delaby *et al.* (1997) estudiaron el efecto del tipo de forraje, en concreto ensilado de maíz frente a ensilado de hierba, sobre la producción y composición de la leche en el inicio de la lactación. No observaron diferencias en la **producción de leche**, la **tasa de proteína** fue mejor para el ensilado de maíz y la **tasa de grasa** para el de hierba, mientras que el balance energético fue positivo para el ensilado de maíz y negativo para el de hierba. Los resultados pueden ser muy dispares debido a la calidad y conservación del ensilado. Un aspecto importante en el ensilado de maíz, es el porcentaje y el tipo de grano. La proporción de grano varía con la variedad, las condiciones de cultivo y la época de recolección. Cuando se deba complementar con otros granos o derivados un ensilado de maíz, con alta proporción de grano, se debe hacer con precaución ya que el ensilado de maíz aporta glúcidos fermentescibles, y en conjunto puede provocar un descenso de la **tasa de grasa** y un ascenso de la **tasa de proteína**. Dhiman y Satter (1997) observaron que un ensilado de maíz con un porcentaje de grano entre el 40 y el 50 %, es una buena fuente de energía fermentable y aumenta la proteína microbiana que pasa al intestino; mientras que Vagnoni y Broderick (1997) con raciones basadas en ensilado de maíz y suplementadas con harina de maíz de alta humedad incrementaron la proteína de la leche.

Henos: Son principalmente de leguminosas y de hierba, siendo el más utilizado el de alfalfa. A diferencia de los ensilados, los henos se obtienen a partir de planta en estados vegetativos más adelantados. Esto provoca un aumento en el porcentaje de materia seca y un descenso en el valor nutritivo, agravado por el proceso solar de secado. Sin embargo un heno bien recolectado y conservado, tiene buena palatabilidad y aporta una excelente fuente de fibra a la ración para evitar alteraciones en la degradación en el rumen. Al igual que los ensilados, la proteína del heno de alfalfa es fácilmente degradada en el rumen. Webster (1993) lo recomienda en raciones para terneras en crecimiento y con partos en edades tempranas, y en vacas con una baja **tasa de grasa** en la leche. Para evitar los efectos negativos de las radiaciones solares durante el secado,

existen procesos industriales, que mediante calor controlado, obtienen heno de alfalfa deshidratado. La proteína de este producto, al contrario que la del natural, escapa en un alto porcentaje de la degradación ruminal, por lo que existe un elevado interés en su incorporación en las raciones para vacas de leche, ya que permiten incrementar el nivel proteico sin necesidad de recurrir a otras fuentes que encarecen la ración, y sin afectar a la **producción de leche** (Sanz, 1990). Su utilización está sujeta a unas limitaciones ya que, por un lado, el procesado que se realiza a la alfalfa puede reducir de forma alarmante la calidad de la fibra, disminuir la calidad nutritiva a causa de la pérdida de hojas, y predisponer al animal a sufrir trastornos digestivos. Por otro lado, al contener proteína muy poco degradable en rumen, las bacterias no disponen de la fuente de amoníaco que necesitan para favorecer su crecimiento. Estas limitaciones hacen que el la alfalfa deshidratada se considere como un suplemento proteico de la ración base, en sustitución parcial del alimento *no forrajero* por cuestión económica.

Cereales: Son alimentos eminentemente energéticos y mediocres o pobres en proteína. Una de las cualidades que condiciona su utilización en las raciones para vacas lecheras, es la rapidez con que fermenta el almidón en el rumen. Los granos de maíz aportan un almidón que es fermentado lentamente y que favorece el crecimiento microbiano, en comparación a los granos de cebada y trigo.

Subproductos proteicos: Se utilizan como fuentes proteicas los turtós de oleaginosas (turtó de soja, de coco), el glutenmeal y los alimentos de origen animal (harina de carne y huesos, de pescado y de sangre). Los primeros son los residuos obtenidos a partir de semillas y frutos de plantas oleaginosas, una vez extraído el aceite. Son alimentos con un elevado contenido en proteína. Los alimentos de origen animal se obtienen a partir de cadáveres de las explotaciones ganaderas y de los restos de los mataderos, y son poco apetecibles para el animal. Ambos subproductos presentan una gran variabilidad ligada a las materias primas y al procesado al que se las somete. En general se recomienda utilizar los alimentos de origen animal durante las primeras etapas de la lactación, por aportar una gran cantidad de proteína de elevada digestibilidad, poco degradable en rumen y en el caso de la harina de sangre muy rica en lisina. Existen numerosos estudios donde se suplementa una misma ración base con ambas fuentes proteicas a fin de comparar los resultados. Polan *et al.* (1997) obtuvieron mayores respuestas en la **producción de leche** con harina de pescado que con harina de soja, ya que esta última no es tan rica en metionina y lisina. En la misma línea se expresó Bernard (1997), al comparar la harina de carne y huesos con la de soja, afirmando que el incremento de **producción de leche** está ligado presumiblemente al aporte de aminoácidos posruminales, y estos son superiores en la harina de carne y hueso. Sin embargo para raciones basadas en ensilado de alfalfa, Wattiaux *et al.* (1994), observaron que al suplementar con harina de soja, se aumentaba la materia seca ingerida, la **producción de leche** y la **producción de proteína**, pero disminuía la **tasa de grasa** de la leche en comparación con la harina de carne y huesos. Como suele ocurrir en todas las cosas la solución suele estar en un punto intermedio, así Wohlt *et al.* (1991) observaron un pico más tardío y elevado en la **producción de leche** en vacas suplementadas con harina de soja y pescado, mientras que la **tasa de proteína** no varió y sí disminuyó la **tasa de grasa**, aunque la **producción de grasa** no se vió afectada gracias al incremento de **producción de leche**. Maiga y Schingoethe (1997) sugieren que para conseguir una proteína no degradable en rumen de alta calidad se debe mezclar proteína animal con proteína vegetal.

Otros subproductos. Dentro de este apartado se recogen aquellos subproductos que presentan cualidades especiales o una mezcla de ellas. La pulpa de remolacha y los granos de algodón son buenos ejemplos de ello. La pulpa de remolacha es una fuente

excelente energía y de gran palatabilidad, ligada a una fibra de alta digestibilidad. Su fermentación ruminal es muy lenta y favorece el crecimiento microbiano. Tiene un contenido en proteína bruta similar al de los cereales, pero su fibra evita la caída de la ingestión de materia seca, por lo que se utiliza como fuente para incrementar energía y proteína de la ración sin penalizar la ingestión. Los granos de algodón también tienen un contenido bastante elevado en proteína y energía ligadas a una buena fibra alimentaria, siempre y cuando mantengan su envoltura de celulosa. La proteína es degradada rápidamente en el rumen, resultando interesante realizar un tratamiento térmico para disminuir esta degradabilidad y destruir las sustancias tóxicas (gossipol) que limitan su incorporación en la ración. Estos subproductos potencian el incremento de, la **producción de leche**, la **producción de grasa** y la **producción de proteína**, aunque no suelen aumentar su concentración, aunque Mohamed *et al.* (1988) observaron un incremento en la **tasa de proteína** y en la **tasa de grasa** respecto a la ración control, al suministrar granos de algodón. El problema de estos subproductos es la alta variabilidad de su valor nutritivo entre diferentes partidas y la facilidad para enmohecerse.

Alojamiento de los animales

El tipo y la higiene de la estabulación son los puntos críticos que predisponen la aparición de patologías, que provocaran la alteración de la composición de la leche.

La falta de superficie y la calidad de la cama en estabulaciones libres o un número insuficiente de cubículos, pueden provocar, que las zonas de descanso se contaminen pronto y se incremente la incidencia de enfermedades infecto-contagiosas (mastitis), que las vacas en estabulación libre circulen unas por encima de las otras, lo que aumenta la incidencia de lesiones, por pisoteo, a nivel de la glándula mamaria, que se reduzca el tiempo de permanencia de los animales tumbados, provocando un incremento de las cojeras, o que los animales se tumben en zonas que no han sido diseñadas para ello, como los patios y pasillos, ensuciándose en general y facilitando el contacto de los pezones con la humedad y los microorganismos patógenos.

Según Albright (1993) y Baumont (1996), otro factor de riesgo importante es el número de plazas en el comedero. Si éste no es suficiente para permitir que todos los animales coman a la vez, los más débiles deberán esperar al final. Esta situación los estresa y en muchos casos no les permite comer lo suficiente para poder hacer frente a su producción, provocando desajustes nutricionales que predisponen al animal a sufrir cuadros patológicos más graves.

De ahí que un alojamiento en condiciones tales que, mantenga las vacas limpias, secas y cómodas durante las 24 horas del día, disminuya el riesgo de alteraciones en el animal y reduzca el porcentaje de mastitis y cojeras, a la vez tendrá efectos importantes sobre la composición de la leche.

Estado sanitario

La vaca debe estar siempre en un buen estado sanitario. Cualquier alteración, patología o situación de estrés influye en la producción y composición de la leche. Las mastitis y las cojeras son los problemas más importantes con los que se enfrentan los ganaderos, tanto por su incidencia como por las pérdidas económicas que provocan.

Cojeras. Son un grupo de enfermedades que, por su repercusión en la función locomotora y por el estrés que el dolor provoca, merman la capacidad productiva de las vacas. La interacción de diferentes factores de riesgo, en cada caso, en diferente proporcionalidad, hace que, ante un cumulo dado de circunstancias, se produzca la

lesión y su manifestación en cojera. Los animales cojos son poco competitivos en todos los ambientes, suelen permanecer muchas horas tumbados y no se alimentan adecuadamente. Si a esto se añade que la mayoría de las cojeras ocurren en los primeros 70 días después del parto, es decir en el momento de máxima producción de la vaca, y que las vacas de alta producción son el grupo de mayor riesgo, no cabe duda que la producción y composición de la leche se va a ver alterada por la falta de nutrientes y por las mastitis originadas por contagio de patógenos del ambiente.

Mamitis o mastitis. Significa “*inflamación de la mama*”, y se trata de un grupo de enfermedades de tipo contagioso (normalmente por bacterias). Cada una de ellas presenta una forma de contagio y nivel de alteración diferente, pero todas afectan a la ubre. Su importancia radica en su elevada incidencia, ya que probablemente sea la enfermedad que más afecta al ganado vacuno, y en las enormes pérdidas económicas que produce tanto en el ámbito de la explotación como en el ámbito de la central transformadora. Los efectos de la mastitis sobre la producción dependen de la rapidez de detección, de la terapia utilizada y de la práctica de secados que realizan los ganaderos (Bartlett *et al.*, 1991).

Existen dos tipos de mamitis, la mastitis clínica que es aquella que va acompañada de sintomatología aparente y/o alteración de la secreción láctea, y la mastitis subclínica, en la que no hay alteración directamente detectable, lo que le da un carácter permanente e inadvertido por el ganadero. Este carácter hace que la mastitis se perpetúe y haga estragos en la explotación.

La primera consecuencia de la mastitis es la disminución de la **producción de leche** y un incremento del **recuento de células somáticas**. El recuento de células somáticas es ampliamente utilizado como indicador sanitario de los rebaños lecheros. Así, un elevado recuento celular se asocia con infecciones subclínicas de causas diversas (Gill *et al.*, 1990). No hay que olvidar que en la leche siempre están presentes de 50000 a 200000 células por mililitro, entre células descamadas y leucocitos.

Coulon y Lescourret (1997) estudiaron el impacto de la mastitis clínica sobre la **producción de leche**, observando que el inicio y la última mitad de la lactación son los periodos críticos donde las mastitis influyen en la **producción de leche**.

La **tasa de grasa** disminuye, lo mismo que la cantidad de triglicéridos. La proporción de proteínas solubles (inmunoglobulinas y albúmina sérica) aumenta cuanto más grave sea la mastitis, a la vez que se produce una disminución de la proporción de caseínas ligado a un incremento de leucocitos (Franke *et al.* 1988, DePeters y Cant 1992). Dentro de los minerales, el calcio y el fósforo disminuyen mientras que el sodio y el cloro aumentan y con ellos la conductividad eléctrica (NaCl).

Ordeño

El objetivo del ordeño es la extracción de la máxima cantidad de leche de la mama sin provocar ningún tipo de daño ni al animal ni a la leche. La limpieza de la máquina después de cada ordeño es la base para evitar una contaminación excesiva de la leche que, además, deberá ir acompañada de inspecciones periódicas de las instalaciones. El ordeño está relacionado con cuatro factores importantes en la producción y composición de la leche: a) *Intervalo entre ordeños*. Klei *et al.*, (1997) observaron que al pasar de dos a tres ordeños al día, la **producción de leche** aumentó entre un 6 y un 28 %, dependiendo del **número de lactación**. También se incrementaron los ácidos grasos libres y por contra disminuyeron el **recuento de células somáticas** y la **tasa de proteína**, principalmente el contenido en caseína. b) *Mastitis*. Las bacterias durante el ordeño, entran en contacto con la glándula mamaria a través del pezón. Las situaciones

que predisponen este contacto suelen ser, la caída de las pezoneras durante el ordeño, que permiten el contacto con las bacterias medioambientales, el paso de leche de un cuarterón infectado a otro sano, ya sea de la misma vaca o directamente a otras vacas, la alteración de la resistencia del canal del pezón después del ordeño. c) *Contenido en gérmenes*. Desde que la leche sale de la ubre hasta que llega al tanque refrigerante es susceptible de incorporar todos los gérmenes que entran en contacto con ella. Estos se pueden multiplicar en el tanque, dependiendo de la temperatura de conservación. Los gérmenes se nutren de los componentes de la leche, y a ella vierten los residuos de su metabolismo, alterando las cualidades físico-químicas de la misma. d) *Lipolisis*. Es el desdoblamiento de los triglicéridos de la grasa. Produce sabores y olores indeseables en la leche, que puede afectar a la fabricación de ciertos productos. Este proceso se inicia cuando la membrana que protege a los glóbulos de grasa se daña, y facilita la acción de las enzimas lipolíticas. La agitación y la aireación de la leche durante su extracción y transporte pueden, en mayor o menor medida, afectar a estas membranas.

La condición corporal

El ganado vacuno ha alcanzado en los últimos años unos niveles de producción muy elevados. Este incremento requiere unos aportes en nutrientes que, principalmente en el inicio de la lactación, son superiores a la capacidad de ingestión del animal. Este desequilibrio obliga al animal a movilizar las reservas corporales de grasa y, en casos extremos, de proteína, que se manifiesta en una pérdida de peso.

Las vacas de alta producción movilizan sus reservas corporales para proporcionar la energía y hacer frente a la producción al inicio de la lactación, mientras que desde la mitad o antes hasta el final de la lactación, cuando la ingestión de materia seca es elevada y las necesidades de producción han disminuido, el animal recupera los depósitos movilizados para poderlos reutilizar en la próxima lactación. El tiempo que una vaca tarda en alcanzar el pico de producción de leche depende de la cuantía del mismo, y siempre es anterior al momento en que la vaca recupera la máxima capacidad de ingestión. Es durante este intervalo cuando el animal se encuentra en el denominado *balance energético negativo*. De la duración y la magnitud de este balance negativo dependerán la producción y la eficacia reproductora del animal. Por ello es interesante controlar y gestionar este déficit energético mediante la valoración de las reservas y su evolución durante el ciclo productivo.

Evaluación de la condición corporal

La **condición corporal (CC)** es una forma sencilla, rápida y económica para cuantificar el estado de engrasamiento del animal. El método consiste en la observación y/o palpación de diferentes partes de la anatomía animal. La ventaja fundamental de la condición corporal sobre el peso vivo, es que se correlaciona mejor con las reservas energéticas, y su medida es independiente del tamaño del animal, del nivel de ingestión y del estado de lactación.

En los últimos años se han desarrollado diferentes métodos para evaluar la CC en el ganado vacuno lechero. De todos ellos los más reconocidos son el método australiano de Earle (1976), el británico de Mulvany (1981), el francés de Bazin (1984) y el método americano de Wildman *et al.* (1982). Todos se basan en la palpación, aunque Edmonson *et al.* (1989) desarrollaron un sistema basado únicamente en la observación. Como puede verse los sistemas de determinación están ligados al territorio. En España, fue García-Paloma (1990) quien recogió lo mejor de otras metodologías y las adaptó a las

condiciones de explotación y manejo de nuestro país. El método de Garcia-Paloma propone una escala de 0 a 5, con puntuaciones intermedias de medio punto, ya que agrega un nivel más para ampliar el rango de diferenciación y por lo tanto la precisión.

La palpación se realiza en las zonas lumbar y de la grupa, especialmente la parte que rodea el nacimiento de la cola, como zonas más fieles en reflejar la deposición y la movilización de las reservas corporales. En la Tabla 3 se detalla la descripción de estas zonas a través de los diferentes niveles de la escala de puntuación. La puntuación final es el resultado de promediar las obtenidas en ambas zonas.

El procedimiento de valoración aconseja la palpación cuando sea posible contar con vacas inmobilizadas, ya que se evita el desplazamiento en la búsqueda de los animales, y es más preciso al evitar factores de error, como la perspectiva cambiante de la vaca en movimiento, el posible efecto del color de la capa y de la longitud del pelo sobre la percepción de la prominencia ósea. En este mismo contexto, el método recomienda una serie de actuaciones prácticas que pueden contribuir a incrementar la precisión en la asignación de la condición corporal: el acceso a las vacas a puntuar ha de hacerse por el lado derecho, para evitar que el rumen distorsione la puntuación, asimismo se debe evitar puntuarlas con un llenado ruminal excesivo, que podría enmascarar la prominencia de la estructura ósea lumbar, y cada mano palpará siempre las mismas zonas anatómicas, generalmente la derecha se encarga de la zona lumbar y la izquierda de la grupa.

Tabla 3. Descripción de los diferentes niveles del método de la condición corporal propuesto para vacuno lechero.

Condición corporal	Grupa y zona que rodea el nacimiento de la cola	Zona lumbar
0 Muy delgada	Cavidades profundas entre una estructura ósea de bordes muy cortantes. Piel pegada de difícil pellizcamiento.	Vértebra apreciadas individualmente y de bordes muy cortantes. Piel pegada a la estructura ósea.
1 Delgada	Cavidades profundas entre una estructura ósea de bordes prominentes. Piel tensa de posibles pellizcamiento.	Vértebra apreciadas individualmente y de bordes prominentes. Depresión lumbar profunda.
2 Moderada	Cavidades apreciadas entre una estructura ósea bien diferenciada y de bordes suaves a la palpación. Piel suelta de fácil pellizcamiento.	Apófisis transversales: extremos diferenciados y redondeados a la palpación. Depresión lumbar moderada.
3 Buena	Cavidades poco apreciadas entre una estructura ósea no diferenciada a la observación. Piel flexible y de mayor grosor al pellizcamiento por la presencia de grasa subcutánea.	Apófisis transversales: los extremos solo se aprecian por presión. Depresión lumbar ligera y apenas visible.
4 Gorda	Ausencia de cavidades al ocupar su lugar depósitos de grasa que se evidencian al exterior. La estructura ósea solo se aprecia por firme presión. Al pellizcamiento se evidencia más grosor y menos flexibilidad de la piel por la abundancia de grasa subcutánea.	Apófisis transversales: los extremos no se aprecian ni con firme presión. Se aprecia convexidad lumbar.
5 Muy Gorda	La estructura ósea no se aprecia ni con firme presión al encontrarse "enterrada" en grasa. Los depósitos de grasa se evidencian al exterior y contribuyen a una convexidad anatómica extrema.	

Fuente: Garcia-Paloma, 1990.

A veces, en el momento de asignar la condición corporal a una vaca mediante palpación u observación de la zona lumbar y de la zona que rodea el nacimiento de la cola, existe un nivel de reservas muy diferentes para cada una de ellas. Cuando se presentan estos casos, hay autores que recomiendan la aplicación de un factor de ajuste (Mulvany, 1981, Braun *et al.* 1987, Gerloff 1987), factor que, en la asignación de la puntuación definitiva, otorga mayor relevancia a la zona que rodea el nacimiento de la cola. A este respecto, Bazin (1984) discrepa y considera que la zona lumbar debe ser la más relevante. Estos autores en sus trabajos no presentan argumentos que respalden una u otra alternativa; sin embargo, los resultados obtenidos por Ducker *et al.* (1985), sí parecen dar a la primera opción cierta justificación, ya que trabajando con novillas de primer parto, obtuvieron durante las 5 primeras semanas de lactación un índice de correlación más alto entre el balance nutricional y el cambio de **CC** valorado en la zona que rodea el nacimiento de la cola ($r = 0.52$), que con el cambio de **CC** valorado en la zona lumbar ($r = 0.25$).

Fiabilidad del método

Antes de aceptar la metodología como válida, se debe asegurar que existe una equivalencia entre la **CC** y las reservas de grasa. Existen numerosas investigaciones al respecto. Wright y Russel (1984) utilizaron 73 rebaños distintos de vacuno de leche y carne para establecer una relación significativa entre la **CC** y la proporción de grasa en la canal del animal.

Boisclair *et al.* (1986), Gamsworthy y Topps (1982), y Domecq *et al.* (1995) encontraron una correlación positiva entre la **CC** y el grosor de grasa subcutánea medida con ultrasonidos.

Robelin (1982), Wright y Russel (1984), y Martin y Ehle (1986) utilizaron el grado de dilución del oxido de deuterio en el agua corporal.

Agrabiél *et al.* (1986) la relacionaron con el diámetro de la célula adiposa.

Russel y Wright (1983) la relacionaron con la concentración de metabolitos sanguíneos.

Otto *et al.* (1991) encontraron relación con la composición tisular de la novena y la undécima costilla. Asociaron a cada unidad de **CC** un cambio de 56 Kg de peso vivo.

Komaragiri y Erdman (1997) en cada unidad de cambio de **CC** un 93 % lo asociaron a las reservas de grasa y un 7 % a las de proteína.

Enevoldsen y Kristensen (1997) apuntan que la variación del peso vivo asociado al incremento de una unidad de **CC**, depende de la raza, de la edad al primer parto, del **número de lactación**, de los **días en lactación** y de la **producción de leche**. Los valores observados variaron entre los 22 y los 57 Kg, pero sugieren tomar como valor de referencia el aceptado por la mayoría y que ronda los 50 Kg de peso vivo.

Todos estos datos científicos avalan la fiabilidad del sistema como método de valorar las reservas corporales. Sin embargo, no hay que olvidar la última referencia, en la que se indica que la raza y el genotipo varían la localización anatómica de las reservas de grasa y que, por tanto, una misma puntuación de **CC** equivale a diferentes niveles de energía movilizable.

La condición corporal y la producción

Lo óptimo, desde el punto de vista de la eficacia de producción, sería conseguir animales con una capacidad de ingestión suficiente, para aportar toda la energía necesaria, evitando tener que almacenar y movilizar reservas corporales. La necesidad de formular raciones con niveles de nutrientes que garanticen el funcionamiento

ruminal, dificulta la posibilidad de conseguir producciones superiores a 40 litros sin contar con las reservas corporales. Por ello en vacas de alta producción la pérdida de CC es inevitable, y es necesario establecer criterios sobre la cantidad de reservas que deben estar disponibles, cómo deben mobilizarse y cómo recuperarse. Teniendo en cuenta que Gallo *et al.* (1996) y Andrew *et al.* (1995) afirman que animales con un alto valor genético tienen una mayor capacidad de movilizar grasa, hace suponer que de la correcta gestión de las reservas van a depender la expresión del potencial de producción, el minimizar las pérdidas en eficacia reproductora, y la prevención de patologías.

Durante el primer periodo posparto es cuando el desequilibrio entre aportes y necesidades es mayor, conduciendo al animal a una situación de balance energético negativo. Cuando las vacas alcanzan el pico de ingestión de materia seca y el nivel de producción empieza a disminuir, el balance energético tiende a ser positivo y el animal recupera la CC. La recuperación se debe realizar durante el final de la lactación por razones de efectividad, ya que la eficacia de utilización de la energía para depositar grasa es mayor durante este periodo que durante el secado. Según NRC (1989) depositar grasa en el periodo seco cuesta aproximadamente el 25 % más que durante la lactación. Si la vaca no recupera el estado óptimo de reservas corporales se está poniendo en peligro el inicio del siguiente ciclo productivo. Andrew *et al.* (1995) observaron que la CC al parto influye en la cantidad y composición del tejido movilizado; Pedron *et al.* (1993) afirman que la adecuada CC al parto aporta la energía requerida para hacer frente a la producción durante el balance energético negativo, y Haresing (1988) va un poco más lejos, y cita una serie de estudios donde se afirma que la CC antes del parto es más importante que el racionamiento alimenticio seguido durante la lactación.

El estado óptimo de reservas corporales está asociado a una puntuación en CC. Puntuaciones inferiores a ésta, impiden alcanzar el potencial de producción y, según Haresing (1988) y Ferguson (1991), provocan infertilidad y retrasos en la salida del primer celo después del parto. Por contra, puntuaciones superiores permiten una mayor pérdida de peso al inicio de la lactación (que se traduce en más energía para la producción), pero el animal come menos y tarda más en recuperar su máxima capacidad de ingestión (Bareille y Favardin 1996, Pedron *et al.* 1993, Garnsworthy y Huggett 1992, Boisclair *et al.* 1986). En principio cabría pensar que existe una compensación entre el incremento de energía movilizable y la disminución de la aportada por la ingestión, pero ésta, puede provocar carencias en otros nutrientes que la vaca no puede cubrir con sus reservas (aminoácidos, minerales, vitaminas, etc.) y que colocan a la vaca en una situación de desequilibrio nutricional (Holter *et al.*, 1990). Además Ferguson (1991) asoció el incremento de CC al parto como factor de riesgo en problemas como cetosis, fiebre de la leche, hígado graso, metritis, problemas en extremidades y dificultades en el parto.

Teniendo en cuenta todo esto, es posible establecer una serie de recomendaciones de la CC óptima (Tabla 4), que permita controlar al rebaño.

Tabla 4. Condición corporal óptima en los diferentes estadios productivos para el vacuno lechero.

Estado fisiológico	Puntuación óptima	Extremos aceptables
Novillas de 6 meses de edad	2.5	2.5-3.0
Novillas en cubrición	2.5	2.5-3.0
Parto	3.5	3.5-4.0
Entre 0 y 90 días de lactación	2.5	2.0-3.0
Entre 91 y 150 días de lactación	2.5	2.0-3.0
Entre 151 y 210 días de lactación	3.0	2.5-3.5
Entre 211 y el secado	3.5	3.0-4.0
Secado	3.5	3.5-4.0

Fuente: Estimaciones a partir de los datos bibliográficos. Escala de 0 a 5.

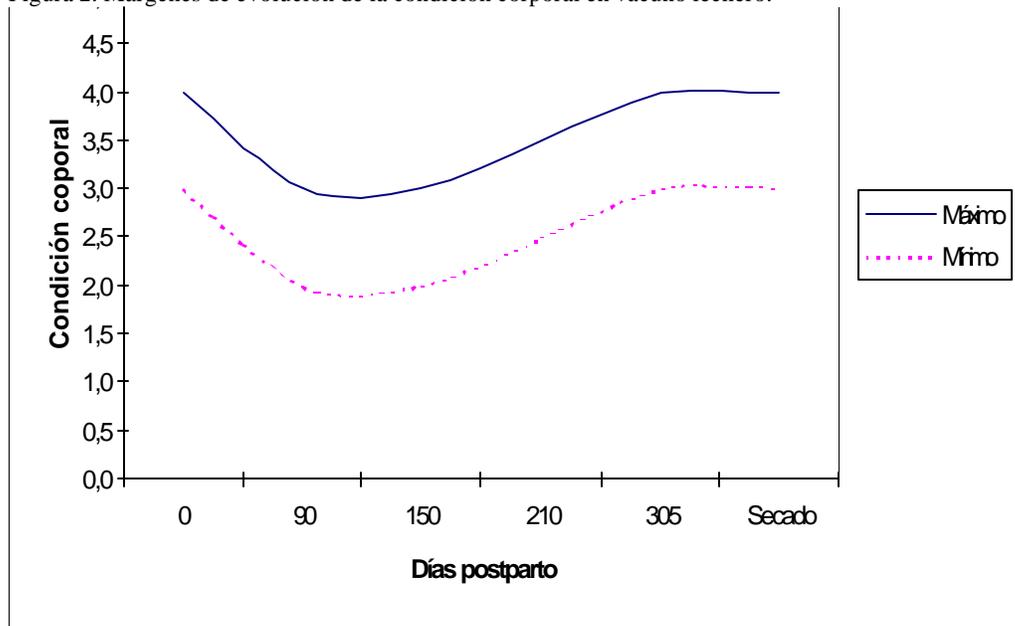
Según estas recomendaciones, la movilización de reservas durante el inicio de la lactación no debe representar más de un punto en **CC**, ya que las cubriciones se deben iniciar a partir de los 60 días posparto. Pedron *et al.* (1993) observaron que las vacas que perdían más **CC** durante este periodo, se les retrasaba el inicio de la actividad ovárica, ya que la actividad de la glándula mamaria tiene prioridad y acapara todos los nutrientes de que dispone el animal. Los mismos autores también asocian la inactividad ovárica con la prolongación en el tiempo del balance energético negativo.

Paralelamente a las puntuaciones óptimas, se adjuntan una serie de márgenes aceptables, dentro de los cuales no se observan grandes alteraciones. Holter *et al.* (1990) observaron que un descenso del 80 % en la puntuación de **CC** al parto provocó un descenso de la **tasa de grasa** de la leche, pero no influyó en el resto de la producción, ni en la materia seca ingerida, ni en la utilización de los nutrientes; mientras Boisclair *et al.* (1986) observaron que el sobreconsumo de energía en el preparto, y el engrasamiento que provoca, no influía ni en la producción ni en la composición de la leche.

La condición corporal como herramienta de gestión

Como ha quedado patente en la Tabla 4, la **CC** es un concepto ligado a los **días en lactación**. Es por ello que para interpretar y utilizar la **CC** como herramienta en la gestión y control de la explotación, se deben enfrentar ambas variables (Gallo *et al.*, 1996; Pedron *et al.*, 1993; Garnsworthy y Huggett, 1992; Holter *et al.*, 1990). En la Figura 2 se recoge la evolución normal de la condición corporal en una explotación de ganado vacuno lechero. Las dos curvas delimitan el área en la que se deben encontrar la mayoría de los animales representados, sin hacer mucho hincapié en aquellos que se encuentren fuera del área, a no ser que su número sea realmente importante o representativo.

Figura 2. Márgenes de evolución de la condición corporal en vacuno lechero.



Fuente: Elaboración propia.

La interpretación debe hacerse a partir del gráfico final. Debido al posible impacto que la interpretación de la **CC** puede tener en el manejo y la alimentación, es necesario realizar dicha interpretación con precauciones. Es interesante contar con un buen número de observaciones, con un mínimo de 100 vacas o, en explotaciones pequeñas, con repeticiones a lo largo del tiempo hasta conseguir entre 80 y 100 puntuaciones.

Existe una estrecha relación entre la condición corporal y la concentración energética de la ración, lo que ya no está tan claro es como influye ésta en la producción y en la composición de la leche. Aun así se puede afirmar que las vacas delgadas producen mayores concentraciones de proteína y lactosa y menos de grasa, que las vacas gordas al parto. Estos resultados y otros en los que se hagan referencia a la influencia directa de la **CC** sobre la producción, deben tomarse con cautela, ya que como apunta Komaragiri y Erdman (1997) los cambios en la producción y composición de la leche se deben no a la condición corporal, sino a la variación de la materia seca ingerida.

A este respecto Nombekela y Murphy (1995) suministraron sacarosa en la ración, durante el inicio de la lactación, y observaron que aumentaba la ingestión de alimentos. Esto provocaba un incremento de la producción, no así de las concentraciones de grasa y proteína, un descenso de la pérdida de peso vivo y una disminución en los días transcurridos hasta la aparición del primer celo. Por su parte, Balch y Argamenteria (1992), establecieron una relación significativa a nivel de explotación, entre **tasa de proteína** y la **CC**, como consecuencia de la relación entre la ingestión de energía metabolizable y la materia proteica. Para estos autores, la alimentación parece ser el motivo fundamental que origina las diferencias observadas entre explotaciones. Por ello puede ser interesante la utilización de la **CC** como herramienta para predecir la ingestión de materia seca del animal, ya que es el punto de partida de la formulación de las raciones.

Masalles (1996) en un estudio localizado en cuatro explotaciones de la provincia de Girona, concluye que la **CC** de los animales en producción proporciona datos válidos para predecir la secreción proteica de la leche. La relación entre ambos es lineal positiva y estadísticamente significativa. La mejor correlación se establece entre la **CC** y la **producción de proteína** (Kg de proteína/día) con coeficiente de determinación $R^2 = 0,68$ ($p = 0.0001$). La adecuación energética de la alimentación, expresada por la **CC** permite maximizar la cantidad y la calidad de la leche producida. También afirma que la relación entre el estado de lactación y la **CC** de los animales presentes en la explotación, permite establecer un sistema de diagnóstico rápido y fiable de la adecuación del racionamiento alimentario a las necesidades de cada momento productivo.

MATERIALES Y METODOS

Localización del estudio y características de las explotaciones

El estudio se realizó en 34 explotaciones lecheras de la provincia de Gerona, con 1610 vacas lecheras de raza Frisona de formato americano y europeo. En el momento del control 1301 vacas estaban en lactación y el resto se encontraban en el periodo de secado.

En todas las explotaciones se realizaba el control lechero (SEMEGA).

Las explotaciones eran todas de tipo familiar, y el censo de vacas oscilaba entre 21 y 124. La estabulación libre era la forma predominante de alojamiento, unas con cubículos y otras con una zona de reposo provista de cama de paja.

Las vacas se ordeñaban dos veces al día en todos los casos. Las salas de ordeño eran del tipo espina de pescado, con sala de espera y lechería..

El sistema productivo de las explotaciones estaba basado en la distribución de partos a lo largo de todo el año, con el fin de asegurar una producción de leche estable cada mes.

Datos de las explotaciones

A cada explotación se realizó una visita, en la cual se valoró la condición corporal de todas las vacas, se recogieron los informes del control lechero mensual correspondientes a la fecha de la visita, y los relativos a la información sobre el conjunto del rebaño acerca de la evaluación genética de producción y tipo de CONAFE (1997), calculados mediante el método BLUP modelo animal. También durante la visita se anotaron las características cualitativas y cuantitativas de la ración, y se recogieron muestras de todos los ingredientes que formaban parte de la ración para determinar su valor nutritivo.

Valoración de la condición corporal

Se utilizó la metodología de Garcia-Paloma (1990). Las vacas se puntuaron una sola vez sobre una escala de 0 a 5, con intervalos intermedios de 0.5 puntos, realizándose la determinación siempre por el mismo técnico para minimizar las interacciones entre animal y anotador, que según Evans (1978) pueden distorsionar los resultados obtenidos. Esto obligó a planificar las visitas a las explotaciones a lo largo de un año natural, en concreto desde febrero de 1995 hasta el mismo mes del año siguiente.

A partir de los datos individuales de CC , se obtuvieron los siguientes datos:

CC_M Condición corporal media de las vacas en lactación de la explotación j .

CC_{0-90} Condición corporal media de las vacas entre los 0 y los 90 días de lactación de la explotación j .

CC_{91-150} Condición corporal media de las vacas entre los 91 y los 150 días de lactación de la explotación j .

$CC_{151-210}$ Condición corporal media de las vacas entre los 151 y los 210 días de lactación de la explotación j .

$CC_{211-sec}$ Condición corporal media de las vacas entre los 211 días de lactación y el inicio del secado de la explotación j .

CC_{sec} Condición corporal media de las vacas en el periodo de secado de la explotación j .

$CC_{sec} - CC_{0-90}$ Variación de la condición corporal durante los primeros 90 días de lactación de las vacas de la explotación j .

$CC_{0-90} - CC_{91-150}$ Variación de la condición corporal entre los 91 y los 150 días de lactación de las vacas de la explotación j .

$CC_{211-sec} - CC_{sec}$ Variación de la condición corporal entre el final de la lactación y el periodo de secado de las vacas de la explotación j .

Datos del control lechero y de la evaluación genética

Los datos recogidos del control lechero fueron los siguientes:

NL_i N° de lactación de la vaca i .

DEL_i N° de días en lactación de la vaca i .

PL_i Producción de leche de la vaca i . En kg./vaca/día.

Tg_i Tasa de grasa de la leche de la vaca i . En porcentaje.

Tp_i Tasa de proteína de la leche de la vaca i . En porcentaje.

RCS_i N° de células somáticas de la leche de la vaca i . En miles.

A partir de estos datos se dedujeron los siguientes:

Mg_i Producción de grasa de la leche de la vaca *i*, a partir de la fórmula $Tg_i \times P_i$. En kg./vaca/día.

Mp_i Producción de proteína de la leche de la vaca *i*, a partir de la fórmula $Tp_i \times P_i$. En kg./vaca/día.

LRCS_i Valores de **RCS** transformados en escala logarítmica, para que cumpla los requisitos de normalidad, necesarios para la aplicación válida del análisis paramétrico de varianza y otros procedimientos relacionados (María y Migueltoarena, 1996).

Se calcularon las medias en todos los casos, para obtener los valores medios de la explotación, a los que se añadieron los siguientes:

Tg_p Tasa de grasa media de la explotación, ponderada para producción. En porcentaje.

Los valores se obtuvieron a partir de la fórmula, $Tg_p = \sum (Tg_i \times P_i) / \sum (P_i)$

Tp_p Tasa de proteína media de la explotación, ponderada para producción. En porcentaje. Los valores se obtuvieron a partir de la fórmula: $Tp_p = \sum (Tp_i \times P_i) / \sum (P_i)$

Al existir cierta dificultad para disponer, con un cierto grado de fiabilidad, de datos referentes a la incidencia de problemas sanitarios y patológicos en las explotaciones, se optó por deducirlos a partir del control lechero con las siguientes variables:

DEL>305 Porcentaje de vacas con más de 305 días en lactación, respecto al total de la explotación *j*.

RCS>400 Porcentaje de vacas con recuentos celulares superiores a las 400000 células somáticas, respecto al total de la explotación *j*.

El primer concepto permite tener una idea bastante aproximada respecto a la salida en celo de las vacas durante los primeros 90 días de lactación, su detección y/o si las inseminaciones artificiales terminan con éxito en una gestación. El segundo concepto está relacionado con la incidencia de las mastitis en la explotación, aunque no permite deducir por sí sólo, las causas que originan estas patologías.

Los datos sobre la evaluación genética del conjunto de las vacas de cada explotación fueron los siguientes:

VPL Valor medio del rebaño para producción de leche.

VPG Valor medio del rebaño para producción de grasa.

VPP Valor medio del rebaño para producción de proteína.

EMAL Efecto manejo-alimentación del rebaño sobre la producción de leche.

EMAG Efecto manejo-alimentación del rebaño sobre la producción de grasa.

EMAP Efecto manejo-alimentación del rebaño sobre la producción de proteína.

VGL Valor genético del rebaño para producción de leche.

VGG Valor genético del rebaño para producción de grasa.

VGP Valor genético del rebaño para producción de proteína.

ICO Índice combinado de producción y tipo del rebaño.

Raciones e ingredientes

La alimentación suministrada a los animales estaba basada, en general, en una ración base complementada con alimentos *no forrajeros* en función del nivel de producción.

Los alimentos forrajeros que formaban las raciones base, fueron principalmente el **ensilado de maíz** y el **heno de alfalfa**, aunque en menor grado en algunas explotaciones se empleaban bien como sustitución o complementación **ensilados de raygrass, cebada o sorgo**; henos de raygrass, avena o hierba; paja de cereales e incluso raygrass en verde en la época en que era posible. La suplementación se realizaba con semillas de cereales como la **cebada, maíz** y sorgo, semillas de **algodón** y subproductos

como **pulpa de remolacha, torta de soja, gluten y bagazo**. La preparación y distribución de la ración era muy variada. La ración base siempre se suministraba en el comedero junto con los subproductos, mientras que los granos y derivados, o el pienso o el concentrado de producción se hacía bien en el comedero con la ración base, bien en la sala de ordeño, en pocas explotaciones, bien mediante collares dosificadores, o bien mezclados con la ración forrajera o de base ("*unifeed*").

Las muestras de los ingredientes fueron analizadas por el Laboratorio de Producciones Ganaderas de Girona (DARP, Generalitat de Catalunya), el cual suministró los siguientes nutrientes: materia seca (**MS**), cenizas, proteína bruta (**PB**), fibra bruta (**FB**), extracto etéreo (**EE**), calcio (**Ca**) y fósforo (**P**), fibra ácido detergente (**ADF**) y fibra neutro detergente (**NDF**). A partir de estos resultados, y utilizando las fórmulas y tablas de previsión del valor nutritivo de los alimentos para rumiantes (INRA 1981, 1987), se dedujeron los valores: unidades forrajeras leche (**UFL**), proteínas digestibles en el intestino cuando la energía es el factor limitante (**PDIE**), proteínas digestibles en el intestino cuando el nitrógeno es el factor limitante (**PDIN**).

De los resultados obtenidos de los análisis químicos de los ingredientes de la ración, recogidos en la visita, se dedujeron para cada explotación las siguientes variables:

MS_T Materia seca total de la ración. En Kg.

MS_F Materia seca aportada por los forrajes de la ración. En Kg.

MS_C Materia seca aportada por los alimentos *no forrajeros* de la ración. En Kg.

MS_{EM} Materia seca aportada por el ensilado de maíz de la ración. En Kg.

MS_{ALF} Materia seca aportada por el heno de alfalfa de la ración. En Kg.

F Forrajes de la ración. En porcentaje sobre la materia seca total.

C Alimentos *no forrajeros* de la ración. En porcentaje sobre la materia seca total. **UFL_T** Valor energético de la ración.

UFL_F Valor energético de los forrajes de la ración de la explotación *j*.

UFL_C Valor energético de los alimentos *no forrajeros* de la ración.

PDI Proteína digestible intestinal de la ración. Obtenido del valor más bajo entre PDIN y PDIE. En gramos.

(PDIN-PDIE)/UFL Déficit tolerable de PDIN sobre la base del reciclaje de urea endógena. En g/UFL.

PDI/UFL Relación entre proteína y energía de la ración. En g/UFL.

Producción y características de la vaca.

El número de lactación, los días en lactación, la CC, el nivel de producción, el RCS y la estación en que se produce el parto, son recogidas en numerosos estudios como fuentes de variación en las variables productivas.

Por ello se analizaron los datos individuales aportados por el control lechero, en función de todas estas características, como paso previo para determinar las que influían en las condiciones geográficas y de manejo del estudio.

Condición corporal y variables de la explotación

Se analizó la relación mediante una Regresión Múltiple Paso a Paso (proc. REG/STEPWISE. SAS, 1988), con el fin de ver que variables son las que aportan más significación al modelo y como varía éste al ir añadiendo una variables tras otra.

El primer modelo utiliza los *datos individuales* de cada uno de los animales en producción, iniciándose las pruebas de regresión con el siguiente modelo:

$$CC_i = \beta_0 + \beta_1 NL_i + \beta_2 DEL_i + \beta_3 PL_i + \beta_4 Tg_i + \beta_5 Tp_i + \beta_6 Mg_i + \beta_7 Mp_i + \beta_8 LRCS_i$$

siendo:

CC_i Condición corporal de la vaca en lactación.

NL_i Número de lactación de la vaca.

DE Días en lactación de la vaca.

PL_i Producción de leche de la vaca.

Tg_i Tasa de grasa de la leche de la vaca

Tp_i Tasa de proteína de la leche de la vaca

Mg_i Producción de grasa de la vaca

Mp_i Producción de proteína de la vaca.

$LRCS_i$ Recuento de células somáticas de la leche de la vaca. En escala logarítmica.

La imposibilidad de asociar a los *datos individuales (vacas)* los referentes a la ración y a la evaluación genética, obligó a plantear un modelo inicial de análisis, a partir de los *valores medios de la explotación*, resultando el modelo:

$$CC_M = \beta_0 + \beta_1 NV_E + \beta_2 NL_E + \beta_3 DEL_E + \beta_4 PL_E + \beta_5 Tg_E + \beta_6 Tp_E + \beta_7 Mg_E + \beta_8 Mp_E + \beta_9 LRCS_E$$

siendo:

CC_M Media de la condición corporal de las vacas en lactación de la explotación.

NV_E Número de vacas en lactación de la explotación.

NL_E Media del número de lactaciones de las vacas de la explotación.

DEL_E Media de los días en lactación de las vacas de la explotación.

PL_E Media de las producciones de leche de las vacas de la explotación.

Tg_E Media de las tasas de grasa de las vacas de la explotación.

Tp_E Media de las tasas de proteína de las vacas de la explotación.

Mg_E Media de las producciones de grasas de las vacas de la explotación.

Mp_E Media de las producciones de proteicas de las vacas de la explotación.

$LRCS_E$ Media de los recuentos de células somáticas de la leche de las vacas de la explotación.

En escala logarítmica.

Por otro lado se analizaron las relaciones entre la CC_M y las variables de la ración. El modelo general planteado fue:

$$CC_M = \beta_0 + \beta_1 MS_T + \beta_2 MS_F + \beta_3 MS_{EM} + \beta_4 MS_{ALF} + \beta_5 UFL_T + \beta_6 PDI + \beta_7 (PDIN - PDIE) / UFL + \beta_8 PDI / UFL$$

Por último se probó un modelo que relacionase la CC_M con las variables de la evaluación genética del conjunto de las vacas de la explotación, el cual se expresaba así:

$$CC_M = \beta_0 + \beta_1 VPL + \beta_2 VPG + \beta_3 VPP + \beta_4 EMAL + \beta_5 EMAG + \beta_6 EMAP + \beta_7 VGL + \beta_8 VGG + \beta_9 VGP + \beta_{10} ICO$$

Condición corporal y duración de la lactación

Con la finalidad de detectar anomalías en la gestión de la reproducción, relacionada con el racionamiento alimenticio, se planteó la posibilidad de utilizar la CC como variable explicativa de la presencia de vacas con lactaciones superiores a los 305 días.

Se eligió el porcentaje de vacas de la explotación con más de 305 días de lactación ($DEL > 305$) como variable, y el modelo propuesto fue:

$$DEL > 305 = \beta_0 + \beta_1 \text{GRUPO} + \beta_2 \text{LOTE} + \beta_3 \text{NIVEL}$$

siendo:

GRUPO, Variable que representa la pérdida de más de un punto de CC durante los primeros 90 días en lactación, en relación a la CC al parto. Estableciendo la posibilidad de distribuir las vacas en dos grupos, según la diferencia entre la CC_{sec} y la $CC_{0,90}$ fuera menor de 1 (GRUPO 1), o igual o mayor a 1 (GRUPO 2).

LOTE, Variable que indica la posición de la CC media entre los 91 y los 150 días, respecto del valor 2 tomado como referencia. Estableciendo la posibilidad de distribuir las vacas en dos grupos, según su condición corporal fuera inferior a 2 (LOTE 1) o igual o superior a 2 (LOTE 2).

NIVEL, Variable que representa la continuidad o no del balance energético negativo más allá de los 90 días de lactación. Este balance se expresa por la diferencia entre la CC media de las vacas entre el parto y los 90 días y la CC media de las vacas entre 91 y 150 días en lactación. Estableciendo dos grupos, si $(CC_{0,90} - CC_{91-150}) \geq 0$ (NIVEL 1), y si $(CC_{0,90} - CC_{91-150}) < 0$ (NIVEL 2).

El análisis se realizó mediante Regresión Múltiple utilizando el paquete estadístico SAS.

Proteína y variables de la explotación.

Los modelos para relacionar la proteína con las variables de la explotación, también se realizaron con las variables individuales y con las del conjunto de la explotación. Previamente al análisis se probaron los modelos planteados por Masalles (1996), es decir aquellos modelos que establecían la relación entre la **tasa de proteína** y la CC, y entre la **producción de proteína** y la CC, tanto en el ámbito de los *datos individuales (vacas)* como en el de los *datos medios (explotaciones)*. Regresión Simple mediante el paquete estadístico SAS.

Para los *datos individuales (vacas)* los modelos fueron:

$$Tp_i = \beta_0 + \beta_1 NL_i + \beta_2 DEL_i + \beta_3 PL_i + \beta_4 Tg_i + \beta_5 CC_i + \beta_6 Mg_i + \beta_7 Mp_i + \beta_8 LRCS_i$$

$$Mp_i = \beta_0 + \beta_1 NL_i + \beta_2 DEL_i + \beta_3 PL_i + \beta_4 Tg_i + \beta_5 Tp_i + \beta_6 Mg_i + \beta_7 CC_i + \beta_8 LRCS_i$$

Para los *datos medios (explotación)* los modelos fueron:

$$Tp_E = \beta_0 + \beta_1 NV_E + \beta_2 NL_E + \beta_3 DEL_E + \beta_4 PL_E + \beta_5 Tg_E + \beta_6 CC_M + \beta_7 Mg_E + \beta_8 Mp_E + \beta_9 LRCS_E$$

$$Mp_E = \beta_0 + \beta_1 NV_E + \beta_2 NL_E + \beta_3 DEL_E + \beta_4 PL_E + \beta_5 Tg_E + \beta_6 CC_M + \beta_7 Mg_E + \beta_8 Mp_E + \beta_9 LRCS_E$$

Para analizar la relación entre la proteína (Tp y Mp), y las variables de las raciones se utilizó el siguiente modelo:

$$P = \beta_0 + \beta_1 MS_T + \beta_2 MS_F + \beta_3 MS_{EM} + \beta_4 MS_{ALF} + \beta_5 UFL_F + \beta_6 UFL_C + \beta_7 PDI + \beta_8 (PDIN - PDIE)/UFL + \beta_9 PDI/UFL$$

Donde P representa a Tp y Mp en cada caso, ya que el modelo es el mismo.

Y, por último, se probó un modelo que relacionase la proteína (Tp y Mp) con las variables de la evaluación genética del conjunto de las vacas de la explotación, que fue:

$$P = \beta_0 + \beta_1 \text{VPL} + \beta_2 \text{VPG} + \beta_3 \text{VPP} + \beta_4 \text{EMAL} + \beta_5 \text{EMAG} + \beta_6 \text{EMAP} + \beta_7 \text{VGL} + \beta_8 \text{VGG} + \beta_9 \text{VGP} + \beta_{10} \text{JCO}$$

Todos los modelos se analizaron mediante una Regresión Múltiple Paso a Paso (proc. REG/STEPWISE SAS, 1988).

RESULTADOS Y DISCUSION

Características productivas de las explotaciones

En la tabla 5 se resumen las principales variables productivas de las explotaciones, en un intervalo de confianza del 95 %. El **número total de vacas** por explotación se situaba entre las 40 y las 55, de las que entre un 78 % y el 84 %, estaban en lactación en cualquier mes del año. El **número de lactaciones** entre 2.76 y 3.18 da una idea de la elevada tasa de reposición. Esto es así, ya que en la mayoría de las explotaciones, las vacas que no superan en su tercer parto la producción obtenida en el segundo parto son reemplazadas por las novillas.

El valor medio de los **días en lactación** se situaba entre los 159 y 178 días posparto, existiendo entre 6.85 % y 10.33 % de las vacas con lactaciones superiores a los 305 días.

La **producción de leche**, media por día, fue de 26.66 kg (entre 24.79 kg y 27.47 kg), y para la **tasa de grasa** entre 3.63 % y 3.87 %, situándose entre 3.08 % y 3.17 % para la **tasa de proteína**. Tanto la tasa de grasa como la de proteína están calculadas como valores absolutos. Los valores medios por explotación para ambas tasas ponderadas para **producción de leche**, estaban entre 3.55 % y 3.79 % para la grasa y entre 3.03 % y 3.12 % para la proteína. Se observa que la **tasa de grasa**, para la mayoría de las explotaciones se situaba en valores altos, no así para la de proteína.

Respecto al **recuento de células somáticas**, la media para los animales incluidos en el estudio era inferior a las 400000 células/ml (entre 261220 y 365950), existiendo un promedio de entre un 11 % y un 16.6 % de vacas con recuentos celulares superiores a las 400000.

Tabla 5. Intervalo de confianza de los datos medios de la explotación, para un intervalo de confianza del 95 %.

	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
Número de vacas en lactación	31.89	44.63
Número de vacas secas	6.67	11.20
Porcentaje de vacas en lactación	78.39	84.29
Número de lactaciones	2.76	3.18
Días en lactación	159.49	177.86
Producción de leche	24.79	27.47
Tasa de grasa	3.63	3.87
Tasa de proteína	3.08	3.17
Recuento de células somáticas (x1000) por ml	261.22	365.95
Tasa de grasa ponderada para producción de leche	3.55	3.79
Tasa de proteína ponderada para producción de leche	3.03	3.12
Producción de grasa	0.81	0.91
Producción de proteína	0.96	0.84
Condición corporal de las vacas en lactación	2.27	2.55
Condición corporal de las vacas secas	3.21	3.67
Porcentaje de vacas con más de 305 días en lactación	6.85	10.33
Porcentaje de vacas con más de 400000 células somáticas	11.04	16.59
Producción de leche anual	7503.41	8228.24
Producción de grasa anual	273.17	301.06
Producción de proteína anual	233.63	256.31

La **condición corporal** media para las vacas en lactación estaba entre 2.27 y 2.55 puntos, y la de las vacas secas entre 3.21 y 3.67 puntos. La distribución de la condición corporal media entre los diferentes estados de lactación era la reflejada en la tabla 6.

Tabla 6. Intervalo de confianza de los datos medios de condición corporal de la explotación, a lo largo de los diferentes estados de lactación, para un intervalo de confianza del 95 %.

LÍMITE	ESTADOS DE LACTACIÓN (días)			
	0-90	91-150	151-210	210-SECADO
INFERIOR	2.03	1.84	2.15	2.55
SUPERIOR	2.34	2.21	2.49	2.94

Raciones e ingredientes

En el anejo I se recogen en una tabla las valoraciones de los ingredientes analizados, que servirá como referencia en futuros planteamientos del racionamiento alimenticio.

En las diferentes valoraciones realizadas se observan elevados coeficientes de variación, centrados principalmente en la materia seca de los alimentos forrajeros (ensilados, henos y pajas). Esto puede imputarse a que resulta imposible conseguir que todos los forrajes se sieguen en el mismo estado vegetativo, para un determinado aprovechamiento, lo que varía su contenido en agua y la proporción entre hojas y tallos de las plantas. Sí a esto se le unen las condiciones de recolección, que por ejemplo en el caso de los henificados dependen mayoritariamente del tiempo atmosférico, y de conservación que en los ensilados determinan gran parte de su calidad final, no es de extrañar que existan estos resultados tan dispares.

Respecto a los alimentos *no forrajeros*, sí bien la variabilidad, en general, no es tan elevada, se observan valores puntuales que sí lo son. En este caso, aunque se puede intuir que esto es debido a la materia prima y al sistema de procesado al que se la somete, no se pueden generalizar conclusiones ya que el número de muestras de que se disponía era insuficiente.

Análisis de la producción y de las características de las vacas

En las tablas 7 y 8 se muestran como varían entre si las principales variables productivas de las vacas. Las variables estudiadas son el **número de lactación**, los **días en lactación**, el **recuento de células somáticas**, la **CC**, la **producción de leche**, la **producción de grasa**, la **producción de proteína**, la **tasa de grasa**, la **tasa de proteína**, la **estación** en que se produce el parto y la **fecha del control**. También se han añadido para cada caso, la separación de medias y el error estándar, a fin de comparar los resultados.

Tabla 7. Análisis de variables productivas. Separación de medias.

<i>n. lactación</i>	n	Condición corporal		Días en lactación		Producción leche		Tasa de grasa					
		Media	Error	Media	Error	Media	Error	Media	Error				
Primera	369	2.36	a	0.045	178.2	a	5.385	24.32	b	0.335	3.76	a	0.039
Segunda	294	2.33	a	0.049	164.4	ab	6.011	27.51	a	0.563	3.67	a	0.046
Tercera	210	2.44	a	0.062	168.0	ab	6.455	28.05	a	0.656	3.80	a	0.050
Cuarta	174	2.49	a	0.069	160.7	ab	7.253	27.49	a	0.803	3.75	a	0.063
Resto	254	2.31	a	0.062	153.5	b	5.929	27.39	a	0.562	3.65	a	0.046

<i>n. lactación</i>	n	Tasa de proteína		Rec. c. somáticas		Producción grasa		Producción proteína					
		Media	Error	Media	Error	Media	Error	Media	Error				
Primera	369	3.16	a	0.016	4.71	c	0.052	0.899	c	0.013	0.759	b	0.010
Segunda	294	3.16	a	0.019	4.83	c	0.061	0.978	b	0.019	0.851	a	0.015
Tercera	210	3.13	ab	0.024	5.11	b	0.070	1.046	a	0.025	0.861	a	0.018
Cuarta	174	3.18	a	0.028	5.34	a	0.085	1.000	ab	0.030	0.850	a	0.022
Resto	254	3.09	b	0.022	5.38	a	0.075	0.983	b	0.021	0.832	a	0.016

<i>días lactación</i>	n	Condición corporal		Días en lactación		Producción leche		Tasa de grasa					
		Media	Error	Media	Error	Media	Error	Media	Error				
0-90	349	2.20	cd	0.042	48.4	e	1.307	33.75	a	0.409	3.56	b	0.044
91-150	267	2.11	d	0.049	120.9	d	1.073	30.18	b	0.422	3.56	b	0.043
151-210	263	2.34	c	0.052	182.2	c	1.000	25.01	c	0.403	3.69	b	0.041
211-305	300	2.59	b	0.053	253.4	b	1.536	20.85	d	0.363	3.96	a	0.043
306-sec	122	2.95	a	0.093	354.4	a	3.577	16.58	e	0.529	4.08	a	0.068

<i>días lactación</i>	n	Tasa de proteína		Rec. c. somáticas		Producción grasa		Producción proteína					
		Media	Error	Media	Error	Media	Error	Media	Error				
0-90	349	2.97	e	0.017	4.83	c	0.064	1.182	a	0.017	0.995	a	0.012
91-150	267	3.05	d	0.017	5.01	cb	0.071	1.067	b	0.018	0.914	b	0.012
151-210	263	3.14	c	0.017	4.97	cb	0.063	0.916	c	0.017	0.781	c	0.013
211-305	300	3.31	b	0.017	5.17	ab	0.058	0.813	d	0.015	0.684	d	0.011
306-sec	122	3.45	a	0.035	5.30	a	0.089	0.662	e	0.021	0.563	e	0.016

<i>r. cél. somáticas</i>	n	Condición corporal		Días en lactación		Producción leche		Tasa de grasa					
		Media	Error	Media	Error	Media	Error	Media	Error				
0-100	496	2.28	b	0.038	146.2	b	4.169	28.53	a	0.390	3.67	a	0.035
101-200	333	2.37	b	0.048	182.1	a	5.321	25.84	bc	0.461	3.74	a	0.042
201-300	155	2.46	ab	0.074	174.6	a	8.288	26.57	b	0.743	3.79	a	0.055
301-400	98	2.58	a	0.092	165.8	a	10.469	25.21	bc	0.978	3.70	a	0.081
>400	219	2.42	ab	0.065	183.1	a	6.946	24.53	c	0.600	3.80	a	0.051

<i>r. cél. somáticas</i>	n	Tasa de proteína		Rec. c. somáticas		Producción grasa		Producción proteína					
		Media	Error	Media	Error	Media	Error	Media	Error				
0-100	496	3.07	c	0.014	3.93	e	0.022	1.025	a	0.015	0.864	a	0.011
101-200	333	3.15	b	0.018	4.97	d	0.011	0.946	bc	0.017	0.800	b	0.013
201-300	155	3.17	ab	0.029	5.49	c	0.009	0.990	ab	0.027	0.826	ab	0.021
301-400	98	3.24	a	0.038	5.84	b	0.009	0.901	c	0.033	0.794	b	0.026
>400	219	3.23	a	0.025	6.75	a	0.047	0.912	c	0.023	0.776	b	0.018

Tabla 7. *Cont.*

CC	n	Condición corporal		Días en lactación		Producción leche		Tasa de grasa					
		Media	Error	Media	Error	Media	Error	Media	Error				
0.00-0.50	47	0.43	i	0.026	157.0	cd	14.896	25.38	bc	1.177	3.65	bc	0.133
0.50-1.00	76	0.99	h	0.005	154.0	cd	9.399	27.20	ab	0.841	3.69	bc	0.089
1.00-1.50	145	1.50	g	0.002	138.1	d	7.072	29.50	a	0.700	3.44	c	0.064
1.50-2.00	330	1.97	f	0.005	147.6	d	4.579	28.76	a	0.466	3.69	bc	0.041
2.00-2.50	285	2.47	e	0.005	151.8	cd	5.547	27.75	ab	0.518	3.73	b	0.045
2.50-3.00	199	2.97	d	0.005	182.7	bc	7.124	25.27	bc	0.615	3.80	ab	0.051
3.00-3.50	107	3.47	c	0.008	205.4	b	12.230	23.16	cd	0.909	3.99	a	0.073
3.50-4.00	84	3.96	b	0.010	239.0	a	11.057	20.80	d	0.923	3.84	ab	0.076
4.00-5.00	28	4.51	a	0.020	243.6	a	21.376	17.79	e	1.397	4.05	a	0.146

CC	n	Tasa de proteína		Rec. c. somáticas		Producción grasa		Producción proteína					
		Media	Error	Media	Error	Media	Error	Media	Error				
0.00-0.50	47	3.01	d	0.049	5.03	ab	0.156	0.888	c	0.040	0.748	cd	0.030
0.50-1.00	76	3.03	d	0.035	4.96	ab	0.139	0.979	abc	0.030	0.816	abc	0.025
1.00-1.50	145	3.04	cd	0.026	4.93	b	0.090	0.992	abc	0.025	0.887	a	0.020
1.50-2.00	330	3.11	bcd	0.017	4.96	ab	0.059	1.044	a	0.018	0.883	a	0.013
2.00-2.50	285	3.15	bc	0.021	5.02	ab	0.071	1.010	ab	0.019	0.858	ab	0.014
2.50-3.00	199	3.16	b	0.023	4.98	ab	0.075	0.944	abc	0.023	0.781	bc	0.016
3.00-3.50	107	3.29	a	0.036	5.16	ab	0.103	0.905	bc	0.036	0.746	cd	0.027
3.50-4.00	84	3.33	a	0.039	5.23	ab	0.102	0.785	d	0.034	0.682	d	0.029
4.00-5.00	28	3.30	a	0.069	5.34	a	0.217	0.708	d	0.055	0.573	e	0.041

producción l.	n	Condición corporal		Días en lactación		Producción leche		Tasa de grasa					
		Media	Error	Media	Error	Media	Error	Media	Error				
0-10	29	3.32	a	0.178	321.8	a	10.874	8.28	f	0.287	4.39	a	0.153
11-20	306	2.71	b	0.057	253.8	b	4.664	16.48	e	0.150	4.01	b	0.043
21-30	539	2.27	c	0.037	163.0	c	3.669	25.45	d	0.123	3.73	bc	0.031
31-40	336	2.23	c	0.043	103.6	d	3.628	34.49	c	0.152	3.53	cd	0.039
41-50	82	2.09	c	0.073	74.9	de	4.717	44.24	b	0.287	3.26	d	0.087
>50	9	2.14	c	0.132	58.9	e	6.603	52.67	a	0.417	2.86	e	0.186

producción l.	n	Tasa de proteína		Rec. c. somáticas		Producción grasa		Producción proteína					
		Media	Error	Media	Error	Media	Error	Media	Error				
0-10	29	3.68	a	0.081	5.59	a	0.187	0.36	e	0.015	0.30	f	0.012
11-20	306	3.35	b	0.019	5.26	ab	0.059	0.66	d	0.009	0.55	e	0.005
21-30	539	3.14	c	0.013	4.95	bc	0.047	0.95	c	0.008	0.80	d	0.005
31-40	336	2.98	d	0.015	4.98	bc	0.062	1.22	b	0.014	1.03	c	0.007
41-50	82	2.90	d	0.027	4.56	c	0.123	1.44	a	0.037	1.28	b	0.012
>50	9	2.73	e	0.060	4.72	bc	0.250	1.50	a	0.096	1.44	a	0.030

estación	n	Condición corporal		Días en lactación		Producción leche		Tasa de grasa					
		Media	Error	Media	Error	Media	Error	Media	Error				
Primavera	268	2.38	a	0.055	156.2	b	7.511	27.19	b	0.636	3.82	a	0.048
Verano	285	2.49	a	0.056	213.1	a	4.799	22.48	c	0.406	3.84	a	0.043
Otoño	372	2.45	a	0.045	168.8	b	3.772	27.04	b	0.380	3.66	b	0.036
Invierno	376	2.21	b	0.044	135.5	c	5.291	29.08	a	0.495	3.64	b	0.043

estación	n	Tasa de proteína		Rec. c. somáticas		Producción grasa		Producción proteína					
		Media	Error	Media	Error	Media	Error	Media	Error				
Primavera	268	3.13	b	0.023	4.99	ab	0.072	1.01	a	0.023	0.828	b	0.017
Verano	285	3.23	a	0.019	5.15	a	0.065	0.85	b	0.017	0.718	c	0.012
Otoño	372	3.12	b	0.016	4.96	b	0.052	0.98	a	0.015	0.836	b	0.011
Invierno	376	3.10	b	0.018	5.00	ab	0.058	1.03	a	0.018	0.885	a	0.014

Tabla 7. *Cont.*

<i>Fecha control</i>	n	Condición corporal		Días en lactación		Producción leche		Tasa de grasa					
		Media	Error	Media	Error	Media	Error	Media	Error				
Enero	26	2.66	a	0.169	133.4	c	18.069	26.65	ab	1.416	3.48	c	0.148
Febrero	221	2.40	abc	0.051	166.9	bc	7.026	24.47	bc	0.585	3.64	bc	0.047
Marzo	180	2.16	c	0.062	161.2	bc	6.976	27.75	a	0.683	3.75	bc	0.047
Mayo	186	2.34	abc	0.085	163.1	bc	7.306	26.72	ab	0.615	3.60	bc	0.063
Junio	367	2.59	ab	0.044	164.1	bc	4.966	29.33	a	0.469	3.64	bc	0.035
Julio	95	2.32	bc	0.076	163.5	bc	11.072	29.81	a	0.844	3.87	b	0.081
Septiembre	54	2.38	abc	0.105	176.6	ab	13.262	21.57	cd	1.059	4.32	a	0.099
Octubre	44	2.34	abc	0.117	166.1	bc	15.623	23.30	c	0.839	3.65	bc	0.129
Noviembre	85	2.29	bc	0.077	176.6	ab	11.686	23.55	c	0.927	3.84	b	0.102
Diciembre	43	1.49	d	0.159	210.1	a	13.378	19.47	d	0.997	4.29	a	0.111
<i>Fecha control</i>	n	Tasa de proteína		Rec. c. somáticas		Producción grasa		Producción proteína					
		Media	Error	Media	Error	Media	Error	Media	Error				
Enero	26	3.16	bc	0.083	4.42	d	0.244	0.914	c	0.057	0.829	ab	0.036
Febrero	221	3.15	bc	0.024	5.17	abc	0.068	0.866	c	0.019	0.756	bc	0.016
Marzo	180	3.05	c	0.022	4.99	bc	0.079	1.033	ab	0.027	0.836	ab	0.020
Mayo	186	3.17	bc	0.024	5.12	abc	0.067	0.930	bc	0.022	0.833	ab	0.017
Junio	367	3.09	c	0.016	4.81	c	0.059	1.047	a	0.017	0.894	a	0.013
Julio	95	3.05	c	0.034	5.37	ab	0.118	1.134	a	0.035	0.893	a	0.022
Septiembre	54	3.38	a	0.051	4.79	c	0.167	0.913	c	0.043	0.709	c	0.030
Octubre	44	3.22	b	0.055	5.02	abc	0.191	0.831	c	0.035	0.737	c	0.022
Noviembre	85	3.36	a	0.038	5.10	abc	0.111	0.894	c	0.042	0.781	bc	0.029
Diciembre	43	3.22	b	0.057	5.42	a	0.205	0.816	c	0.037	0.609	d	0.024

Número de lactación

La **producción de leche**, la **producción de grasa** y la **producción de proteína** aumentan entre la primera y la tercera lactación, mientras que a partir de ésta, disminuyen progresivamente. El **recuento de células somáticas** aumenta con las lactaciones. Para la **producción de leche** y para la **producción de proteína** se observa, en el análisis de separación de medias, que existen diferencias significativas entre la primera y el resto de las lactaciones. Para la **producción de grasa** no se da esta diferencia. La **CC** es independiente del número de lactación.

Días en lactación

Agrupados en tramos preestablecidos, puede observarse que la **CC** de las vacas se movía en un plano inferior al deseado. Durante los primeros 150 días de lactación no bajan de los 2 puntos, pero la recuperación no se realiza según lo establecido. Así, la puntuación media de **CC** hacia el final de la lactación está por debajo de los 3,5 puntos recomendados. Como era de esperar la **producción de leche**, la **producción de grasa** y la **producción de proteína** iban disminuyendo hacia los tramos superiores, con diferencias significativas entre los tramos. En cambio la **tasa de grasa** y la **tasa de proteína**, aumentaban hacia los tramos superiores de la lactación. DePeters y Cant (1992), observaron un descenso del contenido de nitrógeno de la leche después del parto hasta las 5 ó 10 semanas postparto, mientras que a partir de esa fecha hasta el final de la lactación, el contenido de nitrógeno se incremento gradualmente. Las diferencias significativas para las medias de la **tasa de proteína** en los diferentes tramos de la lactación sugiere la existencia de una estrecha relación entre ambas variables. El **recuento de células somáticas**, en general también aumenta con los días en lactación, si bien el valor entre los 91 y 150 días rompa en parte la tendencia, ya que no presenta diferencias estadísticas significativas con el valor posterior.

Recuento de células somáticas

La **producción de leche**, la **producción de grasa** y la **producción de proteína** disminuyen, en términos generales, para las vacas con recuentos medios superiores a las 400000, con independencia de los días en lactación. A este respecto, Jones *et al.* (1984) afirman la existencia de una correlación negativa entre el recuento de células somáticas y la producción de leche. En cambio la **tasa de grasa** y la **tasa de proteína** aumentan con los recuentos superiores, aunque sólo en el caso de la **tasa de proteína** existen diferencias significativas entre las medias. Sobre este último resultado hay que hacer una aclaración, teniendo en cuenta que Franke *et al.* (1988), observaron en California un descenso en caseína ligado a un incremento en el número de leucocitos de la leche; y que DePeters y Cant (1992), afirman que las mastitis penalizan la síntesis de caseína y favorecen la de la proteína del suero. Esto hace pensar que, si bien se observa un incremento en la **tasa de proteína** a medida que lo hace el recuento de células somáticas, lo que verdaderamente se incrementa es el nitrógeno no proteico y la proteína del suero, mientras que disminuye la síntesis de caseína.

Condición corporal (CC)

La mayoría de las vacas obtuvieron puntuaciones entre 1.5 y 3.5, no obstante había un número representativo de ellas que se encuentran fuera de este margen, lo que hace suponer la existencia de defectos en el manejo alimenticio, que ha obligado al animal o bien a movilizar reservas corporales hasta límites peligrosos, o bien a acumularlas por encima de sus necesidades. La **producción de leche** es mayor en vacas con puntuaciones entre 1.5 y 2 que en aquellas con puntuaciones superiores. Las vacas con puntuaciones inferiores a 1.5 y las vacas con puntuaciones superiores a 2 tenían producciones menores.

Al comparar los **días en lactación** con la **producción de leche** se observó que existía una influencia significativa de los **días en lactación** sobre la **producción de leche** y, por tanto, no se podían adjudicar las diferencias de producción a la variación de **CC**. Por eso se realizó el análisis de la varianza (GLM, SAS) y la separación de medias, de las diferentes variables productivas, en función de la **CC corregida para días en lactación**. De los resultados del análisis (tabla 8) se confirmó que la **producción de leche** era superior para las vacas del tramo **1.5-2** puntos de **CC**, seguidas de las del tramo **1-1.5** y, a continuación de las del tramo **2-3.5**, y, por último, se comprobó que las vacas con menor **producción de leche** lo ocupaban las más delgadas y las más gordas, en este orden. Se puede deducir que para obtener una buena **producción de leche** las vacas deben tener una **CC** entre 1.5 puntos y 3.5 puntos. En la misma línea de resultados, Sieber *et al.* (1988) observaron que las vacas delgadas presentan una mayor producción de leche y producción de grasa que las vacas gordas. La explicación de por qué las *más delgadas* producían más leche que las *más gordas*, puede atribuirse al hecho de que las vacas delgadas comen más que las gordas, ingiriendo más materia seca. Garnsworthy y Huggett (1992), observaron que las vacas más gordas comen menos que las delgadas, mientras que Pedron *et al.* (1993), afirman que a mayor puntuación de la condición corporal menor es la ingesta del animal. Esto les permite disponer de más energía y nutrientes, y evitar problemas carenciales ligados a la disminución de la ingesta de raciones equilibradas, que no pueden ser cubiertas por la movilización de reservas corporales ya que no disponen de ellas. Polan *et al.* (1997), en la misma línea remarcan la importancia de la ingesta en los modelos de nutrición, ya

que alimentos con bajos porcentajes de aminoácidos, pueden ser deficitarios si no se ingieren en suficiente cantidad. Tampoco hay que olvidar, que en general, las vacas son de alta producción con una gran capacidad de movilizar reservas en el periodo de máxima producción lechera.

La **producción de grasa** y, de forma más marcada, la **producción de proteína** siguen una distribución similar a la **producción de leche**, mientras que la **tasa de proteína** se incrementa en general con la **CC**, sí bien hay dos valores que rompen la tendencia.

Producción de leche

La **tasa de proteína** y la **tasa de grasa** disminuyen con la **producción de leche** de manera muy acentuada, ya que el nivel de producción está muy relacionado con los **días en lactación**. La **producción de proteína** y la **producción de grasa** aumentan con la **producción de leche**. El **recuento de células somáticas**, en general, disminuye con la **producción de leche**, aunque no existen diferencias estadísticas significativas entre ellos.

Estación

Se corrigió el efecto estación en que se produce el parto para **días en lactación** ya que se observó que esta variable enmascaraba los resultados. La **producción de leche** era superior en las vacas que parían en invierno, aunque sin diferencias significativas con las que lo hacían en otoño y en primavera. Con las que sí existen estas diferencias son con las vacas que paren en verano. Por contra Haresing (1988), observó en el Reino Unido que las vacas que parían en primavera eran las que presentaban mayor número de días en lactación, debido al peor estado corporal que presentaban estos animales tras salir del invierno, y que provocaba un balance energético negativo y el consiguiente retraso en la aparición de celos. El hecho que en este estudio sean las vacas que paren en verano las que presenten mayor número de días en lactación, permite apuntar la idea de que el racionamiento, en general, es correcto y todo depende de la ingestión, que en verano se ve penalizada por el estrés de las altas temperaturas y reduce la disposición de energía y nutrientes que van a producción.

La **producción de proteína**, al igual que la de la leche, es máxima en invierno y mínimo en verano, mientras que la **producción de grasa** es máxima en primavera y mínima en verano. A pesar de estos pequeños matices, la separación de medias en ambos casos es similar a la de la **producción de leche**.

La **tasa de grasa** es máxima para las vacas que paren en primavera y mínima para las que paren en otoño. La **tasa de proteína** es máxima en las vacas que paren en verano y mínima en las que paren en otoño. El **recuento de células somáticas** es máximo en las vacas que paren en verano y mínimo en las que paren en otoño. En todos los casos no existen diferencias estadísticas significativas entre las estaciones en que se produce el parto. Idénticos resultados fueron observados por Wiggans y Van Vleck (1977), Norman *et al.* (1978) y Schutz *et al.* (1990), que observaron que las tasas de proteína son superiores en aquellos animales con partos entre los meses de abril y agosto, mientras que son inferiores para los que los hacen entre septiembre y marzo. Agabriel *et al.* (1995), por su parte, también observaron en un estudio realizado en la zona central de Francia, que las vacas que parían en verano presentaban un mayor recuento de células somáticas que las que lo hacían en invierno.

Fecha del control

La **producción de leche**, la **producción de grasa** y la **producción de proteína** fueron más altas en los meses de marzo, mayo, junio y julio, y más bajas para los meses entre septiembre y diciembre. En cambio, la **tasa de proteína** fue menor entre marzo y julio, y mayor entre los meses de septiembre y diciembre, resultados que están en la línea de los recogidos por DePeters y Cant (1992) en que las altas temperaturas penalizan la tasa de proteína de la leche. Durante estos meses se registraron los menores niveles de producción de leche, de grasa y de proteína.

Se observa, en la mayoría de los resultados expuestos hasta ahora, que la **producción de leche**, la **producción de grasa** y la **producción de proteína** siguen la misma tendencia, mientras que la **tasa de proteína** suele seguir, en general, la contraria. La **tasa de grasa** y el **recuento de células somáticas** no presentan una tendencia marcada, con relación al resto de las variables productivas. Tan sólo el **recuento de células somáticas** parece estar relacionado con la **tasa de proteína**. Sobre este punto, no se puede extraer conclusiones, ya que el sistema utilizado para el análisis de la tasa de proteína, no permite diferenciar entre proteína verdadera y nitrógeno no proteico.

Para ver si esta tendencia se generaliza, se realizó la representación gráfica de las principales variables productivas individuales respecto a las semanas en lactación (Figura 5.1), y al mismo tiempo ver si estas gráficas pueden utilizarse como base de gestión de las explotaciones de vacuno lechero.

En estos gráficos se observa que la **condición corporal**, para el conjunto de todas las vacas del estudio, desciende de forma marcada durante las primeras 11 semanas, recuperándose a partir de esta. Las vacas inician su lactación con una puntuación inferior a 3 puntos y, mayoritariamente, no pierden más de un punto de CC durante la primera fase de lactación (90 días). Hacia el final de la lactación se alcanza una puntuación próxima a los 3.5, aunque una vez cumplidas 60 semanas y no las 44. Dando idea de una mala gestión de las reservas corporales. Hacia el final de las lactaciones los “dientes de sierra” se hacen más marcados, en algunos casos debido a que el número de animales que alcanzan este periodo es reducido y los valores son poco representativos. Aun así, parece lógico pensar que si las vacas se moviesen en un plano superior al actual, podrían disponer de suficientes reservas para hacer frente a sus necesidades productivas, sin tener que penalizar otras funciones biológicas como las reproductoras.

La **producción de leche** se inicia con una media próxima a 27 Kg por vaca y día, alcanzando un pico medio de 35 Kg a las 10 semanas, y disminuyendo a partir de ahí, casi de forma lineal hasta 15 Kg al final de la lactación.

La **producción de grasa** y la **producción de proteína**, con un leve crecimiento durante el inicio de la lactación, disminuyen linealmente durante la lactación. El hecho de que ambas presenten un marcado paralelismo y las mismas oscilaciones que la **producción de leche**, sobretodo hacia el final del ciclo productivo, dan idea que estas variables dependen en un alto porcentaje de la **producción de leche** y no de sus propias tasas.

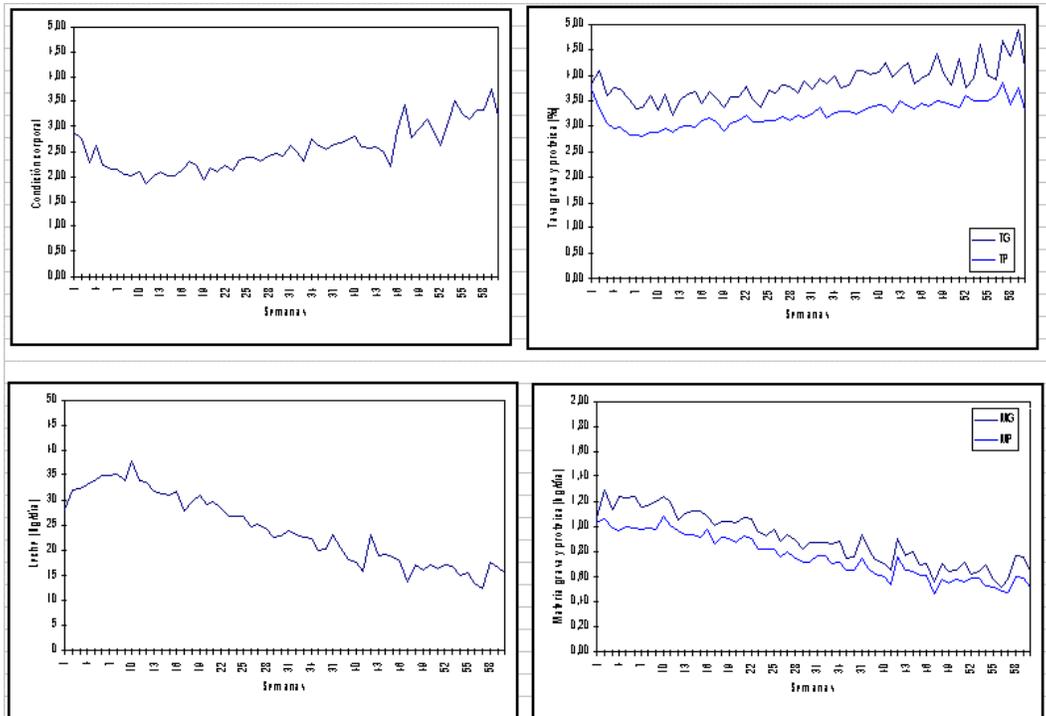


Figura 5.1.- Representación gráfica de los principales parámetros productivos de la vaca respecto a las semanas en lactación. En los gráficos de la derecha la grasa se representa en trazo continuo y la proteína en discontinuo.

La **tasa de grasa** y la **tasa de proteína** descienden durante las primeras semanas de lactación para después crecer linealmente hasta el final de la misma. Sí bien las tasas son idénticas al inicio del ciclo productivo, éstas se van separando a medida que se avanza, siendo la **tasa de grasa** la que presenta una mayor pendiente. La **tasa de proteína** presenta una línea muy bien definida y con pocas variaciones, mientras que la **tasa de grasa** presenta oscilaciones, más marcadas hacia el final de las lactaciones. Esto confirmaría la idea expresada por muchos autores que indican que la **tasa de proteína**, a diferencia de la **tasa de grasa** no se ve influenciada, o en menor medida, por los desequilibrios nutricionales y de manejo de la explotación.

Tabla 8.

CC	n	Condición corporal		Días en lactación		Producción leche		Tasa de grasa					
		Media	Error	Media	Error	Media	Error	Media	Error				
0.00-0.50	47	0.43	i	0.026	157.0	cd	14.896	25.04	cd	2.568	3.69	ab	0.277
0.50-1.00	76	0.99	h	0.005	154.0	cd	9.399	26.51	abc	0.780	3.71	a	0.084
1.00-1.50	145	1.50	g	0.002	138.1	d	7.072	27.94	a	0.567	3.48	b	0.061
1.50-2.00	330	1.97	f	0.005	147.6	d	4.579	27.72	a	0.376	3.72	a	0.040
2.00-2.50	285	2.47	e	0.005	151.8	cd	5.547	26.94	ab	0.403	3.75	a	0.043
2.50-3.00	199	2.97	d	0.005	182.7	bc	7.124	26.16	bc	0.483	3.77	a	0.052
3.00-3.50	107	3.47	c	0.008	205.4	b	12.230	25.30	c	0.661	3.93	a	0.071
3.50-4.00	84	3.96	b	0.010	239.0	a	11.057	24.78	cd	0.756	3.72	a	0.081
4.00-5.00	28	4.51	a	0.020	243.6	a	21.376	22.02	d	1.293	3.93	a	0.139

CC	n	Tasa de proteína		Rec. c. somáticas		Producción grasa		Producción proteína					
		Media	Error	Media	Error	Media	Error	Media	Error				
0.00-0.50	47	2.93	c	0.115	-	-	-	0.869	cd	0.106	0.711	cd	0.076
0.50-1.00	76	3.04	c	0.035	-	-	-	0.958	abcd	0.032	0.799	bc	0.230
1.00-1.50	145	3.08	bc	0.025	-	-	-	0.944	bcd	0.023	0.848	a	0.170
1.50-2.00	330	3.13	b	0.017	-	-	-	1.012	a	0.015	0.857	a	0.011
2.00-2.50	285	3.17	ab	0.018	-	-	-	0.986	ab	0.017	0.837	ab	0.012
2.50-3.00	199	3.13	b	0.021	-	-	-	0.971	abc	0.020	0.803	bc	0.014
3.00-3.50	107	3.24	a	0.029	-	-	-	0.970	abc	0.027	0.780	bc	0.019
3.50-4.00	84	3.23	a	0.034	-	-	-	0.906	cd	0.031	0.782	c	0.022
4.00-5.00	28	3.19	ab	0.058	-	-	-	0.837	d	0.053	0.680	d	0.038

Estación	n	Condición corporal		Días en lactación		Producción leche		Tasa de grasa					
		Media	Error	Media	Error	Media	Error	Media	Error				
Primavera	268	2.40	ab	0.053	156.2	b	7.511	26.63	a	0.416	3.84	a	0.045
Verano	285	2.38	ab	0.052	213.1	a	4.799	25.10	b	0.413	3.75	ab	0.045
Otoño	372	2.44	a	0.045	168.8	b	3.772	27.19	a	0.352	3.66	b	0.038
Invierno	376	2.28	b	0.045	135.5	c	5.291	27.36	a	0.356	3.69	b	0.039

Estación	n	Tasa de proteína		Rec. c. somáticas		Producción grasa		Producción proteína					
		Media	Error	Media	Error	Media	Error	Media	Error				
Primavera	268	3.15	a	0.019	5.00	a	0.067	0.989	a	0.017	0.814	ab	0.012
Verano	285	3.16	a	0.019	5.08	a	0.067	0.931	b	0.170	0.784	b	0.012
Otoño	372	3.12	a	0.160	4.95	a	0.057	0.981	a	0.150	0.840	a	0.010
Invierno	376	3.15	a	0.016	5.04	a	0.057	0.978	a	0.150	0.841	a	0.010

Condición corporal y variables de la explotación

Datos individuales (vacas)

Los resultados de la regresión múltiple entre la CC y las variables productivas se muestran en la tabla 10.

Tabla 10. Sumario del análisis de Regresión Múltiple paso a paso, para caracterizar la CC en función de las variables productivas de las vacas.

Variable	R ² parcial	R ² del modelo	Nivel de significación (p)
DEL_i	0.0644	0.0644	0.0001
Tp	0.0213	0.0857	0.0001
Mp_i	0.0045	0.0902	0.0120
Pl_i	0.0023	0.0925	0.0694
Mg_i	0.0018	0.0943	0.1092
Tg_i	0.0045	0.0988	0.0119

DEL_i- N° de días en lactación de la vaca *i*. PL_i- Producción de leche de la vaca *i*. Tg_i- Tasa de grasa de la leche de la vaca *i*. Tp_i- Tasa de proteína de la leche de la vaca *i*. Mg_i- Producción de grasa de la leche de la vaca *i*. Mp_i- Producción de proteína de la leche de la vaca *i*.

Las variables del modelo **número de lactación** y **recuento de células somáticas** en escala logarítmica, no se incluyen en los resultados ya que su nivel de significación es muy superior a 0.05.

Los resultados muestran la validez del modelo planteado para predecir la CC, pero ésta se ve explicada en tan solo algo más de un 9% a través de las diferentes variables que intervienen ($p < 0.05$). Los **días en lactación**, es la variable que explica en mayor grado la variación de la CC, seguida de la **tasa de proteína**, la **producción de proteína** y la **tasa de grasa**.

Los **días en lactación** representan los cambios de todo tipo que experimenta la vaca a través de su ciclo productivo: capacidad de ingestión, balance energético negativo y nivel de producción. No obstante, no hay que olvidar que, para interpretar la puntuación de CC es necesario enfrentarla a días en lactación.

La segunda variable representativa es la **tasa de proteína**, que está muy ligada al nivel energético del animal, ya que es el componente de la leche que más energía necesita para su síntesis (Rulquin, 1997). Para Balch y Argamenteria (1992) el nivel energético de la dieta, así como las variaciones que éste puede experimentar, se traducen en una variación de la CC. Así pues en el modelo, la **tasa de proteína** es la principal variable productiva indicadora de la variación del nivel energético del animal. La explicación a esta relación se puede encontrar si se analizan ambas variables en un estado cualquiera de la lactación. Así por ejemplo, en el final de la lactación coinciden diferentes aspectos: en primer lugar el animal ha recuperado su capacidad de ingestión y por lo tanto puede aumentar la energía ingerida y, en segundo lugar, el nivel de producción disminuye, no demandando dicho proceso tanta energía durante este periodo. Esto provoca un exceso de energía que se destina a recuperar los tejidos movilizados (CC) durante el inicio de la lactación, y a mantener la viabilidad del feto. Y la que llega a la glándula mamaria se dirige en mayor parte a la síntesis proteica.

El hecho de que la **tasa de grasa** no tenga el mismo nivel de significación que el de la **tasa de proteína**, a pesar de tener una tendencia muy similar, se explicaría teniendo en cuenta que su síntesis depende principalmente de la producción en ácidos grasos en el rumen y de su llegada a la glándula mamaria. Al inicio de la lactación la incorporación de alimentos *no forrajeros* es muy elevada con la consiguiente caída de la **tasa de grasa**, mientras que hacia el final de la lactación la incorporación de alimentos *no forrajeros* se disminuye y, precisamente es entonces cuando la tasa aumenta.

La única variable que presenta una relación lineal inversa con la CC es la **producción de proteína**. Para encontrar una posible explicación, se debe observar los gráficos correspondientes en la figura 5.1. En ellos se observa que tanto la **producción de grasa** como la **producción de proteína** presentan tendencias contrarias a las de sus tasas y sin embargo, en líneas generales, presentan la misma tendencia que la de **producción de leche**. Esto unido al hecho de que la máxima **producción de leche** se consigue

durante la primera fase de la lactación, que es cuando la vaca se encuentra en balance energético negativo y se ve obligada a movilizar reservas, explicaría esta relación inversa entre la **CC** y la **producción de proteína**.

La **producción de leche** es un variable no significativa, aunque tiene cierta tendencia a serlo. El hecho de que la **producción de leche** está incluida dentro de la variable **producción de proteína**, que además integra en parte la variable **tasa de proteína**, explicaría esta situación.

Datos medios (explotación)

Los modelos en los que se analiza la relación entre la **CC** media de la explotación y las variables productivas medias de la explotación, las variables de la ración, y las variables genéticas no han dado, en ningún caso, resultados significativos. Esta situación lleva a pensar que las medias de las diferentes variables productivas no son una buena base para caracterizar la **CC** de la explotación. Las posibles causas residen en la alta variabilidad de las medias, ya que en las explotaciones existen vacas en todos los estados de la lactación. Respecto al modelo referente a las variables de la **ración**, sí bien recoge las características cuantitativas y cualitativas de la ración, no refleja un aspecto clave como la cantidad de ración ingerida. La carencia no es casual, ya que la recogida de valores referentes a la ingestión real por parte de los animales, está fuera del cometido normal de la labor de asesoramiento y extensión. Llevar a cabo esta práctica resultaría dificultosa y, además, alteraría el funcionamiento normal del manejo de la explotación (la explotación es donde se realiza una actividad con finalidades económicas y sociales). Por último, la falta de significación del modelo referente a las variables genéticas podría deberse al hecho de que en las explotaciones conviven animales de valores genéticos dispares, contrariamente a la suposición de que la selección y la mejora genética alcanzan al conjunto de las explotaciones.

La ausencia de resultados significativos responde posiblemente a que el modelo no permite detallar otras variables que influyen en la vaca (superficie por animal (m²/vaca), accesibilidad al comedero -Nº de comederos/vaca-, superficie de reposo, etc.). Todos estos aspectos y muchos más se podrían incluir dentro del denominado “*efecto explotación*”, que recoge todas aquellas prácticas de manejo que se llevan a cabo dentro de una explotación, permitiendo, además, incluir la información referente a la situación comarcal de la explotación. Este dato puede ser interesante ya que la situación geográfica, lleva asociado una climatología, unos cultivos que sirven de alimentos a los animales y, seguramente, una tradición en el manejo de las explotaciones que influyen en el estado y productividad de los animales. Franke *et al.* (1988), observaron a este respecto, que el efecto regional es significativo, en California, a la hora de predecir la tasa de proteína de la leche, ya que según ellos representaba el manejo característico de cada zona.

Condición corporal y duración de la lactación

Del análisis estadístico del modelo inicial planteado, se observa que tan solo la variable **Lote**, (variable que indica la posición de la **CC** media entre los 91 y los 150 días, respecto del valor 2) es significativa. La predicción del porcentaje de vacas con más de 305 días en lactación, se explica en un 34.22% a través de ella (tabla 11).

En un nuevo modelo, sin las variables Grupo y Nivel, se pierde potencia respecto al modelo 1, ya que se pasa de 0.3422 a 0.3372, pero se gana en nivel de significación tanto para la variable Lote incluida en el modelo 2, como para el modelo en general.

Tabla 11. Análisis de Regresión Múltiple, porcentaje de vacas con más de 305 días en lactación, en función de la variación de la CC.

Variable	MODELO INICIAL		MODELO 2	
	Coefficiente (b)	Nivel significación	Coefficiente (b)	Nivel significación
Constante	19.4395	0.0002	18.0000	0.0001
GRUPO	-0.5221	0.7722	-	-
LOTE	-5.8190	0.0022	-5.7500	0.0004
NIVEL	-0.3971	0.8281	-	-
R²	0.3422		0.3372	
Nivel de significación (p)	0.0063		0.0004	

GRUPO, Variable que representa la pérdida de más de un punto de CC durante los primeros 90 días en lactación, con relación a la CC al parto. Estableciendo la posibilidad de distribuir las vacas en dos grupos, según la diferencia entre la CC_{sec} y la CC₀₋₉₀ fuera menor de 1 (GRUPO 1), o igual o mayor a 1 (GRUPO 2).

LOTE, Variable que indica la posición de la CC media entre los 91 y los 150 días, respecto del valor 2 tomado como referencia. Estableciendo la posibilidad de distribuir las vacas en dos grupos, según su condición corporal fuera inferior a 2 (LOTE 1) o igual o superior a 2 (LOTE 2).

NIVEL, Variable que representa la continuidad o no del balance energético negativo más allá de los 90 días de lactación. Este balance se expresa por la diferencia entre la CC media de las vacas entre el parto y los 90 días y la CC media de las vacas entre 91 y 150 días en lactación. Estableciendo dos grupos, si $(CC_{0-90} - CC_{91-150}) \geq 0$ (NIVEL 1), y si $(CC_{0-90} - CC_{91-150}) < 0$ (NIVEL 2).

El modelo que mejor explicaría la variable DEL>305 sería el siguiente:

$$DEL_{>305} = 18 - 5.75 \cdot LOTE \quad (R^2 = 0.3372, p=0.0004)$$

En consecuencia, en una explotación cuando la **condición corporal** media de las vacas entre **91 y 150** días en lactación, sea inferior a **2** el porcentaje de vacas con lactaciones superiores a los 305 días será mayor. En cambio, de los resultados obtenidos, ni la pérdida de más de un punto de **CC** durante los primeros 90 días (GRUPO), ni la pérdida continuada de los 91 a los 150 días (NIVEL), son variables significativas para predecir el porcentaje de vacas con más de 305 días en lactación (DEL>305).

La mayoría de las vacas incluidas en el estudio son de alta producción, con gran potencial para movilizar sus reservas corporales, siempre y cuando tengan una condición corporal correcta al parto. Respecto a la segunda variable no significativa (NIVEL), parece ser que el hecho de que las vacas sigan con el balance energético negativo, entre los 91 y los 150 días, no influye en su actividad reproductora a no ser que esta situación las lleve a puntuaciones a 2 puntos en CC.

A este respecto, Moreira *et al.* (1998), observaron que las vacas con CC inferior a los 2.5 puntos (en una escala de 1 hasta 5), presentaban un ratio de preñez al primer servicio peor que el obtenido por vacas con CC superior a los 2.5 puntos. Si se adaptan estos resultados a la escala utilizada en la evaluación de la CC seguida en este estudio (de 0 hasta 5), los 2.5 puntos equivalen a 2 puntos, que coinciden con el límite marcado en el modelo.

Proteína y variables de la explotación

En la tabla 12 se recogen los resultados obtenidos del análisis de los modelos planteados por Masalles (1996) y que modelizaban la **producción de proteína** en función de la **CC** de las vacas en lactación, y los resultados de aplicarlo a los datos del estudio.

Tabla 12. Sumario del análisis de Regresión Simple, para comparar los modelos definidos por Masalles (1996), en los que se modeliza la producción de proteína media, y la tasa de proteína media, en función de la condición corporal media de las vacas en lactación.

Variable	MODELO ESTUDIO		MODELO MASALLES	
	$M_{PE} = CC_M$		$M_{PE} = CC_M$	
	Coefficiente (b)	Nivel significación (p)	Coefficiente (b)	Nivel significación (p)
Constante	0.6646	0.0004	-0.0518	0.0068
CC_M	0.0974	0.1704	0.3838	0.0001
R^2	0.0579		0.6779	
Nivel de significación	0.1704		0.0001	
Variable	$T_{Pp} = CC_M$		$T_{Pp} = CC_M$	
	Coefficiente (b)	Nivel significación (p)	Coefficiente (b)	Nivel significación (p)
	Constante	2.8826	0.0001	2.4368
CC_M	0.0802	0.1376	0.2792	0.0108
R^2	0.0676		0.3816	
Nivel de significación	0.1376		0.0108	

Con los datos del presente estudio, aplicando el modelo utilizado por Masalles (1996), tanto para la **tasa de proteína** como para la **producción de proteína** -datos medios (explotación)- ni los modelos, ni la variable explicativa **CC** son significativos.

Las diferencias entre los dos resultados, deben buscarse en la metodología seguida. En el caso de Masalles (1996), los datos de partida se obtuvieron a partir de cuatro explotaciones situadas en la provincia de Girona, y a las que se realizaron cuatro controles separados en el periodo de un año. En el presente estudio, sí bien el número de explotaciones incluidas es mucho mayor, tan solo se realizó un control en cada una de ellas. Por lo que podría apuntarse la idea, de que para predecir la **tasa de proteína** o la **producción de proteína**, como valores medios en una explotación, a partir de la valoración de la **condición corporal** de las vacas en lactación se deberá contar con más controles de la **CC** a lo largo del año.

Una vez comparados los modelos, se realizaron los análisis estadísticos de los modelos en los que se intentaba caracterizar tanto la **producción de proteína**, como la **tasa de proteína**, bien a través de las variables productivas y de la condición corporal, entendida ésta como la expresión del manejo en una explotación, bien a través de las variables de la ración, bien a través de las variables genéticas. En los análisis se emplearon los *datos individuales* (vacas), y los *datos medios* (explotación).

Producción de proteína y variables productivas y CC

Datos individuales (vacas)

En la tabla 13 se resume el análisis de regresión múltiple para el modelo **producción de proteína** y variables de la producción y la **CC**, con los pasos sucesivos del mismo, empleando los datos de todas las vacas del estudio.

La **producción de proteína** en el modelo 1 se ve explicada en un 98.67 % a través de las diferentes variables que intervienen ($p < 0.05$). Todas las variables consideradas como explicativas son válidas, excepto las variables **días en lactación**, que tienen tendencia a serlo, y el **recuento de células somáticas** en escala logarítmica. La **producción de leche** es la variable que mejor expresa la **producción de proteína** (90.21 %), seguida de

la **tasa de proteína**, de la **tasa de grasa** de la **producción de grasa** de la **CC**, del **número de lactación** y de los **días en lactación**

Tabla 13. Sumario del análisis de Regresión Múltiple paso a paso, para caracterizar la producción de proteína individual, en función de las variables productivas y de la CC.

Variable	MODELO					
	1		2		3	
	Coefficiente de determinación (R ²)	Nivel de significación (p)	Coefficiente de determinación (R ²)	Nivel de significación (p)	Coefficiente de determinación (R ²)	Nivel de significación (p)
NL _i	0.0001	0.0085	-	-	0.0012	0.1247
DEL _i	0.0000	0.0527	0.0003	0.0041	0.3373	0.0001
PL _i	0.9021	0.0000	*	*	*	*
Tg _i	0.0035	0.0001	0.2145	0.0001	0.0078	0.0001
Tp	0.0803	0.0000	0.0792	0.0001	0.0054	0.0012
CC _i	0.0001	0.0004	0.0006	0.0001	0.0028	0.0185
Mg _i	0.0005	0.0001	0.6570	0.0001	*	*
LRCS _i	-	-	0.0001	0.1331	0.0045	0.0028
R² modelo	0.9867		0.9517		0.3590	
p modelo	0.0000		0.0000		0.0001	

*: Variables excluidas del modelo.

NL_i- N° de lactación de la vaca i. DEL_i- N° de días en lactación de la vaca i. PL_i- Producción de leche de la vaca i. Tg_i- Tasa de grasa de la leche de la vaca i. Tp_i- Tasa de proteína de la leche de la vaca i. Mg_i- Producción de grasa de la leche de la vaca i. LRCS_i- Valores de RCS_i transformados en escala logarítmica. CC_i- Condición corporal de la vaca i.

La concentración del peso en una variable permite apuntar la idea de que la **producción de proteína** depende básicamente de la **producción de leche**, con los datos individuales.

En el modelo 2, excluida la **producción de leche**, se observa una ligera pérdida de potencia respecto al modelo 1, aunque continúa siendo significativo. Todas las variables del modelo, excepto el **número de lactación** y el **recuento de células somáticas** en escala logarítmica, son altamente significativas (p<0.05). La variables más explicativa es la **producción de grasa** (65.70 %) seguida de la **tasa de grasa** (21.45 %), la **tasa de proteína**, la **CC** y los **días en lactación**

La **producción de grasa** depende también de la **producción de leche**, y por eso asume ahora el papel más explicativo. El hecho de que el segundo lugar, con un 21,45%, lo ocupe la **tasa de grasa** y no la **tasa de proteína**, como sería de esperar ya que se intenta explicar la **producción de proteína**, puede deberse a que la **tasa de grasa** es una parte de la composición de la leche, junto con la **producción de leche**, más fácil de modificar a través de la alimentación. Como afirman Sutton (1981) y Rémond (1985), la producción de proteína varía con los niveles de energía de la ración, mientras que Balch y Argenteria (1992), afirman que el contenido en proteína de la leche está marcadamente influenciada por la ingesta de energía metabolizable.

Generalmente los incrementos de energía se hacen sobre la base de la adición, en las raciones forrajeras, de alimentos *no forrajeros*. Estos alimentos, pueden alterar el buen funcionamiento de la rumia y del proceso de fermentación que tiene lugar en el rumen, modificando la producción y la proporción de ácidos grasos volátiles, de los que depende la **tasa de grasa** de la leche. En este sentido, Bernard y Calhoun (1997), observaron que los cambios en la composición de la leche eran función de la producción de ácidos grasos volátiles, mientras que Nocek y Russell (1988) afirman que la variación del crecimiento microbiano puede causar un 44 por 100 de variación en la producción. La importancia de la producción de ácidos grasos volátiles se remarca en multitud de estudios, así DePeters y Cant (1992), afirman que los incrementos de energía con la adición de alimentos *no forrajeros* en la ración, afecta al proceso

fermentativo y a los microorganismos ruminales, mientras que Ashes *et al.* (1997), van un poco más allá y recomiendan suplementar la proteína y la energía de la ración, tanto en cantidad como en calidad para no afectar a la producción de ácidos grasos volátiles.

En el modelo 3, en el que se han excluido las variables **producción de leche** y **producción de grasa**, hay una pérdida importante de potencia del modelo (0.3590 frente a 0.9517), aunque continúa siendo significativo. De todas las variables del modelo, los **días en lactación**, que en los dos modelos anteriores no presentaba importantes coeficientes de determinación, se ha convertido en la variables más explicativa (33.73 %), seguida de la **tasa de grasa** de la **tasa de proteína**, del **recuento de células somáticas** en escala logarítmica y de la **CC**. El **número de lactaciones** sigue siendo, igual que en el modelo 2, una variable no significativa. El incremento del coeficiente de determinación referente a los **días en lactación**, se puede deber a que esta variable ha pasado a representar en el modelo la variación en el tiempo de todos aquellos factores que afectan al animal (producción, capacidad de ingestión, balance energético, etc.), y que en el modelo 1 estaba representaba por la **producción de leche** y en el 2 por la **producción de grasa**. En este sentido Jenness (1986) y Schutz *et al.* (1990) observaron que el estado de lactación era el factor clave para la producción de proteína.

El modelo definitivo quedaría definido de la siguiente forma:

$$Mp_i = 1.0779 - 0.0014 \cdot DEL_i - 0.0405 \cdot Tg_i + 0.0794 \cdot Tp_i - 0.0153 \cdot CC_i - 0.0152 \cdot LRCS_i$$

($R^2 = 0.3590$ $p = 0.0001$)

De él se desprende:

Que los **días en lactación** presentan una relación lineal negativa con la **producción de proteína**, de tal forma que a medida que se avanza en la lactación, la producción de proteína empeorará.

Que la **tasa de grasa** presenta una relación lineal negativa con la **producción de proteína**, que confirma la tendencia mostrada en la figura 5.1 en donde, cuando la tasa de grasa crece la producción de proteína disminuye.

Que la **tasa de proteína**, como era de esperar, presenta una relación lineal positiva con la **producción de proteína**, ya que su valor depende del producto entre producción de leche y tasa de proteína.

Que la **CC** de las vacas, que por sí sola y en las condiciones de trabajo de este estudio, no es capaz de explicar las variaciones de la tasa de proteína, sí es significativa dentro del modelo, presentando una relación lineal negativa con la producción de proteína, de manera que a más CC peores resultados en la tasa de proteína.

Que el **recuento de células somáticas** en escala logarítmica guarda una relación lineal negativa con la producción de proteína, es decir que a medida que aumenta el número de células somáticas en la leche disminuye la producción de proteína. Este resultado refleja la influencia negativa de los procesos que alteran el funcionamiento mamario, que tienen como reflejo el incremento del recuento de células somáticas, en la producción del animal. Es un hecho reconocido y aceptado por todos, la utilidad del recuento celular para detectar problemas de salud del animal y para estimar las pérdidas ocasionadas sobre la producción.

datos medios (explotación)

Los resultados del análisis del modelo planteado se recogen en la tabla 14. El modelo para predecir la media de la **producción de proteína** en una explotación es significativo y con un coeficiente de determinación alto (98.28 %) a través de las variables **producción de leche**, **tasa de grasa** **producción de grasa** y **tasa de proteína**. Las variables **número de vacas** de la explotación, media del **número de lactaciones**, media de los **días en lactación**, **CC** media y la media del **recuento de células somáticas** en escala logarítmica no son válidas para el nivel de significación establecido.

Tabla 14. Sumario del análisis de Regresión Múltiple paso a paso, para caracterizar la producción de proteína media de la explotación, en función de las variables productivas medias y de la **CC** media de la explotación.

Variable	MODELO					
	1		2		3	
	Coefficiente de determinación (R ²)	Nivel de significación (p)	Coefficiente de determinación (R ²)	Nivel de significación (p)	Coefficiente de determinación (R ²)	Nivel de significación (p)
NV	-	-	-	-	0.0840	0.0463
PL _E	0.6230	0.0001	*	*	*	*
Tg _E	0.1777	0.0001	0.1426	0.0082	0.1082	0.0326
Tp _E	0.0033	0.0257	0.1373	0.0310	0.1373	0.0310
CC _M	-	-	-	-	0.1082	0.0432
Mg _E	0.1788	0.0001	0.1863	0.0064	*	*
R² modelo	0.9828		0.4662		0.4346	
p modelo	0.0001		0.0003		0.0017	

* variables excluidas del modelo.

NV.- N° de vacas de la explotación. PL_E- Producción de leche media de la explotación. Tg_E- Tasa de grasa de la leche media de la explotación. Tp_E- Tasa de proteína de la leche media de la explotación. Mg_E- Producción de grasa de la leche media de la explotación. CC_M- Condición corporal media de las vacas de la explotación.

En el modelo 2, excluida del modelo 1 la variable **producción de leche** hay una pérdida importante de potencia respecto al modelo 1 (0.4662 frente a 0.9828), aunque sigue siendo significativo. Las variables significativas son la media **producción de grasa** y las medias **tasa de grasa** y **tasa de proteína**.

En el modelo 3, excluida del modelo 2 la variable **producción de grasa** hay una pérdida de potencia (0.4346 frente a 0.4662), aunque menor que el registrado entre los modelos 1 y 2. En este caso las variables significativas son las medias **tasa de grasa** y **tasa de proteína**, la media **CC** y el **número de vacas** de la explotación.

El modelo definitivo quedaría de la siguiente forma:

$$Mp_E = 2.3028 + 0.0027 \cdot NV_E + 0.1828 \cdot Tg_E - 0.8230 \cdot Tp_E + 0.1587 \cdot CC_M$$

(R² = 0.4376 p = 0.0017)

Del que se deduce:

Que el **número de vacas** de la explotación presenta una relación lineal positiva con la producción de proteína media de la explotación, de tal forma que el incremento del número de vacas se traduce en una mejora en la producción de proteína. Una posible explicación, pasaría por el hecho de que cuando una explotación aumenta su número de animales, este incremento suele ir acompañado de una serie de reformas y mejoras en las instalaciones (sala de ordeño, sistemas de alimentación, estabulaciones) necesarias para hacer frente a la nueva dimensión, y que suponen una mejora en el confort de las

vacas que se traduce en un incremento de la producción de leche y por lo tanto de proteína.

Que la **tasa de grasa** media de la explotación presenta una relación lineal positiva con la producción de proteína media de la explotación, de tal forma que una mejora en la tasa de grasa media de la explotación se traduce en el incremento de la producción de proteína media de la explotación.

Que la **tasa de proteína** media de la explotación presenta una relación lineal negativa con la producción de proteína media de la explotación, por lo que la mejora de la primera empeora los resultados de la segunda.

Que la **CC** media de las vacas en lactación presenta una relación lineal positiva con la producción de proteína media de la explotación. Según esto, una mejora en el estado nutricional del rebaño permite alcanzar cotas superiores en la producción de proteína media de la explotación.

Si se comparan las relaciones obtenidas en los modelos que caracterizan la producción de proteína a través de las variables tanto individuales como colectivas de la explotación, se destaca que la tasa de grasa, la tasa de proteína y la CC presentan relaciones contrarias entre los modelos. Esto puede ser debido a las características de las medias de la explotación. Hay que tener en cuenta que estos valores se obtienen de un conjunto de vacas con diferentes potenciales de producción y que se encuentran en diferentes estados de la lactación (desde el post parto hasta más de 400 días de lactación), por lo que están ligados a una gran variabilidad y han perdido su referencia respecto a los días en lactación, que como se ha visto es una variable clave en la variación de la producción. Por ello, las medias de la explotación deben entenderse más como un signo del potencial de producción de la explotación que como una herramienta de gestión. Si además se tiene en cuenta que las mejoras en la tasa de proteína, mediante la selección genética, penaliza tanto la producción de leche como la tasa de grasa; parece lógico pensar que la relación negativa que existe entre la tasa de proteína media de la explotación y la producción de proteína media de la explotación es un reflejo de este efecto, que además se ve apoyado por la relación lineal positiva entre la tasa de grasa media de la explotación y la producción de proteína media de la explotación, ya que la selección genética de los animales para producción de leche, lleva implícita una mejora de la tasa de grasa. Esta teoría se ve confirmada en la realidad por los datos estadísticos de los últimos años. En ellos se observa el incremento en el potencial genético de los animales para producción de leche se va visto frenado en los últimos años, precisamente cuando se ha empezado a detectar incrementos importantes en las tasas de proteína de las explotaciones.

De los resultados obtenidos de la modelización de la **producción de proteína** a través de las variables productivas y de la CC, tanto individuales como medias de la explotación, se deduce que la **producción de leche** es la variable más significativa para predecir la **producción de proteína** de las vacas y de la explotación. Desde este punto de vista, bastaría con seguir mejorando genéticamente las vacas para **producción de leche** y permitirles expresar este potencial, para mejorar los resultados en **producción de proteína**. No obstante, hay para ello una serie de limitaciones. Por una parte, las cuotas a la producción impiden esta solución para una gran mayoría de explotaciones, y por otro lado, las centrales lecheras priman el contenido en proteína (**tasa de proteína**) de la leche.

Producción de proteína y variables de la ración

En la tabla 15 se recogen los resultados del modelo probado para explicar la media **producción de proteína (MpE)** y las variables de la ración, con *datos medios (explotación)*.

Solamente son significativas las variable **MS_{ALF}** (materia seca aportada por el heno de alfalfa) y la cantidad de **PDI** proteína digestible intestinal, siendo esta última la que mayor información aporta al modelo 1, que explicaría en un 34.8 % las variaciones de la media **producción de proteína** a través de la ración. El modelo se expresaría así:

$$Mp_E = 1.2197 + 0.0335 \cdot MS_{ALF} - 0.0002 \cdot PDI \quad (R^2 = 0.3480, p=0.0013)$$

Tabla 15. Sumario del análisis de Regresión Múltiple paso a paso, para caracterizar la producción de proteína media de la explotación, en función de las variables medias de la ración suministrada.

Variable	MODELO			
	1		2	
	Coefficiente de determinación (R ²)	Nivel de significación (p)	Coefficiente de determinación (R ²)	Nivel de significación (p)
MS _{ALF}	0.0977	0.0390	-	-
UFL _T	*	*	0.2885	0.0011
UFL _F	-	-	*	*
UFL _C	-	-	*	*
PDI	0.2502	0.0026	-	-
R² modelo	<i>0.3480</i>		<i>0.2884</i>	
p modelo	<i>0.0013</i>		<i>0.0011</i>	

* variables excluidas del modelo.

MS_{ALF}.- Materia seca aportada por el heno de alfalfa de la ración. UFL_T.- Valor energético de la ración. UFL_F.- Valor energético de los forrajes de la ración. UFL_C.- Valor energético de los alimentos *no forrajeros* de la ración. PDI.- Proteína digestible en el intestino de la ración, obtenido del valor más bajo entre PDIN y PDIE.

La producción media de proteína de la explotación está en relación lineal directa con la cantidad de materia seca de heno de alfalfa presente en la ración. Esto puede deberse a que el heno de alfalfa, en buenas condiciones, aporta una excelente fibra a la ración y su proteína es fácilmente degradable en el rumen, favoreciendo el crecimiento de las bacterias ruminales. Estas características permiten un buen funcionamiento ruminal y un incremento de la proteína microbiana que pasa al intestino, que es la mejor proteína para ser digerida en él. Estos resultados son compartidos por Berzaghi y Polan (1991), que en raciones con heno de alfalfa, como único forraje, observaron que la proteína que se escapa de la digestión ruminal, estimula la producción de leche adicional.

En cambio, existe una relación lineal no directa entre la producción media de proteína y la proteína digestible intestinal aportada por la ración. Este resultado parece estar en contradicción con la explicación anterior, sí no fuera porque la complementación de proteína de las raciones, se hace con alimentos *no forrajeros* (turtó de soja, piensos, gluten), y al incrementar la cantidad de estos productos dentro de la ración, disminuye el porcentaje de fibra efectiva de la misma, produciendo alteraciones en el correcto funcionamiento ruminal (Maiga y Schingoethe, 1997; Chan *et al.*, 1997). Además la proteína digestible intestinal, limita la cantidad de amoníaco en el rumen dificultando el crecimiento microbiano. Estas consecuencias suelen afectar a la **producción de leche** (Sanz, 1990), que como se ha visto está muy relacionada con la **producción de proteína**. Sobre la relación entre proteína de la ración y proteína de la leche existe disparidad de criterios. Williams y Oltenacu (1992) afirman que para incrementar la tasa de proteína no se debe incrementar la concentración de proteína en la ración, mientras que Grings *et al.* (1991) observaron un incremento en la producción de leche y

en la tasa de proteína cuando se incrementó el porcentaje de proteína bruta de ración. Entre estos extremos existen resultados de todo tipo, aunque quizás los que estén más cerca de la realidad sean aquellos que como Bernard (1997), apuntan, como factor importante para incrementar la producción de leche, y por lo tanto la de proteína, incrementar la concentración de aminoácidos, lisina y metionina principalmente, que pasan a la digestión posttrumen.

En el modelo 2 se introdujo el valor energético total de la ración, observando que la variación de la **producción de proteína** media de la explotación, se explicaría en un 28.85 % a través del nivel energético total de la ración, quedando, por tanto, la siguiente relación:

$$M_{pE} = 1.3171 - 0.0236 \cdot UFL_T \quad (R^2 = 0.2884 \quad p=0.0011)$$

La **producción de proteína** como media de la explotación tiene una relación lineal no directa con el nivel energético de la ración. La posible explicación a este resultado no esperado, estaría en que los incrementos de energía de la ración se hacen principalmente en forma de alimentos pobres en fibra alimenticia, en detrimento de los forrajes, alterando el correcto funcionamiento ruminal, cuando se incorporan en grandes cantidades en la ración (Michalet-Doreau *et al.*, 1997). Este planteamiento no es compartido por Berzaghi y Polan (1991), que recogen los resultados de numerosas experiencias en las que se incrementó la producción de proteína al hacerlo la concentración energética de la ración, despreciando sus consecuencias sobre las fermentaciones.

Producción de proteína y variables genéticas

En la tabla 16 se resumen los modelos que tratan de predecir con *datos medios* (explotación) la **producción de proteína** con las variables genéticas.

Tabla 16. Sumario del análisis de Regresión Lineal Múltiple, para caracterizar la producción de proteína media de la explotación, en función de las variables genéticas de la explotación.

Variable	MODELO							
	1		2		3		4	
	b	p	b	p	b	p	b	p
VPG	-0.0303	0.0497	-0.0131	0.0830	*	*	*	*
VPP	0.0395	0.0423	0.0185	0.0349	0.0034	0.0014	0.0030	0.0003
EMAG	0.0367	0.0426	0.0177	0.0500	*	*	*	*
EMAP	-0.0412	0.0399	-0.0120	0.0453	-0.0004	0.5081	*	*
R² modelo	0.5710		0.4626		0.3493		0.3398	
p modelo	0.0433		0.0009		0.0013		0.0003	

*: Variables excluidas del modelo. b: coeficiente. p: nivel de significación.

VPG.- Valor medio del rebaño para producción de grasa. VPP.- Valor medio del rebaño para producción de proteína. EMAG.- Efecto manejo-alimentación del rebaño sobre la producción de grasa. EMAP.- Efecto manejo-alimentación del rebaño sobre la producción de proteína.

En el modelo 1 las variables significativas ($p < 0.05$), son la **VPG**, valor medio del rebaño para producción de grasa, la **VPP**, valor medio del rebaño para producción de proteína, la **EMAG**, efecto del manejo-alimentación del rebaño sobre la producción de grasa, y la **EMAP**, efecto del manejo-alimentación del rebaño sobre la producción de proteína. Sin embargo cuando se planteó el modelo 2 sólo con estas cuatro variables, la **VPG** dejó de ser significativa y la **EMAG** permaneció en el límite de significación. Esta situación se repitió en el modelo 3, en el que se habían eliminado las variables no

significativas del modelo 2. En este caso, la única variable significativa es la **VPP** (valor medio del rebaño para producción de proteína), perdiendo el efecto manejo-alimentación del rebaño sobre la **producción de proteína**, su significación. Como resultado de todo este análisis estadístico, se obtiene un modelo (Modelo 4) en el que se relaciona la **producción de proteína** media de la explotación con el valor medio del rebaño para producción de proteína (**VPP**), que ha resultado la única variable genética significativa. Esta variable presenta una relación lineal y directa con la **producción de proteína** media de la explotación. El modelo definitivo queda de la siguiente forma:

$$M_{pE} = 0.0029 \cdot VPP \quad (R^2 = 0.3398 \quad p = 0.0003)$$

Del modelo hay que destacar, en primer lugar, que la constante no es significativa y por lo tanto no se incluye en él; y en segundo lugar que, sí bien se ha perdido potencia del modelo 1 al 4 (de 0.5710 a 0.3398), el nivel de significación ha mejorado substancialmente (de 0.0117 a 0.0003).

Después de analizar todas las variables que influyen en la producción de proteína, tanto individual como media de la explotación, se pueden sacar las siguientes conclusiones:

La **producción de proteína**, en general, depende básicamente de la **producción de leche**, y la *concentración energética de la ración*, tiene una relación lineal no directa con la **producción de proteína media de la explotación**. Y que variable genética **valor medio del rebaño para producción de proteína**, tiene una relación lineal directa con la **producción de proteína media de la explotación**.

Tasa de proteína y variables productivas y CC

Datos individuales (vacas)

Los resultados del modelo que relaciona la **tasa de proteína** con las variables productivas (tabla 17) muestran la validez del modelo, ya que la **tasa de proteína** se ve explicada en un 90.62 % a través de las diferentes variables que intervienen ($p < 0.05$). Todas las variables consideradas como explicativas son válidas, aunque una de ellas, en concreto el **recuento de células somáticas** en escala logarítmica, sólo tiene tendencia a serlo. La **producción de proteína** es la variable más explicativa (61.23 %) del modelo, seguida de la **producción de leche**, la **producción de grasa**, la **tasa de grasa**, la **CC**, los **días en lactación**, el **número de lactación** y el **recuento de células somáticas** en escala logarítmica.

Tabla 17. Sumario del análisis de Regresión Múltiple paso a paso, para caracterizar la tasa de proteína individual, en función de las variables productivas y de la CC de las vacas.

Variable	MODELO			
	1		2	
	Coefficiente determinación (R ²)	Nivel de significación (p)	Coefficiente determinación (R ²)	Nivel de significación (p)
NL _i	0.0004	0.0197	-	-
DEL _i	0.0012	0.0001	0.0237	0.0001
PL _i	0.2541	0.0001	0.2541	0.0102
Tg _i	0.0043	0.0001	0.0996	0.0001
CC _i	0.0020	0.0001	0.0076	0.0001
Mg _i	0.0318	0.0001	0.0127	0.0001
Mp	0.6123	0.0000	*	*
LRCS _i	0.0002	0.0867	0.0080	0.0001
R² modelo	<i>0.9062</i>		<i>0.4057</i>	
p modelo	<i>0.0000</i>		<i>0.0001</i>	

*: Variables excluidas del modelo.

NL_i- N° de lactación de la vaca i; DEL_i- N° de días en lactación de la vaca i. PL_i- Producción de leche de la vaca i. Tg_i- Tasa de grasa de la leche de la vaca i. Mg_i- Producción de grasa de la leche de la vaca i. Mp_i- Producción de proteína de la leche de la vaca i. LRCS_i- Valores de RCS_i transformados en escala logarítmica. CC_i- Condición corporal de la vaca i.

Dado que la **producción de proteína** es el producto entre **producción de leche** y su **tasa de proteína**, en el modelo 2 se analiza la **tasa de proteína**, con la exclusión de la **producción de proteína**, observándose una pérdida importante de potencia respecto al modelo 1 (0.9062 vs 0.4057), aunque continúa siendo significativo. Todas las variables del modelo, excepto el **número de lactación**, son altamente significativas (p<0.01), quedando así:

$$Tp_i = 2.0284 + 0.0005 \cdot DEL_i + 0.0095 \cdot PL_i + 0.2830 \cdot Tg_i + 0.0347 \cdot CC_i - 0.5260 \cdot Mg_i + 0.0276 \cdot LRCS_i \quad (R^2 = 0.4057 \quad p = 0.0001)$$

Los **días en lactación** presenta una relación lineal positiva con la **tasa de proteína**, de tal forma que a medida que se avanza en la lactación, la **tasa de proteína** mejorará.

La **producción de leche** presenta también una relación lineal positiva, cuando en principio tendría que ser todo lo contrario, ya que el máximo de **producción de leche** coincide con el mínimo de **tasa de proteína**. La posible explicación está en que la **producción de grasa** ha acaparado esta relación negativa, debido a que presenta un coeficiente mayor que el de la **producción de leche**, y tiene mayor influencia en el modelo. Esta idea se extrae del análisis de la regresión lineal paso a paso, donde se observa que mientras no se incluye en el modelo la variable **producción de grasa** la **producción de leche** mantiene una relación lineal negativa y a partir de entonces pasa a ser positiva e incluso pierde nivel de significación.

La **tasa de grasa** presenta una relación lineal positiva con la **tasa de proteína**, que confirma la tendencia mostrada en la figura 5.1 en donde ambas tasas crecen al mismo tiempo.

La **CC** de las vacas, que por sí sola y en las condiciones de trabajo de este estudio, no es capaz de explicar las variaciones de la **tasa de proteína**, sí es significativa dentro del modelo, presentando una relación lineal positiva con la **tasa de proteína** de la leche, de manera que a más **CC** mejores resultados en la **tasa de proteína**.

La **producción de grasa** como ya se ha hecho referencia anteriormente, es la única variable del modelo que guarda una relación lineal negativa con la **tasa de proteína**. De tal forma que a más **producción de grasa** menor **tasa de proteína**.

El **recuento de células somáticas** en escala logarítmica guarda una relación lineal positiva con la **tasa de proteína**, es decir que a medida que aumenta el número de células somáticas en la leche aumenta la **tasa de proteína**.

Datos medios (explotación)

Los resultados del modelo que relaciona la **tasa de proteína** con las variables productivas (tabla 18) muestran la validez del modelo, ya que la **tasa de proteína** se ve explicada en un 60.20 % a través de las diferentes variables que intervienen ($p < 0.05$). La **producción de grasa** es la variable más explicativa (18.58 %) del modelo, seguida de la **tasa de grasa**, la **producción de proteína**, y la **producción de leche**.

Tabla 18. Sumario del análisis de Regresión Múltiple paso a paso, para caracterizar la tasa de proteína de la leche de la explotación, en función de las variables productivas de la explotación.

Variable	MODELO			
	1		2	
	Coefficiente de determinación (R ²)	Nivel de significación (p)	Coefficiente de determinación (R ²)	Nivel de significación (p)
PL _M	0.1343	0.0040	0.0989	0.0001
Tg _M	0.1446	0.0180	-	-
Mg _M	0.1858	0.0030	0.4148	0.0001
Mp _M	0.1373	0.0310	*	*
R ² modelo	0.6020		0.5137	
p modelo	0.0001		0.0001	

*: Variables excluidas del modelo.

PL_E- Producción de leche de la explotación. Tg_E- Tasa de grasa de la leche de la explotación. Mg_E- Producción de grasa de la leche de la explotación. Mp_E- Producción de proteína de la leche de la explotación.

En el modelo 2, en el que se eliminó la producción de proteína, se pierde potencia (0.6020 vs 0.5137), aunque sigue manteniéndose el nivel de significación. La variable **producción de grasa** aumenta su coeficiente de determinación (0.1858 vs 0.4148) y su nivel de significación (0.0030 vs 0.0001). La **producción de leche** gana nivel de significación (0.0040 vs 0.0001), pero pierde coeficiente de determinación (0.1343 vs 0.0989), mientras la **tasa de grasa** deja de ser significativa en el modelo:

$$Tp_E = 3.2219 - 0.0334 \cdot PL_E + 0.9086 \cdot Mg_E \quad (R^2 = 0.5137 \quad p = 0.0001)$$

En definitiva, la **producción de leche** presenta una relación lineal negativa con la **tasa de proteína** para los *datos medios (explotación)*, de manera que al aumentar la **producción de leche** de la explotación, menor será la **tasa de proteína** de la misma.

Y la **producción de grasa**, que es la variable que aporta mayor coeficiente de determinación al modelo, presenta una relación lineal positiva con la **tasa de proteína**, es decir que a medida que aumenta la **producción de grasa** de la explotación, mejorará su **tasa de proteína**.

La **tasa de proteína** presenta una relación lineal positiva con la **producción de leche** y una relación lineal negativa con la **producción de grasa** para los *datos individuales (vacas)*, y, en cambio, para los *datos medios (explotación)* la **tasa de proteína** presenta una relación lineal positiva con la **producción de grasa** y una relación lineal negativa con la **producción de leche**.

Para los *datos individuales (vacas)* la **producción de leche** y la **tasa de grasa** son las variables que mayor coeficiente de determinación aportan al modelo, y para los *datos medios (explotación)* la **tasa de grasa** no es significativa. Esto explicaría el hecho de que la **producción de grasa** para los *datos medios (explotación)* sea la variable más explicativa de la **tasa de proteína**, ya que la **producción de grasa** es el producto entre la producción de leche y la tasa de grasa..

Tasa de proteína y variables de la ración

Ninguna de las variables de la ración es significativa para predecir la **tasa de proteína** para los *datos medios (explotación)*. Esta situación confirmaría los resultados recogidos por DePeters y Cant (1992) y Feagan (1979). Los primeros recogen resultados en los se afirma que la tasa de proteína de la leche es un parámetro poco sensible a las variables nutricionales, respecto al resto de las variables de la explotación; mientras que el segundo ordena a las variables que caracterizan al animal, por su influencia sobre la tasa de proteína. Así, según, Feagan (1979), la raza es la principal variable, seguida del estado nutricional de la vaca, la salud mamaria y el último lugar el manejo de la explotación.

Tasa de proteína y variables genéticas

En la tabla 19 se resume el modelo para predecir la **tasa de proteína** a través de las variables genéticas. Es un modelo significativo ($p < 0.05$) y en él la **tasa de proteína** se explica (47.74 %) a través de **VPL** (valor medio del rebaño para producción de leche) y de **VPP** (valor medio del rebaño para producción de proteína).

Tabla 19. Sumario del análisis de Regresión Múltiple, para caracterizar la tasa de proteína media de la explotación, en función de las variables genéticas de la explotación.

Variable	MODELO			
	1		2	
	Coefficiente (b)	Nivel de significación (p)	Coefficiente (b)	Nivel de significación (p)
Constante	3.3594	0.0001	3.3107	0.0001
VPL	-0.3813	0.0081	-0.3419	0.0001
VPP	0.0108	0.0067	0.0102	0.0001
R² modelo	0.4774		0.4432	
p modelo	0.0395		0.0001	

VPL.- Valor medio del rebaño para producción de leche. VPP.- Valor medio del rebaño para producción de proteína.

En el modelo 2, en el que sólo se incluyeron las variables significativas del modelo 1, **VPL** y **VPP**, hay una pérdida de potencia (0.4774 vs 0.4432) y una mejora en el nivel de significación (0.0395 vs 0.0001), quedando así:

$$T_{PE} = 3.3107 - 0.3419 \cdot VPL + 0.0102 \cdot VPP \quad (R^2 = 0.4431 \quad p = 0.0001)$$

En consecuencia para los *datos medios (explotación)* la **tasa de proteína** está en relación lineal no directa, con **VPL** (valor medio del rebaño para producción de leche), de manera que un aumento de **la producción de leche** reduce la **tasa de proteína**. Y, a su vez, lo está directamente con la variable **VPP** (valor medio del rebaño para producción de proteína), de manera que los incrementos en producción de proteína

mejoran la **tasa de proteína** de la explotación. El análisis de las variables genéticas, permite afirmar que la genética es uno de los factores determinantes a la hora de predecir la **tasa de proteína** en general.

CONCLUSIONES

Del conjunto de vacas, analizado individualmente, se pueden hacer las siguientes consideraciones en cuanto a las variables productivas, **producción de leche, tasa de grasa, tasa de proteína y recuento de células somáticas**, que son objeto de interés por cuanto forman parte del sistema de pago de la leche:

La **producción de leche** se inicia con una media próxima a los 27 Kg, alcanza el pico de 35 Kg alrededor de las 10 semanas, decreciendo hasta los 15 Kg al final de la lactación. La **producción de leche** no depende del *número de lactación*, excepto para la primiparas que es más baja. Está muy ligada a los *días en lactación*, las vacas con una producción diaria superior a los 31 Kg se encuentran dentro de los 100 primeros días, y las que producen menos de 20 Kg ya han sobrepasado los 210 días. Las vacas que paren en invierno se benefician del manejo del racionamiento, ya que son las que más producen, mientras que las que paren en verano son las menos productoras.

La **tasa de grasa** desciende durante las primeras semanas de lactación, y luego crece linealmente hasta el final. No depende del *número de lactación* ni tampoco de los *días en lactación* agrupados por intervalos, es decir que entre el parto y los 210 días la **tasa de grasa** no se diferencia si la vaca está entre 0 y 90 días, o entre 91 y 150 días, o entre 151 y 210 días, en cambio es superior en aquellas vacas que están entre 211 días y el secado. Para las vacas que paren en primavera o en verano parece que la tasa de grasa es superior al resto.

La **tasa de proteína** desciende durante las primeras semanas de lactación, y luego crece linealmente hasta el final. En cuanto al *número de lactación* no afecta la tasa de proteína, si bien las vacas con cinco o más lactaciones tienen en general una tasa menor. Aumenta con los *días en lactación* agrupados por intervalos de modo que las vacas entre 0 y 90 días tienen una tasa inferior y las que están entre 211 días y el secado la tienen superior.

El **recuento de células somáticas** que de cada vez afecta más a los ingresos por producción, aumenta con el *número de lactación* pero no de manera clara ya que, por ejemplo entre las vacas en 4^a lactación y las que están por encima no tienen entre ellas diferencias significativas en el recuento, como tampoco las hay entre las primiparas y la de 2^a lactación. Hay una ligera tendencia a aumentar el recuento con los *días en lactación* agrupados por intervalos.

La valoración de la **CC** de una vaca, tomada en cualquier momento, no se explica de manera satisfactoria con los datos del control lechero relativos al mes en que se hizo la medida. Tampoco la **CC** media de las vacas en lactación, valoradas en cualquier momento, no se explica ni por las variables de la ración ni por las variables genéticas, consideradas en el estudio. Para futuros análisis de las explotaciones de vacas de leche, sería interesante que en las visitas que el técnico de extensión haga a la explotación, además de valorar la **CC** de las vacas, se estudie la manera de sistematizar los datos recogidos, haciendo hincapié en otras variables más explicativas del manejo, como el número de vacas frente al número de puestos en el comedero, o como la superficie dedicada a zonas de reposo y de ejercicio, entre otras muchas. Igualmente sería de sumo

interés recoger datos de la ración efectivamente consumida, con algún método sencillo y fiable que no altere los objetivos de la visita ni la disponibilidad del ganadero.

En las explotaciones de vacas, cuando la **CC** media de las vacas entre 91 y 150 días es inferior a 2, el porcentaje de vacas con lactaciones superiores a los 305 días es mayor, demostrándose que la pérdida de **CC** en el periodo de posparto no debe llevar a puntuaciones inferiores a 2 durante este periodo, para evitar disfunciones reproductoras.

Para caracterizar los valores medios mensuales, en una explotación, de la **tasa de proteína**, o bien de la **producción de proteína**, en función de la **CC** media de las vacas no es suficiente una sola medida en el tiempo, sino que se debería realizar un seguimiento más exhaustivo a lo largo del año.

La **producción de proteína**, para los *datos individuales (vacas)* y para los *datos medios (explotación)*, depende básicamente de la **producción de leche**. Existe una relación directa entre la **producción de proteína** media de la explotación y la variable genética *valor medio del rebaño para producción de proteína (VPP)*.

En cuanto a la **tasa de proteína**, para los *datos individuales (vacas)*, se explica principalmente a través de la **producción de leche**, de la **tasa de grasa** y de la **producción de grasa**. La **CC** de las vacas, que por sí sola y en las condiciones de trabajo de este estudio, no es capaz de explicar las variaciones de la **tasa de proteína**, sí es significativa dentro del modelo, presentando una relación lineal positiva con la **tasa de proteína** de la leche, de manera que a más **CC** mejores resultados en la **tasa de proteína**.

Y para los *datos medios (explotación)*, la **tasa de proteína** se explica, principalmente, a través de la **producción de grasa**. A más producción de grasa más tasa de proteína.

Para las variables genéticas, el *valor medio del rebaño para producción de leche (VPL)*, influye negativamente sobre la **tasa de proteína**, mientras que el *valor medio del rebaño para producción de proteína (VPP)* lo hace positivamente.

REFERENCIAS

1. **Agabriel C., Coulon J.B., Brunschwig G., Sibra C., Nafidi C. 1995.** Relations entre la qualite du lait livré et les caractéristiques des exploitations. INRA Prod. Anim. 8 (4), 251-258.
2. **Agrabiél J., Giraud J.M., Petit M. 1986.** Determionation et utilisation de la note d'état d'engraissement en elevege allaitant. Bull, Tech. C.R.Z.V. Theix, INRA 66, 43-50.
3. **Alais C. 1985.** Ciencia de la leche. Principios de técnica lechera. Ed. Reverté, S.A.
4. **Albright J.L. 1993.** Feeding behaviour of dairy cattle. J. Dairy Sci. 76, 485-498.
5. **Andrew S.M., Erdman R.A., Waldo D.R. 1995.** Prediction of body composition of dairy cows at three physiological stages from deuterium oxide and urea dilution. J. Dairy Sci. 78, 1083-1095.
6. **Armentano L., Pereira M. 1997.** Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. J. Dairy Sci. 80, 1416-1425.
7. **Ashes J.R., Gulati S.K., Scott T.W. 1997.** Potential to alter the content and composition of milk fat thought nutrition. J. Dairy Sci.80, 2204-2212.
8. **Balch C.C. 1971.** Proposal to use time spent chewing as an index of the extend to wich diets for ruminants posses the physical property of fibrousness characteristic of roughages. Brit. J. Nutr. 26, 383-392.
9. **Balch C.C., Argamenteria Gutierrez A. 1992.** A note on the potencial conjoint use of body condition score and milk protein concentrations as an index of dietary adequacy in lactating dairy cows. Anim. Prod. 55, 437-439.
10. **Barelle N., Faverdin P. 1996.** Lipid metabolism and intake behavior of dairy cows: Effects of intravenous lipid and β -adrenergic supplementation. J. Dairy Sci. 79, 1209-1220.
11. **Bartlett P.C., Van Wijk J., Wilson D.J., Green C.D., Miller G.Y., Majeswski G.A., Heider L.E. 1991.** Temporal patterns of lost milk production following clinical mastitis in a large michigan holstein herd. J. Dairy Sci. 74, 1561-1572

12. **Baumont R. 1996.** Palatabilité et comportement alimentaire chez les ruminants. *INRA Prod. Anim.* 9 (5), 349-358.
13. **Bazin S. (INRA, ITEB, EDE) 1984.** Grille de notation de l'état d'engraissement des vaches Pie-Noires. I.T.E.B. (Publications), 75595 Paris Cedex 12.
14. **Bernard J.K. 1997.** Milk production and composition responses to the source of protein supplements in diets containing wheat middlings. *J. Dairy Sci.* 80, 938-942.
15. **Bernard J.K., Calhoun M.C. 1997.** Response of lactating dairy cows to mechanically processed whole cottonseed. *J. Dairy Sci.* 80, 2062-2068.
16. **Bernard J.K., McNeill W.W. 1991.** Effect of high energy supplements on nutrient digestibility and milk production of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 74, 991-995.
17. **Berzagli P., Polan C.E. 1991.** Effect of undegradable protein on milk production and milk composition when fed alfalfa haylage based diets. *J. Dairy Sci.* 74 (Suppl. 1), 216 (Abstr.).
18. **Boisclair Y., Grieve D.G., Stone J.B., Allen O.B., Macleod G.K. 1986.** Effect of prepartum energy, body condition and sodium bicarbonate on production of cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 69, 2636-2647.
19. **Braun R.K., Donovan G.A., Trant T.Q., Shearer J.K., Bliss E.L., Weeb D.W., Beede D.K., Harris B. 1987.** Body condition scoring dairy cows as a herd management tool. *Compend. Cont. Educ. Pract. Vet.*, F, 62-67.
20. **Chamberlain D., Martin P.A., Robertson S. 1989.** Optimizing compound feed use in dairy cows with high intakes of silage. Page 175. En: *Recent Advances in Animal Nutrition*. Haresing W. y Cole D.J.A., Ed. Butterworths, London, England.
21. **Chan S.C., Huber J.T., Theurer C.B., Wu Z., Chen K.H., Simas J.M. 1997.** Effects of supplemental fat and protein source on ruminal fermentation and nutrient flow to the duodenum in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80, 152-159.
22. **Coppock C.E., Wilks D.L. 1991.** Supplemental fat in high energy rations for lactating cows: Effects on intake, digestion, milk yield and composition. *J. Anim. Sci.* 69, 3826.
23. **Coulon J.B., Lescourret F. 1997.** Impact of clinical mastitis on milk production by dairy cows. *Renc. Rech. Ruminants* 4, 265-268.
24. **Delaby L., Bouttier A., Peccatte J.R. 1997.** Effect of the type of foreage and energy concentrate composition on milk yield and composition in early lactation. *Renc. Rech. Ruminants* 4, 339-342.
25. **DePeters E.J., Cant J.P. 1992.** Factors influencing the nitrogen composition of bovine milk. *J. Dairy Sci.* 75, 2043-2070.
26. **Dhiman T.R., Korevaar A.C., Satter L.D. 1997.** Particle size of roasted soybeans and the effect on milk production of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80, 1722-1727.
27. **Dhiman T.R., Satter L.D. 1997.** Yield response of dairy cows fed different proportions of alfalfa silage and corn silage. *J. Dairy Sci.* 80, 2069-2082.
28. **Domecq J.J., Skidmore A.L., Lloyd J.W., Kaneene J.B. 1995.** Validation of body condition scores with ultrasound measurements of subcutaneous fat of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 78, 2308-2313.
29. **Donkin S.S., Varga G.A., Sweeney T.F., Muller L.D. 1989.** Rumen-protected methionine and lysine: Effects on animal performance, milk protein yield and physiological measures. *J. Dairy Sci.* 72, 1484-1491.
30. **Ducker M.J., Haggitt R.A., Fisher W.J., Morants S.V. 1985.** Prediction of energy status in first lactation dairy heifers. *Anim. Prod.* 41, 467-175.
31. **Earle D.F. 1976.** A guide to scoring dairy cow condition. *J. Agric.*, Victoria, 74, 228-231.
32. **Edmonson A.J., Lean L.J., Weaver L.D., Farver T., Webster G. 1989.** A body condition scoring chart for holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72, 68-78.
33. **Emery R.S. 1978.** Feeding for increased milk protein. *J. Dairy Sci.* 61, 825.
34. **Enevoldsen C., Kristensen T. 1997.** Estimation of body weight from body size measurements and body condition score in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80, 1988-1995.
35. **Feagan J.T. 1979.** Factors affecting protein composition of milk and their significance to dairy processing. *Aust. J. Dairy Technol.* 34, 77.
36. **Ferguson J.D. 1991.** Nutritional problems encountered in dairy practice. Cap. 27 En *Large animal: Clinical nutrition*. Naylor JM, Ralston SL. Ed Mosby Year Book 1991. St. Louis, Missouri. USA
37. **Ferguson J.D., Sniffen C.J., Muscato T., Pilbeam T., Sweeney T. 1989.** Effects of protein degradability and protected fat supplementation on milk yield in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72 (Suppl. 1), 415 (Abstr.).
38. **Franke A.A., Bruhn J.C., Lawrence C.M. 1988.** Distribution of protein in California milk in 1983. *J. Dairy Sci.* 71, 2373-2383.

39. **Gallo L., Carnier M., Cassandro M., Mantovani R., Bailoni L. 1996.** Change in body condition score of holstein cows as affected by parity and mature equivalent milk yield. *J. Dairy Sci.* 79,1009-1015.
40. **Garcia-Paloma J.A. 1990.** El método de la condición corporal en vacuno lechero: Propuesta de una metodología unificadora. *Invest Agr. Prod. y Sanid. Anim.* Vol. 5 (3), 121-130.
41. **Garnsworthy P.C., Huggett C.D. 1992.** The influence of the fat concentration of the diet on the response by dairy cows to body condition at calving. *Anim. Prod.* 54,7-13.
42. **Garnsworthy P.C., Topps J.H. 1982.** The effects of body condition at calving, food intake and performance in early lactation on blood composition of dairy cows given complements diets. *Anim. Prod.* 35, 121-125.
43. **Gerloff B.J. 1987.** Body condition scoring in dairy cattle. *Agri-Practice* 8, 31-36.
44. **Gill R., Howard W.H., Leslie K., Lissemore K. 1990.** Economics of mastitis control. *J. Dairy Sci.* 73, 3340.
45. **Grant R.J. 1997.** Interactions among forages and nonforages fiber sources. *J. Dairy Sci.* 80, 1438-1446.
46. **Grings E.E., Roffler R.E., Deitelhoff D.P. 1991.** Response of dairy cows in early lactation to additions of cottonseed meal in alfalfa-based diets. *J. Dairy Sci.* 74, 2580-2587.
47. **Haresing W. 1988.** Condición corporal, producción de leche y reproducción en el ganado vacuno. *Avances en nutrición de los rumiantes.* Ed. Acribia SA, Zaragoza.
48. **Holter J.B., Slotnick M.J., Bozak C.K., Urban W.E., McGilliard M.L. 1990.** Effect of prepartum dietary energy on condition score, postpartum energy, nitrogen partitions and lactation production responses. *J. Dairy Sci.* 73, 3502-3511.
49. **I.N.R.A. 1981.** Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Tables de prévision de la valeur alimentaires des fourrages. 1^a Edición, INRA, Paris, p.580.
50. **I.N.R.A. 1987.** Alimentation des ruminants: Révision des systèmes et des tables de l'INRA. *Bull. Tech.* n° 70.
51. **I.N.R.A. 1988.** Alimentación de bovinos, ovinos y caprinos. Ed. Mundi-prensa, Madrid.
52. **Jenness, R. 1986.** Lactational performance of various mammalian species. En *Symposium: Species variation in mammary gland function*, *J. Dairy Sci.* 69, 869-885.
53. **Jones G.M., Pearson R.E., Clabaugh G.A., Heald W. 1984.** Relationships between somatic cell counts and milk production. *J. Dairy Sci.* 67, 1823.
54. **Klei L.R., Lynch J.M., Barbano D.M., Oltenacu P.A., Lednor A.J., Bandler D.K. 1997.** Influence of milking three times a day on milk quality. *J. Dairy Sci.* 80, 427-436.
55. **Komaragiri M.V.S., Erdman R.A. 1997.** Factors affecting body tissue mobilization in early lactation dairy cows. 1. Effect of dietary protein on mobilization of body fat and protein. *J. Dairy Sci.* 80, 929-937.
56. **Mahieu H. 1991.** Factores que influyen en la composición de la leche. pp. 117-173. En: *Leche y productos lácteos.* Vol. 1. La leche. De la mama a la lechería. Luquet F.M., Bonjean-Linczowski Y., Keilling J., Wilde R. 1991. Ed. Acribia SA, Zaragoza.
57. **Maiga H.A., Schingoethe D.J. 1997.** Optimizing the utilization of animal fat and ruminal bypass proteins in the diets of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80, 343-352.
58. **María G.A., Migueltorena J.A. 1996.** Recuento de células somáticas en leche de vacas frisonas: Estudio estadístico ambientales de variación. *ITEA*, Vol. 92A N° 1, 23-35.
59. **Martin R.A., Ehle F.R. 1986.** Body composition of lactating and dry holstein cows estimated by deuterium dilution. *J. Dairy Sci.* 69,88-98.
60. **Masalles M. 1996.** Relació entre la nota de condició corporal i la taxa proteïca de la llet a la raça frisona. Estudi localitzat a la província de Girona. PFC. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària de Lleida, UdL.
61. **Mertens D.R. 1997.** Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80, 1463-1481.
62. **Michalet-Doreau B., Martin C., Doreau M. 1997.** Optimization of fiber ruminal digestion: interactions of fiber digestion with other dietary components. *Renc. Rech. Ruminants* 4, 103-112.
63. **Mohamed O.E., Satter L.D., Grummer R.R., Ehle F.R. 1988.** Influence of dietary cottonseed and soybean on milk production and composition. *J. Dairy Sci.* 71, 2677-2688.
64. **Moreira F., Risco C., Pires M.F.A., Ambrose J.D., Drost M., DeLorenzo M., Thatcher W.W. 1998.** Effect of body condition on reproductive efficiency of lactating dairy cows receiving a timed insemination. Abstract 834 (pag. 215). En *Joint Meeting Abstracts. J. Dairy Sci.* Vol. 81. Supplement 1. *J. Animal Sci.* Vol. 76. Supplement 1.

65. **Mulvany P. 1981.** Dairy cows condition scoring. Handout 4468. Natl. Inst. Res. Dairyng, Shinfield Reading, U.K..
66. **N.R.C. 1989.** Nutrient requirements of dairy cattle. 6th rev.. National Academy Press, Washinton DC.
67. **Nocek J.E., Russell J.B. 1988.** Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. *J. Dairy Sci.* 71, 2070-2107.
68. **Nocek J.E., Tamminga S. 1991.** Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. *J. Dairy Sci.* 74, 3598-3629.
69. **Nombekela S.W., Murphy M.R. 1995.** Sucrose supplementation and feed intake of dairy cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 78, 880-885.
70. **Norman H.C., Kuck A.L., Cassell B.G., Dickinson F.N. 1978.** Effect of age and month of calving on solids-not-fat and protein yield for five dairy breeds. *J. Dairy Sci.* 61, 239.
71. **Otto K.L., Ferguson J.D., Fox D.G., Sniffen C.J. 1991.** Relationship between body condition score and composition of ninth to eleventh rib tissue in holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 74, 852-859.
72. **Pedron O., Cheli F., Senatore E., Baroli D., Rizzi R. 1993.** Effects of body condition score at calving on performance, some blood parameters, and milk fatty acid composition in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76, 2528-2535.
73. **Petit H.V., Tremblay G.F. 1995.** Milk production and intake of lactating cows fed grass silage with protein and energy supplements. *J. Dairy Sci.* 78, 353-361.
74. **Piepenbrink M.S., Overton T.R., Clark J.H. 1996.** Response of cows fed a low crude protein diet to ruminally protected methionine and lysine. *J. Dairy Sci.* 79, 1638-1646.
75. **Polan C.E., Cozzi G., Berzaghi P., Andrighetto Y. 1997.** A blend of animal and cereal protein a fish meal as partial replacement for soybean meal in the diets of lactating holstein cows. *J. Dairy Sci.* 80, 160-166.
76. **Polan C.E., Cummins K.A., Sniffen C.J., Muscato T.V., Vicini J.L., Crooker B.A., Clark J.H., Johnson D.G., Otterby D.E., Guillaume B., Muller L.D., Varga G.A., Murray R.A., Peirce-Sandner S.B. 1991.** Responses of dairy cows to supplemental rumen-protected forms of methionine and lysine. *J. Dairy Sci.* 74, 2997-3013.
77. **Rémond B. 1985.** Influence de l'alimentation sur la composition du lait de vache. 2. Taux protéique: Facteurs génériques. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA* 62,53-67.
78. **Robelin J. 1982.** A note on the estimation in vivo of body fat in cows using deuterium oxide or adipose-cell size. *Anim. Prod.* 34, 347-350.
79. **Rogers J.A., Krishnamoorthy U., Sniffen C.J. 1987.** Plasma amino acids and milk protein production by cows fed rumen-protected methionine and lysine. *J. Dairy Sci.* 70, 789-798.
80. **Rogers J.A., Pierce-Sandner S.B., Papas A.M., Polan C.E., Sniffen C.J., Muscato T.V., Staples C.R., Clark J.H. 1989.** Production responses of dairy cows fed various amounts of rumen-protected methionine and lysine. *J. Dairy Sci.* 72, 1800-1817.
81. **Rulquin H. 1997.** Regulation of the synthesis and the secretion of milk constituents in ruminants. *Renc. Rech. Ruminants* 4, 327-338.
82. **Rulquin H., Delaby L. 1997.** Effects of the energy balance of dairy cows on lactational responses to rumen-protected methionine. *J. Dairy Sci.* 80, 2513-2522.
83. **Russell A.J.F., Wright I.A. 1983.** The use of blood metabolites in the determination of energy status in beef cows. *Anim. Prod.* 37,335-343.
84. **Sanz Parejo E. 1990.** Nuevos sistemas de alimentación en vacuno lechero. Aedos Editorial SA. Barcelona.
85. **Sauvant D. 1997.** Conséquences digestives et zootechniques des variations de la vitesse de digestion de l'amidon chez les ruminants. *INRA Prod. Anim.* 10 (4), 287-300.
86. **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.
87. **Schutz M.M., Hansen L.B., Steuernagel G.R. 1990.** Variation of milk, fat, protein and somatic cells for dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 73, 484-493.
88. **Sutton J.D. 1981.** Concentrate feeding and milk composition. In *Recent Advances in animal nutrition.* 1981 (De. W. Haresing), pp. 35-48. Butterworths, London.
89. **Thomas P.C., Martín P.A. 1988.** The influence of nutrient balance on milk yield and composition. pp. 97-114. En: *Nutrition and lactation in the dairy cow.* P.C. Garnsworthy, Ed. Butterworths, London, England.
90. **Vagnoni D.B., Broderick G.A. 1997.** Effects of supplementation of energy or ruminally undegraded protein to lactating cows fed alfalfa hay or silage. *J. Dairy Sci.* 80, 1703-1712.

91. **Wattiaux M.A., Combs D.K., Shaver R.D. 1994.** Lactational responses to ruminally undegradable protein by dairy cows fed diets based on alfalfa silage. *J. Dairy Sci.* 77, 1604-1617.
92. **Webster J. 1993.** Understanding the dairy cow. Ed. Blackwell Science.
93. **Whaite R., White J.C.D., Robertson A. 1956.** Variation in the chemical composition of milk with particular reference to the solids-not fat. The effect of stage of lactation, season of year and age of cow. *J. Dairy Res.* 23, 65.
94. **Wiggans G.R., Van Vleck L.D. 1977.** Age-season adjustment factors considering herd feeding practices, *J. Dairy Sci.* 60, 1734.
95. **Wildmand E.E., Jones G.M., Wagner P.E., Baman R.L. 1982.** A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. *J. Dairy Sci.* 65, 495-501.
96. **Williams C.B., Oltenacu P.A. 1992.** Evaluation of criteria used to group lactating cows using a dairy production. *J. Dairy Sci.* 75, 155-160.
97. **Wohlt J.E., Chmiel S.L., Zajac P.K., Backer L., Blethen D.B., Evans J.L. 1991.** Dry matter intake, milk yield and composition and nitrogen use in holstein cows fed soybean, fish or corn gluten meals. *J. Dairy Sci.* 74, 1609-1622.
98. **Wright I.A., Russel A.J.F. 1984.** Estimation in vivo of the chemical composition of the bodies of mature cows. *Anim. Prod.* 38, 33-44.
99. **Wu Z., Huber T. 1994.** Relationship between dietary fat supplementation and milk protein concentration in lactating cows: A review. *Livest. Prod. Sci.* 39, 141.
100. **Wu Z., Polan C.E., Fisher R.J. 1997.** Adequacy of amino acids in diets fed to lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80,1713-1721