



Noviembre 2009

NECESIDADES NUTRICIONALES PARA:

RUMIANTES DE LECHE

Elaborado por:

FEDNA 

FORO NACIONAL DE ESPECIALISTAS EN NUTRICIÓN LEONARDO

NECESIDADES NUTRICIONALES PARA RUMIANTES DE LECHE NORMAS FEDNA

Elaboradas por:

**S. Calsamiglia¹, A. Bach², C. de Blas³,
C. Fernández⁴ y P. García-Rebollar³**

¹Universidad Autónoma de Barcelona

²IRTA- Unidad de Rumiantes

³Universidad Politécnica de Madrid

⁴Universidad Politécnica de Valencia

Colaboradores:

Manuel Lachica¹, Fernando Bacha Baz²

¹Estación Experimental del zaidin, CSIC. ²NACOO S.A.

Patrocinadas por:

NANTA, S.A.

NUTRECO PRRC

TROUW NUTRITION

Noviembre 2009

Edita: Fundación Española para el Desarrollo de la Alimentación Animal

Imprime: Ediciones Peninsular S.L. – c/ Tomelloso 27 – 28026 Madrid

I.S.B.N.: 13:978-84-613-5862-6

D.L.: M-45449-2009

ÍNDICE

NORMAS FEDNA: Rumiantes Leche	Páginas
PRESENTACIÓN.....	7
UNIDADES DE VALORACIÓN	
Ingestión.....	10
Energía.....	10
Proteína	11
Hidratos de carbono fibrosos y no fibrosos.....	12
Minerales y Vitaminas.....	13
NECESIDADES NUTRICIONALES	
VACUNO DE LECHE.....	15
Ingestión de materia seca.....	15
Necesidades energéticas.....	16
Necesidades proteicas.....	18
Consideraciones sobre la formulación de raciones.....	22
Secado y Transición.....	27
OVINO Y CAPRINO DE LECHE	31
OVINO DE LECHE.....	33
Ingestión de materia seca.....	34
Necesidades energéticas.....	36
Necesidades proteicas.....	42
Necesidades de minerales.....	44
Recomendaciones niveles FND y CNF.....	46
Recomendaciones niveles grasa.....	47
Recomendaciones formulación raciones.....	48
CAPRINO DE LECHE.....	49
Ingestión de materia seca.....	50
Necesidades energéticas.....	52
Necesidades proteicas.....	55

ÍNDICE

NORMAS FEDNA: Rumiantes Leche	Páginas
Necesidades de fibra.....	56
Necesidades de minerales y vitaminas.....	57
Necesidades de agua.....	61
Recomendaciones para el racionamiento.....	62
ANEXOS.....	65
Anexo 1.- Cálculo de las necesidades diarias en vacuno	65
Capacidad de Ingestión de materia seca.....	65
Necesidades energéticas.....	65
Necesidades proteicas.....	67
Anexo 2.- Cálculo de las necesidades diarias en ovino	69
Capacidad de Ingestión de materia seca.....	69
Necesidades energéticas.....	70
Necesidades proteicas.....	72
Anexo 3.- Cálculo de las necesidades diarias en caprino	75
Capacidad de Ingestión de materia seca.....	75
Necesidades energéticas.....	76
Necesidades proteicas.....	81
REFERENCIAS	83

NORMAS FEDNA PARA FORMULACIÓN DE RACIONES

4. Rumiantes Leche

PRESENTACIÓN

La producción de leche en España ha sufrido una importante reestructuración en los últimos 25 años, motivada por la necesidad de mejorar la competitividad. El resultado de esta reestructuración ha sido la reducción del número de ganaderos, el aumento del tamaño medio de explotaciones y de la producción media por animal, y la intensificación de los sistemas productivos. En la actualidad, la mayor parte de la **leche de vaca** producida en España procede de explotaciones de vacas Frisonas con estabulaciones libres alimentadas por lotes con sistemas de raciones completas que contienen una proporción elevada de concentrado. La estandarización del sistema de producción y alimentación favorece la convergencia entre los diferentes sistemas de formulación propuestos. Así, aunque existen algunas diferencias conceptuales en la estimación de necesidades de algunos nutrientes entre el NRC (2001) y el INRA (2007), el resultado final difiere poco. Es cierto, sin embargo, que cada sistema de valoración nutritiva tienen un componente de valoración de ingredientes y otro de necesidades para los distintos tipos y niveles de actividades fisiológicas del animal y, con frecuencia, los posibles errores o diferencias entre sistemas en las estimaciones de necesidades se compensan o anulan con los métodos de cálculo de aportes, por lo que es importante utilizar, para cada nutriente, el mismo sistema de valoración. Por el contrario, el uso del cálculo de necesidades con un sistema y el aporte con otro puede conducir a errores de formulación. Es recomendable evaluar qué condiciones ambientales y productivas son las asumidas en el desarrollo de cada uno de los sistemas. Por ejemplo, el INRA (1988) asume un consumo relativamente elevado de forrajes verdes o ensilados, y prioriza, en su formulación, el consumo máximo de éstos, mientras que el NRC (2001) se ha desarrollado a partir de estudios con raciones únicas, frecuentemente a base de silo de maíz y heno de alfalfa, y manejos en lotes.

En **ovino y caprino de leche** la generalización de las condiciones productivas es más compleja por el gran número de razas y sistemas de explotación que coexisten en nuestro país. No obstante, la intensificación de los sistemas productivos con el objetivo de incrementar la rentabilidad de la producción de leche es también una práctica cada vez más generalizada en nuestro país para estas especies de pequeños rumiantes. La utilización de animales seleccionados con un elevado potencial de producción, tanto de razas autóctonas que han sido mejoradas sensiblemente en su aptitud lechera como de razas extranjeras y de sus cruces, no es compatible con los sistemas tradicionales de aprovechamiento de recursos pastables. En estos casos, los sistemas de producción de leche de ovino y caprino en España se basan mayoritariamente en la estabulación permanente de los animales y, en la utilización de raciones completas tipo Unifeed, mezclas de forrajes conservados y concentrados realizadas en granja o bien adquiridas a fabricantes que las comercializan. No existen, por tanto, grandes diferencias con el sistema de alimentación utilizado en vacuno de leche, ni tampoco con las premisas antes descritas para vacuno en cuanto a las diferencias entre sistemas anglosajones y franceses de formulación de raciones. Sin embargo, las diferencias entre países en cuanto a potencial productivo de las razas de ovino y caprino explotadas y sistemas productivos utilizados (ritmos reproductivos, aprovechamiento de recursos pastables, estabulación, etc.,) son muy importantes. Al comparar los sistemas de otros países con las características del sistema productivo español, el AFRC (1995, 1998) y el NRC (2007) tienen el inconveniente de considerar razas con un bajo nivel de producción, alto peso vivo de los animales en comparación con las razas españolas, y en general una especialización hacia la carne y pelo o lana. El sistema francés (INRA, 2007) es más parecido a nuestros sistemas productivos lecheros, pero el peso medio de las razas lecheras francesas es superior al de las razas españolas (tanto de ovino como de caprino), y el nivel productivo y calidad de la leche es diferente (en general, menor producción de leche y mayor riqueza en grasa, proteína y lactosa para nuestras razas). En consecuencia, para ovino y caprino lechero se propone desarrollar unas Normas adaptadas a las condiciones y sistemas intensivos de producción de leche en España. En aquellas explotaciones que han optado por cambiar la raza autóctona por otra extranjera (los casos más significativos se dan con ganado ovino, sustituyendo razas como la Manchega y Churra), sería válido utilizar el INRA (2007).

El objetivo de esta publicación es proporcionar una herramienta de trabajo para desarrollar programas de alimentación que permitan optimizar la producción de leche de rumiantes en las condiciones de nuestro país. Para ello, se ha considerado oportuno utilizar las ecuaciones del NRC (2001) para vacuno de leche ya que el sistema americano de producción de leche de vaca es el que más se acerca a nuestras condiciones. Para ovino y caprino lechero se ha optado por hacer una revisión de los diferentes sistemas (INRA, 1981, 1989, 2007; AFRC, 1993; 1998; CNPCS (Cannas y col., 2004) y NRC 2007) y priorizar los resultados obtenidos con nuestras razas (Aguilera y col., 2000; Estación experimental del Zaidín – CSIC) como punto de partida. Las ecuaciones propuestas por los diferentes sistemas para la predicción de las necesidades energéticas y proteicas se han adaptado o modificado de acuerdo con los datos productivos medios de nuestras razas y nuestras condiciones de producción. Por ello, además de las Tablas presentadas como ejemplos de un contexto productivo, los anexos facilitan la información necesaria para calcular las necesidades en otras situaciones productivas.

Las recomendaciones cubren los apartados de energía, proteína, hidratos de carbono (fibrosos y no fibrosos), minerales y vitaminas de rumiantes de leche bajo unas condiciones de manejo y estado de salud adecuados. Cada nutricionista deberá hacer las modificaciones que considere oportunas en función de las condiciones de campo, como la genética del animal, el manejo reproductivo, la frecuencia y sistema de ordeño, etc. Las recomendaciones establecidas en estas normas corresponden a niveles prácticos para condiciones de campo, por lo que en la mayoría de los casos incluyen un cierto margen de seguridad respecto a las necesidades obtenidas por el cálculo de las ecuaciones de predicción.

UNIDADES DE VALORACIÓN

Ingestión

El sistema de producción de leche en España ha cambiado considerablemente en los últimos 20 años, transformándose actualmente en un sistema intensivo donde la mayor parte de las explotaciones utilizan sistemas de alimentación de raciones únicas Unifeed. Este sistema productivo es la base del desarrollo del sistema de formulación americano para vacuno de leche, por lo que las ecuaciones propuestas por el NRC (2001) se han utilizado para realizar las predicciones de ingestión de MS (IMS) en Kg MS/d. De manera similar, en ganado ovino y caprino lechero los intentos de retorno al pastoreo han fallado, en general, debido a la escasez de pastos y a la imposibilidad de mantener una biomasa vegetal de riqueza nutritiva suficiente durante el ciclo productivo del animal. En la actualidad es una práctica común el empleo de raciones completas tipo Unifeed, mixtas y una amplia utilización de subproductos agroindustriales y hortofrutícolas. Por tanto, en este caso se utilizará un sistema similar al empleado en vacuno de leche mediante ecuaciones de predicción de la IMS según el estado fisiológico del animal, complementadas en algunos casos con factores de ajuste para nuestras condiciones de producción. Como unidad para expresar la IMS se utilizará Kg MS/día.

Energía

Los cálculos de las necesidades de energía en el vacuno lechero se realizan en unidades de energía neta de lactación (ENL, Mcal) según el NRC (2001), englobando en la misma unidad las necesidades de mantenimiento, gestación y producción y es, fundamentalmente, similar al INRA (2007). Para el ovino se ha adoptado el mismo sistema de unidades (ENL), transformando las necesidades de energía neta para mantenimiento, gestación y reservas a necesidades de ENL (Kcal/d). En el ganado caprino, dado que las recomendaciones están basadas mayoritariamente en los trabajos con cabras de raza Granadina desarrollados en la Estación Experimental del Zaidín (CSIC). Estos trabajos emplean la Energía Metabolizable (EM) como unidad de medida y el Julio (0,239 calorías) como unidad de expresión, por lo que se ha optado por mantener estas unidades en las Normas.

Hay que remarcar que para vacuno de leche el nuevo sistema de valoración energética de alimentos del NRC (2001) considera el impacto de la ingestión sobre el tránsito y sus efectos en la digestibilidad, por lo que los valores cambian en función de la ingestión. Los valores de las tablas de alimentos de FEDNA representan una ingestión 3 veces el mantenimiento, pero en animales con ingestiones superiores los valores energéticos deben recalcularse. En caso contrario, el uso de los valores de tablas tiende a sobreestimar el valor energético de los alimentos para vacas de alta producción y, en consecuencia, se produce una subalimentación energética. Además, se advierte que la utilización de la valoración de los alimentos según el INRA (2007) difiere de la aproximación utilizada por el NRC (2001), y puede conducir igualmente, sobre todo en vacas de alta producción, a un déficit energético de las raciones.

Debido al uso frecuente del sistema francés (INRA 2007) en nuestro país, la valoración energética también se presenta en base a Unidades Forrajeras Leche (UFL), que se han calculado por transformación directa de los valores de ENL, como Mcal ENL/1,70 ($1 \text{ UFL} = 1700 \text{ Kcal de ENL de un kg de cebada estándar}$). Cuando las recomendaciones se establecen en concentración, y debido a la diversidad de contenido en materia seca de las raciones, dichas recomendaciones se establecen en unidades por kg de MS (ENL Mcalkg MS; UFL/kg MS).

Proteína

Todos los sistemas actuales de formulación utilizan la proteína metabolizable (PM) como base fundamental de la valoración proteica de las necesidades (NRC, 2001, INRA 2007). La PM se define como la proteína absorbida en el intestino, y es la suma de la aportada por la proteína microbiana, y la ingerida en el alimento y no degradada en el rumen, aplicando su correspondiente digestibilidad intestinal. El flujo de proteína microbiana depende de la disponibilidad de energía fermentable en el rumen y su eficacia de utilización, mientras que la disponibilidad de proteína alimentaria en el intestino delgado depende de su degradabilidad ruminal, y de su digestibilidad intestinal.

El cálculo de las necesidades de proteína metabolizable en vacuno lechero se ha realizado de forma paralela con el sistema NRC (2001) e INRA (2007). El NRC (2001) establece recomendaciones de PM (g/d) y,

en función de las características de la ración, establece recomendaciones de proteína degradable (PDR, %MS) y no degradable (PNDR, %MS) en el rumen. Por el contrario, el INRA (2007) establece las recomendaciones de PM en unidades de Proteína Digestible en el Intestino (PDI, g/d). Conceptualmente, estos dos valores son similares, aunque los detalles de cálculo difieren, llegando a recomendaciones muy similares pero no idénticas.

En el caso del ganado ovino y caprino lechero las necesidades proteicas se calculan en PDI a partir de una aproximación factorial que particulariza las ecuaciones propuestas por el INRA (1989 y 2007), (1995, 1998) y NRC (2007) a nuestras razas y sistemas de producción. Las recomendaciones para cabras están basadas mayoritariamente en dichas publicaciones, además de en los trabajos de balance nitrogenado con cabras de raza Granadina desarrollados en la Estación Experimental del Zaidín (CSIC). Las recomendaciones establecidas para ovino y caprino asumen que la Proteína Digestible en el Intestino (PDI) es equivalente a la Proteína Metabolizable (PM). Para facilitar su uso, los valores de PDI se pueden expresar también como concentración de proteína bruta en el pienso, a partir del contenido establecido en PB indegradable de la ración. Para ello se propone la utilización de la ecuación propuesta por Sahlu y col. (2004) para raciones de pequeños rumiantes (ovino, caprino):

$$PB (\%) = PDI (\%) / ((64 + (0,16 \times PB \text{ Indegradable } (\%))) / 100)$$

Al igual que para la energía, cuando las recomendaciones de PM o PDI se establecen en concentración, y debido a la diversidad del contenido en materia seca de las raciones, dichas recomendaciones se establecen en porcentaje respecto a MS (g PM/kg MS; g PDI/kg MS).

Hidratos de carbono fibrosos y no fibrosos

La ingestión de energía es, con frecuencia, uno de los factores más limitantes de la producción lechera. El incremento de la ingestión de energía depende de la IMS y de la concentración energética de la ración. La concentración energética de la ración depende del nivel máximo de incorporación de grasas y de la relación entre los hidratos de carbono fibrosos (FND) y no fibrosos (CNF). El equilibrio entre estas dos fracciones es fundamental para el mantenimiento de la salud ruminal y la

prevención de acidosis. El aporte de FND para garantizar el funcionamiento ruminal requiere considerar la cantidad, la naturaleza (forrajera o no forrajera) y el tamaño de partícula de la FND. La combinación de estos factores ha permitido el desarrollo del concepto de fibra forrajera (FND-f) o efectiva (FND-e).

El NRC (2001) establece recomendaciones de mínimos de FND-f, aunque permite valores inferiores si por cada unidad de porcentaje por debajo de la recomendación se incrementa en dos unidades de porcentaje en la FND total (ver más adelante). Esta aproximación reconoce intrínsecamente un valor FND-e de la fibra no forrajera del 50% para todos los alimentos. Sin embargo, el NRC (2001) no aporta soluciones a la valoración numérica de la efectividad de la fibra en función del tamaño de partícula del forraje, por lo que, en cualquier caso, existe el riesgo de sobreestimación de la efectividad de la fibra cuando el tamaño de partícula del forraje es pequeño. La aproximación del *Cornell Net Carbohydrate and Protein System* (CNCPS, Sniffen y col., 1992) es distinta, y reconoce explícitamente el valor de la fibra efectiva no forrajera mediante la asignación de valores estimativos de FND-e. Aunque la dificultad de determinar un valor preciso para la FND-e para cada alimento es uno de los factores más limitantes en su aplicación práctica, el uso de valores tabulados propuestos es posiblemente la mejor opción disponible.

Por otra parte, los aportes de CNF se calculan mediante la ecuación:

$$\text{CNF} = 100 - (\text{FND} + \text{PB} + \text{grasa} + \text{cenizas})$$

Es necesario indicar que el cálculo preciso de los niveles de CNF debe realizarse considerando que la FND se analiza con amilasas termoestables y sulfito, con el objetivo de eliminar contaminantes de almidón y proteína de la FND. En caso contrario, el valor de CNF puede subestimarse y conducir a un mayor riesgo de acidosis. Además, el almidón y los azúcares libres son la fracción de más riesgo de acidosis, por lo que con frecuencia también se establecen niveles máximos de incorporación en función del tipo de almidón.

Minerales y vitaminas

Los aportes de minerales y vitaminas se establecen como recomendaciones generales, e incluyen un amplio margen de seguridad

con el objetivo de cubrir posibles variaciones en el contenido de estos minerales en los ingredientes utilizados. Las recomendaciones de macrominerales consideran los aportes de los ingredientes, pero los niveles de microminerales y vitaminas se refieren a la incorporación a través del corrector vitamínico-mineral. Esta consideración tiene como objetivo evitar errores derivados de la valoración imprecisa del contenido en microminerales y vitaminas de los ingredientes. Las recomendaciones de minerales se establecen en cantidades totales, pero las necesidades se calculan en unidades de mineral absorbible, por lo que la recomendación final dependerá no sólo del estado y nivel productivo del animal, sino de la disponibilidad del mineral aportado en los ingredientes. Tanto el NRC (2001) como el INRA (2007) aportan tablas de disponibilidad de minerales en los ingredientes y suplementos minerales.

NORMAS FEDNA PARA VACUNO LECHERO

NECESIDADES NUTRICIONALES DEL VACUNO LECHERO EN PRODUCCION

Ingestión de materia seca

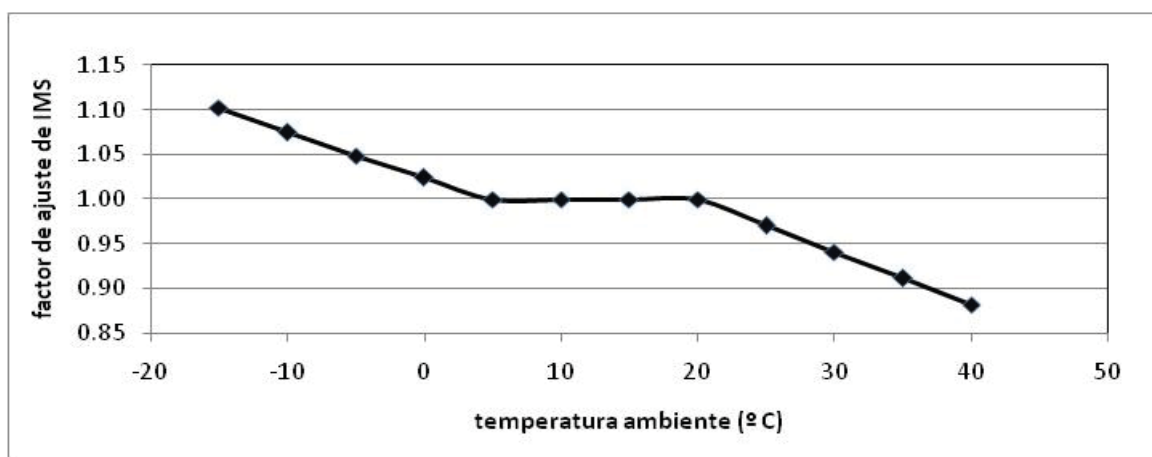
Para formular raciones correctamente es importante conocer la ingestión de MS con el objetivo de establecer la concentración de nutrientes necesaria para optimizar la producción: si la ingestión de MS es alta, la concentración de nutrientes puede reducirse, disminuyendo el coste de la ración. El conocimiento de la ingestión real, o en su defecto la estimación de la ingestión de MS, es el primer paso en el desarrollo de una ración. Todos los sistemas de formulación intentan predecir la capacidad de ingestión a partir de factores intrínsecos al animal, y no consideran los factores relativos a la ración, al comportamiento, al manejo o al entorno.

El NRC (2001) utilizó una extensa base de datos de 17.087 observaciones de ingestiones semanales de vacas primerizas y adultas en diversos regímenes alimentarios para evaluar las ecuaciones propuestas por Roseler y col. (1997), May (1994) y Rayburn y Fox (1993). La mejor estimación general se obtuvo utilizando una combinación de la propuesta por Rayburn y Fox (1993) y el ajuste por semana de lactación propuesto por Roseler y col. (1997). Esta ecuación no diferencia entre vacas de primer parto y adultas, ya que estas diferencias están implícitamente consideradas en el menor PV y producción de las primíparas. Sin embargo, el error estándar ($\pm 1,8$ kg) sigue siendo elevado, resultando en una variación excesiva para asumirla de forma rutinaria en las explotaciones, y sólo tiene sentido realizar una predicción cuando se desconoce la ingestión real, en la primera aproximación a la formulación de raciones. Una vez establecido un programa de alimentación, es necesario realizar medidas directas de IMS en granja.

La ingestión de MS está sujeta a numerosas influencias relacionadas con el animal, la alimentación o el medio. La importancia del manejo y las instalaciones es incontestable. Factores como el espacio de comedero (60 cm/vaca), número y localización de bebederos, frecuencia de distribución de alimentos y manejo del programa de alimentación, son esenciales para optimizar la IMS. Por otro lado, los cambios de

temperatura son responsables de fluctuaciones en la ingestión. Cuando la temperatura se encuentra entre 5 y 20°C, la vaca no necesita activar mecanismos adicionales de generación de calor o refrigeración (zona termoneutra). Sin embargo, cuando la temperatura ambiental está fuera de este rango, las necesidades de energía y la IMS se modifican, resultando en una pérdida de producción. Los factores de ajuste de la ración pueden suponer un incremento o reducción de la ingestión del 10-15% (Figura 1.1, Eastridge y col., 1998). Estas ecuaciones ajustan el valor medio de ingestión, pero las vacas adultas son más sensibles al calor (reducción de la ingestión en un 22%) que las primíparas (reducción del 9%).

Figura 1.1.- Efecto de la temperatura ambiental sobre la modificación de la ingestión de MS en ganado vacuno (Eastridge y col., 1998)



Asimismo, factores asociados a la ración pueden modularse a favor de una mayor ingestión. En la parte positiva, la IMS puede estimularse utilizando cloruro sódico (80 g/vaca/día) independientemente de los aportes de cloro y sodio. En la parte negativa, las grasas pueden tener efectos negativos sobre la IMS (ver apartado de grasas).

Necesidades energéticas

Las necesidades energéticas se calculan de forma factorial considerando mantenimiento, gestación, crecimiento y producción. En las necesidades de mantenimiento incluyen un margen de seguridad del 10% para cubrir los gastos energéticos resultantes de la actividad normal de vacas en estabulación libre. En condiciones donde los animales estén

en pastoreo o el desplazamiento a la sala de ordeño sea superior a 0,5 km, es necesario ajustar las necesidades energéticas (NRC, 2001). Sin embargo, esta situación es poco frecuente en nuestras condiciones productivas. Las necesidades de producción deben considerar la composición química de la leche, sobre todo en relación al contenido graso, no sólo porque tiene un valor energético elevado respecto a los otros componentes, sino porque varía considerablemente entre animales y/o explotaciones.

En las vacas al principio de lactación, la ingestión de energía es frecuentemente insuficiente para cubrir las necesidades de producción, resultando en un balance energético negativo. La pérdida de peso al principio de la lactación es frecuentemente inevitable y, en animales de alta producción, probablemente necesaria para maximizar la producción. De hecho, en animales de alta producción es imposible formular raciones sin considerar un nivel mínimo de movilización de grasa corporal. La pérdida de condición corporal, sin embargo, debe ser moderada, ya que un exceso conlleva al desarrollo de patologías periparto (fundamentalmente cetosis e hígado graso) y a la reducción de la eficacia reproductiva (Calsamiglia, 2000). En este sentido, se ha recomendado que la pérdida de condición corporal durante los 2 meses postparto no supere un punto (en escala 1-5). A efectos prácticos, el cambio de 1 punto en condición corporal supone entre 60 y 70 kg de peso vivo, lo que se traduce en un nivel máximo de pérdida media de peso de entre 1,0 y 1,2 kg/d. La formulación de raciones en el postparto debe realizarse una vez considerado el aporte energético de la grasa y proteína movilizadas. El valor energético del peso corporal movilizado depende de la proporción de grasa y proteína, a los que se les asigna un valor energético de 9,40 y 5,55 Mcal/g, respectivamente. Como la proporción de grasa y proteína de la masa corporal movilizada varía en función de la condición corporal del animal (la proporción de grasa es mayor cuando la condición corporal es mayor), el valor energético del peso movilizado o depositado varía. Los valores calculados de energía disponible o necesaria para movilizar/depositar 1 kg de reservas corporales a diferentes estados de engrasamiento se presentan en la Tabla 1.1 (adaptado de Fox y col., 1999), en el que se considera la proporción de grasa y proteína en el tejido movilizado (en función de la condición corporal) y la eficiencia de energética del depósito o movilización de la grasa. La eficiencia de utilización de la energía movilizada para la producción de leche es considerada de 0,82, mientras que la eficiencia con la que la EM se

deposita en las reservas (EN_l) es de 0,60 y 0,75, en animales no lactantes y lactantes respectivamente. Por ejemplo, una vaca que pierde un kilo de peso a CC 4 obtiene 5,1 Mcal EN_l , mientras que la recuperación de 1 kg de peso a CC 3 requiere el aporte de 5,8 Mcal EN_l . Como se ha indicado anteriormente, la pérdida de peso máxima durante los primeros 60 días postparto no debe superar los 1,2 kg/d. Por el contrario la vaca deberá recuperar ese punto de condición corporal en la segunda mitad de la lactación. Como la eficiencia de depósito de grasa es mayor durante la lactación que en el periodo seco, es conveniente que la recuperación de la condición corporal se realice durante la lactación. Por ello, la recuperación de la condición corporal deberá realizarse entre los días 100 y 300 de lactación. Si el peso a recuperar es de 0,35 kg/d (70 kg/200 días), y consideramos que dicha recuperación es de CC3 a 4, es necesario incrementar los aportes energéticos de la ración en 2,03 Mcal/d.

Tabla 1.1.- Valor energético (Mcal EN_l) de la movilización o depósito de 1 kg de peso vivo a diferentes niveles de condición corporal^a.

CC	Movilización	Depósito
1	...	4,0
2	3,4	4,9
3	4,2	5,8
4	5,1	6,7
5	5,9	...

^aAdaptado de NRC (2001).

Con estas premisas se han elaborado las necesidades energéticas diarias y las recomendaciones de concentración energética mínimas para vacas de 700 kg, a distintas semanas de lactación y niveles de producción que se encuentran en la tabla 2.

Las **necesidades proteicas** se calculan de forma factorial, considerando mantenimiento, crecimiento, gestación y lactación, y se determinan en gramos proteína metabolizable (PM o PDI). En el rumiante, el aporte de la proteína metabolizable tiene dos orígenes: la proteína microbiana sintetizada en el rumen y la proteína de origen alimentario. La síntesis de proteína microbiana depende de la disponibilidad de energía fermentable y proteína disponible en el rumen,

y de la eficiencia de síntesis de proteína microbiana. Tanto el NRC (2001) como el INRA (2007) toman en consideración la disponibilidad de estas dos fracciones en el cálculo del aporte total de proteína microbiana al rumen, estableciendo recomendaciones para proteína degradable (PDR) o para el balance entre proteína degradable y energía fermentable para la síntesis microbiana (PDIMN y PDIME). Mientras el NRC (2001) se limita a recomendar un aporte mínimo de PDR y sugiere un aporte elevado de CNF como fuente de energía fermentable, el INRA (2007) recomienda el aporte equilibrado de las dos fracciones (PDIMN y PDIME).

Algunos trabajos recientes sugieren que las necesidades proteicas tanto del animal como en el rumen se han sobreestimado, y que niveles inferiores a los actualmente recomendados sería suficientes para mantener niveles de producción elevados con mayores eficiencias de retención de N y menor emisión de N al medio, siempre y cuando se equilibren los niveles de AA (Schwab y col., 2005; Huhtanen y Hristov, 2009). Asimismo, Huhtanen y Hristov (2009) indicaron que el nivel de PB de la ración es suficiente para optimizar la producción, y que la incorporación de valores de PDR y PNDR no aportan nada a la predicción de la producción. Esta falta de consenso entre los fundamentos teóricos del uso de PDR-PNDR o PDIMN-PDIME y los efectos en condiciones de campo son, probablemente, consecuencia de la incertidumbre y falta de precisión en la determinación de las fracciones proteicas en condiciones de campo. En cualquier caso, el aporte de aminoácidos ajustados al perfil ideal debe reducir las necesidades proteicas.

Las **necesidades de aminoácidos** en vacuno lechero sólo se han determinado genéricamente para la lisina y la metionina, aunque en algunas condiciones, la arginina y la histidina también pueden ser limitantes para la producción de leche. Las necesidades de aminoácidos del vacuno lechero adulto se conocen con poca certeza, pero tanto el NRC (2001) como el INRA (2007) recomiendan el aporte de 2,4 y 7,2% del total de la PM como metionina y lisina, respectivamente.

Tabla 1.2. Cálculo de necesidades para una vaca lechera de 700 kg de peso vivo produciendo diferentes niveles de leche al 4% de grasa y 3,20% de proteína.

	50 litros/d		40 litros/d		30 litros/d		20 litros/d
	4	20	4	20	4	20	20
Semanas							20
Ingestión MS	24,5	31,4	21,6	27,8	18,9	24,1	20,4
ENI, Mcal/d¹	48,4	48,4	40,9	40,9	33,4	33,4	25,9
Cambio peso, kg/d²	-1,15	+0,35	-0,95	+0,35	-0,75	+0,35	+0,35
ENI movilizada	-6,0	+2,0	-5,0	+2,0	-4,0	+2,0	+2,0
ENI dieta, Mcal/d	42,4	50,4	35,9	42,9	29,4	35,4	27,9
ENI/kg MS	1,73	1,60	1,66	1,54	1,56	1,47	1,37
UFL/kg MS	1,02	0,94	0,98	0,91	0,92	0,87	0,80
PB, %	18,7	16,0	17,6	15,1	16,2	14,0	14,0 ³
PDR, %PB	57,3	67,1	60,1	71,0	66,4	76,6	86,2
PDI, g/d	2938	2938	2439	2439	1940	1940	1441
PDI, g/kg MS	12,0	9,35	11,3	8,79	10,3	8,06	7,06

¹Necesidades de mantenimiento y producción; no incluye necesidades por cambios de temperatura o por actividad.

² Se ha considerado una pérdida media diaria máxima de 1,15 kg/d durante los 50 primeros días en lactación, que suponen aproximadamente una pérdida de 1 punto de condición corporal. Este límite máximo se ha determinado en base a prevenir los efectos que un exceso de pérdida de condición corporal puede tener sobre la función reproductiva. Durante el resto de la lactación, se ha calculado una recuperación de reservas corporales para compensar la pérdida al inicio de la lactación, distribuida durante 200 días (de los días 100 a 300 de lactación).

³Se ha establecido un mínimo de 14% PB en todas las raciones para garantizar el funcionamiento ruminal.

Las necesidades de **minerales** en el NRC (2001) se determinan de forma factorial, y se expresan en unidades de mineral absorbible. La tabla 1.3 muestra las recomendaciones que pueden variar ligeramente en función del nivel de producción y la disponibilidad del mineral de los ingredientes utilizados. Sin embargo, en alguno de los minerales es necesario hacer consideraciones específicas.

Durante el postparto se movilizan entre 800 y 1300 g de calcio óseo que deben reponerse durante las últimas 20-30 semanas de gestación. Esta reposición de reservas de calcio requiere el aporte adicional de unos 8 g/d de calcio, que deben incorporarse al cálculo de las necesidades. El incremento en la disponibilidad estimada del calcio en la nueva versión del NRC resulta en la disminución de las recomendaciones respecto al NRC (1989). Por último, y debido a la posible formación de jabones cálcicos en presencia de ácidos grasos libres en el rumen, es recomendable incrementar los niveles de calcio de la ración en 0,1-0,2 unidades de porcentaje cuando la ración contiene grasa añadida. Cuando se cumplen las recomendaciones de calcio y fósforo, la relación Ca:P de la ración es poco importante, siendo el rango de relaciones apropiadas entre 1:1 y 8:1.

Las necesidades de hierro son prácticamente nulas debido a su reciclado dentro del mismo organismo y, por el contrario, el exceso de hierro conlleva a interferencias con la absorción de otros minerales (como el cobre) y al desarrollo de reacciones de estrés oxidativo, que resulta en daño celular. La mayor parte de las raciones base contienen suficiente hierro para cubrir las necesidades, por lo que su incorporación en los suplementos minerales es innecesaria y, en ocasiones, perjudicial. Aguas con un contenido de hierro superior a 0,2 mg/L se consideran inaceptables para el consumo de las vacas, y deben vigilarse por sus posibles efectos negativos.

El exceso de molibdeno en la ración como consecuencia de la utilización de alimentos ricos en este mineral puede interferir con la absorción de cobre, ya que forman un complejo insoluble. Los niveles máximos tolerados en raciones para el ganado bovino son de 10 mg/kg MS.

Tabla 1.3.- Recomendaciones de minerales y vitaminas (NRC, 2001).

	Concentración (en MS de la ración completa)
Calcio, %MS	0,6-0,7
Fósforo, %MS	0,3-0,4
Sodio, %MS	0,19-0,23
Cloro, %MS	0,26
Potasio, %MS	1,0-1,5
Magnesio, %MS	0,18-0,21
Azufre, %MS	0,2
Cobalto, ppm	0,10
Cobre, ppm	11
Cinc, ppm	63
Yodo, ppm	0,4-0,6
Hierro, ppm (máximo)	1000
Manganeso, ppm	14
Selenio, ppm	0,3
Vitamina A, UI/d	64.000 (100.000 – 200.000) ¹
Vitamina D, UI/d	20.000 (20.000 – 30.000) ¹
Vitamina E, UI/d	500 (300 – 500) ¹

¹Indica aportes medios utilizados por la industria en EEUU

Consideraciones sobre la formulación de raciones

Los hidratos de carbono: Uno de los principales problemas en la formulación de raciones ricas en energía es el riesgo de provocar acidosis. Desde el punto de vista funcional, los hidratos de carbono se dividen en hidratos de carbono fibrosos (**CF**), equivalentes a la fibra neutro detergente (**FND**), y los hidratos de carbono no fibrosos (**CNF**; principalmente almidón, azúcares libres, pectinas y productos de la fermentación de silos). La formulación correcta de raciones debe buscar el equilibrio entre la ingestión máxima de energía (reduciendo el aporte de FND e incrementando los CNF) y el mantenimiento de las funciones y condiciones normales del rumen (aportando unos niveles mínimos de FND). El exceso de FND puede limitar la ingestión de MS. Por ello, se recomienda que la ingestión de FND no supere el 1,4-1,5% del PV (Mertens, 1987), o el 1,1% del PV en forma de FND procedente de forrajes. Respecto a los hidratos de carbono, el NRC (2001) establece

recomendaciones de mínimos para la FND, FND-f y ADF, y máximos para los CNF, siendo estos niveles interdependientes (Tabla 1.4). Si se utiliza la FND-e (Tablas 1.5 y 1.6), el nivel mínimo de la ración se establece en el 21% de la MS.

Tabla 1.4.- Niveles recomendados (% materia seca) para las distintas fracciones de hidratos de carbono en vacas que reciben raciones unifeed, con un tamaño de partícula adecuado y grano de maíz como principal fuente de almidón (NRC, 2001).

NDF-forraje Mínimo	NDF total Mínimo	CNF Máximo	ADF total Mínimo
19	25	44	17
18	27	42	18
17	29	40	19
16	31	38	20
15	33	36	21

Tabla 1.5.- Valores de fibra efectiva (FND-e) en función del tipo de forraje y el tamaño de partícula (Sniffen y col., 1992).

{PRIVATE }Forraje y tamaño de partícula	Fibra efectiva, (%FND)
Leguminosas	
Largo	92
20% > 2,54 cm	82
< 0,635 cm	67
Gramíneas	
Largo	98
20% > 2,54 cm	88
< 0,635 cm	73
Ensilado de Maíz	
Normal	71
Pequeño	61

Tabla 1.6.- Valores de fibra efectiva (FND-e) según las recomendaciones de la Universidad de Michigan y las de la Universidad de Cornell (Sniffen y col., 1992).

Ingrediente	FND-e
Leguminosas	92
Alfalfa deshidratada, pellets	6
Gramíneas	92
Ensilado de maíz	81
Bagazo de cerveza	18
Segundas	2
Pulpa remolacha	33
Pulpa cítricos	33
Algodón	100
Cebada, molida	34
Trigo, molido	34
Avena, molida	34
Maíz, entero	100
Maíz troceado	56
Maíz, molido	60
Harina de soja	23
Gluten feed	36
Hominy feed	9
Granos de destilería	4
Gluten meal	36

Los CNF optimizan la eficacia de síntesis de proteína microbiana (a niveles entre el 35 y 40%) y la producción (36 y el 42 %; Hoover y Stokes, 1991), por lo que parece razonable establecer recomendaciones que limiten los niveles de CNF entre 35 y 42%. Los niveles máximos deben matizarse en función de la fermentabilidad de los CNF, siendo importante la moderar la velocidad de fermentación de los almidones, aumentar el tamaño de partícula de los cereales, y/o incrementar la contribución de pectinas (que no producen ácido láctico en su fermentación) a medida que los niveles se acercan a los máximos recomendados. En cualquier caso, en situaciones cercanas a niveles mínimos de FND-e y máximos de CNF, es recomendable el uso de sustancias tampón (150-250 g/d de bicarbonato sódico) y/o

alcalinizantes (50 a 60 g/d de óxido de magnesio). La efectividad de los tampones es mayor en raciones a base de ensilado de maíz, y menor en henos y ensilados de leguminosas (Erdman, 1988), ya que las leguminosas tienen mayor capacidad buffer para neutralizar ácido.

Los Lípidos: Las raciones de los rumiantes contienen una proporción de lípidos vegetales entre el 3 y 4% procedentes de los ingredientes de la ración base, y con frecuencia se suplementan con fuentes lipídicas adicionales (hasta un 7% de la MS). Las grasas tienen como objetivo aumentar la concentración energética de la ración. Sin embargo, su utilización tiene tres inconvenientes principales:

1) Los ácidos grasos pueden afectar la digestibilidad de la fibra. Estos efectos son mayores en los insaturados y sus efectos pueden limitarse si forman parte de semillas enteras y/o están protegidos de la acción ruminal (grasas inertes).

2) Las grasas pueden producir una reducción en la grasa de la leche. Dicho efecto parece estar mediado por la formación de intermediarios de la biohidrogenación anómala que se produce en condiciones de acidosis ruminal (Griinari y col., 1998). Estos efectos son mayores en presencia de ácidos grasos insaturados (aceites de lino, soja, girasol,...) y pueden prevenirse cuando se utilizan semillas enteras o se reduce el riesgo de acidosis ruminal. Los niveles de estas grasas deben limitarse a 150-250 g/d, particularmente en condiciones de riesgo de acidosis ruminal.

3) La suplementación de grasa puede limitar la ingestión de MS. Este efecto es particularmente evidente cuando los niveles de grasa de la ración superan el 5,25%, en el periodo postparto (se produce una regulación metabólica de la ingestión de energía) y con el uso de algunas grasas. El NRC (2001) recomienda no exceder del 6% de grasa total de MS de la ración durante el postparto (5-7 semanas), y del 7% durante el último tercio de la lactación, con un máximo del 3-4% de grasa añadida. Durante el secado, el contenido máximo de grasa en la ración no debería superar el 4%. También es necesario considerar que la grasa añadida puede afectar a la ingestión en función del contenido en ácidos grasos de la ración base y de la fuente de grasa adicionada. El uso de jabones cálcicos de aceite de palma resulta en una reducción de la ingestión del 2,5% por cada unidad de porcentaje adicionada, y su inclusión debe limitarse a un máximo de un 1-1,5% de la ración (Allen, 2000). La disminución de la ingestión de MS es inferior cuando la grasa añadida procede de semillas de oleaginosas o ácidos grasos hidrogenados

siempre que la cantidad de ácidos grasos añadidos no supere el 3,0 y 2,3%, respectivamente.

4) Por último, la suplementación excesiva de grasa (independientemente del tipo) en la ración del vacuno resulta, muy consistentemente, en una reducción de 0,1 a 0,3 unidades de porcentaje la proteína en leche (DePeters y Cant, 1992; Chouinard y col., 1997).

En condiciones de campo las raciones se formulan para **lotes de animales**. En estas condiciones, debe formularse la ración para un grupo más o menos heterogéneo de animales. Desde el punto de vista teórico, y cuando los lotes se forman según el nivel de producción, las raciones deberían formularse para cubrir las necesidades de la media más una desviación estándar. La desviación estándar es menor cuanto mayor sea el número de lotes. Si no conocemos la desviación estándar del lote, se aplica un factor multiplicador de la media de producción, que es mayor cuanto menor sea el número de lotes. Así, el factor multiplicador es de 1,2-1,3 si la explotación tiene un solo lote, de 1,15-1,20 en dos lotes, y 1,10 para más de 3 lotes (Hutjens, 1998).

El segundo aspecto a considerar es el uso de **factores de seguridad**. Las raciones formuladas a nivel de granja suelen tener una concentración de nutrientes (sobre todo energía y proteína) muy por encima de las necesidades establecidas en el NRC (2001). Esta sobredosificación de los aportes es consecuencia de la aplicación de márgenes de seguridad, que son necesarios cuando estimamos con poca precisión la descripción del animal (peso, producción y composición de la leche,...), y la composición y valor nutritivo de los ingredientes. Esta incertidumbre tiene un coste económico elevado. En cualquier caso, los márgenes de seguridad que suelen utilizarse son de un incremento del 10 y el 15% para energía y proteína, respectivamente. Estos márgenes no están integrados dentro de las recomendaciones del NRC (2001) o en el programa de formulación, y cuando la formulación se hace en base a datos correctos, es probablemente innecesaria.

NECESIDADES NUTRICIONALES DEL VACUNO LECHERO DURANTE EL SECADO Y LA TRANSICION

El periodo de secado es poco complicado desde el punto de vista de la alimentación, excepto durante la transición (3 semanas preparto). La predicción de la IMS en el periodo de secado se determina en función del PV (1,80 y 1,97% del PV para nulíparas y multíparas, respectivamente) con 220 a 260 días de gestación. Las necesidades consideran fundamentalmente el mantenimiento, la gestación y el crecimiento (en nulíparas y primíparas). En general, las necesidades energéticas son bajas, y suele ser más problemático el aporte equilibrado de nutrientes. Recientemente, se ha sugerido que el diseño de raciones de secado con una densidad energética inferior a 2,0 Mcal de EM (en general requiere la dilución de una ración de secado con paja picada de buena calidad) *ad libitum* mejora la IMS preparto y postparto, y la producción y el balance energético postparto (Dann y col., 2006, Douglas y col., 2006; Janovick-Guretzky y Drackley, 2006).

La **transición** entre el periodo de secado (con una ración baja en concentrado) y el postparto (con una ración rica en concentrados) requiere de un proceso de adaptación del sistema digestivo y del metabolismo a una nueva situación fisiológica. Se producen dos problemas principales:

- 1) La reducción de la ingestión de MS (de hasta un 30%) que favorece el desarrollo de un balance energético negativo importante. La IMS en el preparto se reduce sustancialmente (hasta un 30% en los días inmediatamente previos al parto. En general, la IMS se calcula también en función del peso vivo (1,65 y 1,73 %PV para nulíparas y multíparas, respectivamente) con más de 260 días de gestación. Aunque su control previene la mayor parte de los problemas del periparto, es difícil desarrollar estrategias que permitan mejorar la ingestión en condiciones de campo (Bertics y col., 1992; Grummer, 1995). Una alternativa viable es el aumento de la concentración energética de la ración mediante la utilización de cereales (CNF) (formular raciones con un 0,5-0,75% del peso vivo del animal en forma de cereales, de 3,2 a 4,9 kg de cereales en una vaca de 650 kg), y limitar el aporte de grasas al 4% máximo (no aportan energía a nivel ruminal, reducen la ingestión de MS, y no reducen la movilización de grasa (Seymour y col., 1994; Chilliard, 1993). El fracaso en el proceso de adaptación resulta en el desarrollo de patologías que se manifiestan como cetosis, desplazamiento de

abomaso, retención de placenta, y mamitis (Grummer, 1995; Goff y Horst, 1997). En condiciones prácticas, las estrategias orientadas a estimular la ingestión de MS en el parto debe centrarse en el manejo (instalaciones, confort, acceso y disponibilidad de alimentos, espacio de comedero, evitar que los animales lleguen al parto sin exceso de condición corporal (menos de 3,75).

2) La deficiencia de calcio es muy frecuente y comporta la pérdida de tono muscular esquelético (resulta en el síndrome de la vaca caída), de la matriz (contribuye a la incidencia de retenciones placentarias), del esfínter del pezón (contribuye a la incidencia de mamitis) y del tracto digestivo (contribuye a una mayor incidencia de desplazamientos de abomaso), así como una reducción de la ingestión de MS (Horst y col., 1997). Para prevenir la incidencia de hipocalcemia es necesario estimular los mecanismos de movilización de calcio en el postparto. Para ello, es posible desarrollar una ligera acidosis metabólica que favorezca la movilización del calcio. Dicha acidificación puede conseguirse a través de la modificación del balance aniónico-catiónico (BAC).

El cálculo del BAC puede realizarse considerando los minerales que intervienen:

$$\text{BAC (mEq/kg)} = [(\text{Na} + \text{K}) - (\text{Cl} + \text{S})]$$

o incluyendo sus coeficientes de absorción:

$$\text{BAC (mEq/kg)} = [(0,15 \text{ Ca} + 0,15 \text{ Mg} + \text{Na} + \text{K}) - (\text{Cl} + 0,2 \text{ S} + 0,3 \text{ P})]$$

donde los minerales se expresan en mEq/kg MS. En condiciones normales, el BAC es ligeramente positivo, pero en las raciones parto se recomienda que dicho nivel se encuentre entre -50 y -100 mEq/kg MS. Para reducir el valor hasta un nivel ligeramente negativo pueden utilizarse sales ricas en aniones que intervengan en la ecuación, entre las que el cloruro o sulfato amónico son las más frecuentes. El resultado de la inclusión de estas sales en la ración es una ligera acidificación sistémica. Esta acidificación estimula la movilización del calcio óseo. Uno de los principales inconvenientes del uso de sales aniónicas en el parto es la posible disminución de ingestión causada por su baja palatabilidad (Beede, 1992; Horst y col., 1997).

Para reducir al máximo el riesgo de afectar a la ingestión de MS, las raciones deben formularse a base de forrajes con niveles bajos de sodio y potasio, y aportar 0,4% de magnesio, entre 0,35 y 0,4% de azufre, un máximo del 0,8% de cloro, y niveles preferentemente inferiores a 1,2 y 0,15% de potasio y sodio, respectivamente. El fósforo debe mantenerse entre 0,30 y 0,40%. Si estos niveles están correctamente ajustados y el BAC es neutro o ligeramente negativo, entonces deben elevarse los niveles de calcio hasta el 1,0 ó 1,2% de la ración (Beede, 1992).

En base a todas estas consideraciones hemos elaborado las tablas 1.7 y 1.8 que recogen las propuestas de necesidades en nutrientes para los periodos de secado y transición.

Tabla 1.7.- Necesidades energéticas y proteicas de la vaca seca en función su paridad y días de gestación.

	Paridad					
	Nulípara		Primípara		Multípara	
Tipo ración	Secado	Preparto	Secado	Preparto	Secado	Preparto
Días gestación, d	<260	>260	<260	>260	<260	>260
IMS, kg/d	10,8	9,9	12,8	11,2	13,8	12,1
ENI, Mcal/kg	1,67	1,70	1,30	1,55	1,30	1,55
UFL/kg MS	0,98	1,00	0,76	0,91	0,76	0,91
PB, %	15,0	17,0	13,0	15,0	13,0	15,0
PDR, % PB	>65%	>65%	>65%	>65%	>65%	>65%
PDI, g/kg de MS	70	81	55	70	55	70

Tabla 1.8.- Recomendaciones de nutrientes durante el secado y el parto de vacas lecheras.

Nutrientes	Secado	Parto
Grasa bruta (GB), % MS	<4,0	<4,0
FAD, % MS	30-35	25-30
FND, % MS	40-45	<40%
CNF, % MS	25-30	35%
Calcio, % MS	0,44	0,48 (1,0-1,2) ¹
Fósforo, % MS	0,22	0,26(0,35-0,4) ¹
Magnesio, % MS	0,11	0,16 (0,4) ¹
Potasio, % MS	0,51	0,62 (<1,2) ¹
Azufre, % MS	0,20	0,20 (0,35-0,4) ¹
Sodio, % MS	0,10	0,14 (<1,5) ¹
Cloro, % MS	0,13	0,20 (>0,8) ¹
Cobalto, ppm	0,11	0,11
Cobre, ppm	12	18
Iodo, ppm	0,4	0,5
Hierro, ppm	13	18
Manganeso, ppm	16	24
Selenio, ppm	0,30	0,30
Cinc, ppm	21	30
Vitamina A, KIU/kg MS	5,6	8,2
Vitamina D, KIU/kg MS	1,5	2,2
Vitamina E, IU/kg MS	81	120

¹Recomendaciones en caso de utilizar sales aniónicas en el parto (Beede, 1992).

NORMAS FEDNA PARA OVINO Y CAPRINO LECHERO

Los sistemas de alimentación se basan en la estimación de las necesidades nutricionales de los animales y del valor nutritivo de los alimentos. Tradicionalmente el ganado ovino se ha utilizado con preferencia al caprino como modelo de investigación para determinar las necesidades en el área de la nutrición de pequeños rumiantes. En la actualidad, los diferentes sistemas de valoración de alimentos y de estimación de necesidades nutritivas han hecho importantes esfuerzos en sus nuevas ediciones para considerar específicamente al ganado caprino. Con objeto de adaptarlos a nuestras razas y sistemas productivos, se han revisado el Agricultural and Food Research Council (AFRC, 1993, 1998), el CNPCS (Cannas y col., 2004) adoptado por el National Research Council (NRC, 2007), y el propuesto por el Institute National de la Recherche Agronomique (INRA, 2007).

Con respecto al **valor nutritivo de los alimentos** es importante considerar las diferencias entre las 2 especies con lo que respecta a su comportamiento digestivo. Para ello nos centraremos en los trabajos realizados por Aguilera y col. (1986; 1990) en las que se comparan dos razas españolas (raza de ovino Segureña y de caprino Granadina). Dichos trabajos establecían comparaciones entre ovino y caprino respecto a aspectos diversos de su fisiología digestiva: digestibilidad de nutrientes (*in vivo* e *in vitro*), ritmos de degradación y de paso de la digesta, capacidad de ingestión y pautas de fermentación ruminal. En estos trabajos no se observaron diferencias significativas entre ovino y caprino en la digestibilidad aparente de nutrientes cuando los animales consumieron forrajes o dietas mixtas de calidad nutritiva media o alta (henos de alfalfa, paja de veza, dietas mixtas, con coeficientes de digestibilidad de la materia orgánica situados entre 0,58 y 0,76). Tampoco se detectaron diferencias interespecíficas en ritmos de fermentación o de tránsito de partículas a través del rumen. Por el contrario, los parámetros de fermentación ruminal fueron contradictorios. Esta información se refiere a animales en situación no productiva, sujetos a planos de alimentación próximos a mantenimiento y confinados en jaulas metabólicas. En el animal no productivo la ingesta voluntaria está limitada por la baja demanda de nutrientes que requiere la atención a sus necesidades de mantenimiento. Por lo tanto, bajo condiciones experimentales se minimizan las posibles diferencias entre especies

animales en comportamiento selectivo ante el alimento que pudieran explicar diferencias en eficiencia digestiva, ya que a ésta situación hay que añadir que las dietas experimentales son equilibradas en nutrientes y con suficiente variedad de ingredientes. Similar comportamiento se espera observar en explotaciones lecheras intensivas donde suministramos una dieta homogénea, variada en ingredientes y equilibrada en nutrientes.

Otro aspecto a tener en cuenta es que el ganado caprino es capaz de mantener un mayor tamaño del compartimento ruminal sin que aumente el grado de distensión de la pared del rumen. Ello le capacitaría notablemente para ingerir mayores cantidades de alimento, en comparación con el ganado ovino.

Ha existido tradicionalmente la tendencia a considerar que el ganado caprino tiene iguales **necesidades nutritivas** que el ovino para mantenimiento y como el vacuno para la producción de leche. Aguilera y col. (1990) y Prieto y col. (1990) encuentran diferencias en la actividad metabólica un 20% superior en el ganado caprino frente al ovino. Bajo estas condiciones las mayores necesidades energéticas para el mantenimiento observadas en el ganado caprino en relación con el ovino contribuirían a explicar una ingestión de alimento mayor en aquella especie animal. Con respecto a las necesidades para producción lechera, se tiene en cuenta la energía, proteína y grasa contenida en leche. El ganado ovino produce menos cantidad de leche pero con una riqueza mayor en grasa y proteína frente al ganado caprino. En ambas especies hay que tener en cuenta que en el animal en lactación, junto a la producción de leche, pueden tener lugar procesos de deposición de grasa corporal o de movilización de reservas corporales para atender a la lactación.

Información más detallada para nuestras razas sobre sistemas de producción y de alimentación en ganado ovino la encontramos en Gallego y col. (1994) y Daza (2002), y para caprino en Daza y col. (2004) y Fernández y col. (2008a).

NECESIDADES NUTRICIONALES DEL OVINO DE LECHE

A diferencia del vacuno de leche en el que la frisona es la raza más utilizada a nivel mundial para producción de leche, en el ovino de leche se mantienen una gran variedad de razas productivas. La producción de leche de ovino en España ha estado concentrada tradicionalmente en tres áreas geográficas, ligada a la explotación de ciertas razas locales de aptitud eminentemente lechera: Churra y Castellana en Castilla-León, Manchega en Castilla-La Mancha, y Latxa y Carranzana en el País Vasco y Navarra. La mejora progresiva de estas razas autóctonas y los esquemas de selección intra-raza en su aptitud leche han incrementado notablemente sus producciones en cantidad y calidad, y han contribuido a la obtención de animales genéticamente superiores dentro de cada grupo racial. No obstante, para incrementar la productividad de forma más rápida en muchos casos se ha optado por la introducción de razas foráneas puras, principalmente Assaf, Awassi, Lacaune y, en menor medida East Friesian, y en el cruce de éstas con las razas locales para explotar la F1. Aunque no hay estimaciones oficiales, los efectivos correspondientes a razas extranjeras y sus cruces se calcula que representan más del 45% del censo de ovino de leche en nuestro país (Ugarte y col., 2001). La superioridad productiva de estos animales no es compatible con los sistemas extensivos de explotación tradicionales, de aprovechamiento a pastoreo de recursos forrajeros. Por tanto, estos rebaños son mayoritariamente explotados en régimen de estabulación permanente, utilizando sistemas de distribución de la alimentación (carros mezcladores) y manejo (mangas). La disponibilidad de recursos pastables en algunas zonas se limita a la semiestabulación en los periodos de recría y de ovejas vacías, mediante el aprovechamiento de pastos naturales en primavera-verano o de cultivos de regadío producidos en áreas cercanas a la granja.

Debido a la gran variedad de razas productivas y de sistemas de explotación, en el ovino lechero no existe como en el vacuno una unificación ni estandarización de los parámetros productivos (Hernández, 2008). Pese a la superioridad productiva de las razas foráneas, las razas de ovino de leche autóctonas en España se mantienen debido a su mejor adaptación y a que en algunos casos la producción de leche de la raza local va unida a determinadas marcas de calidad tanto en el queso como en el cordero (Ugarte y col., 2001).

En general, las explotaciones intensivas con razas autóctonas (a excepción de la Latxa, de marcada estacionalidad reproductiva) han evolucionado hacia una intensificación reproductiva, pasando a 3 partos cada 2 años y lactaciones de 5-6 meses (generalmente un mes de cría del cordero lechal y 4-5 meses de ordeño). Con razas extranjeras en pureza o en cruce (Assaf y Lacaune, principalmente) se suele trabajar con 1-1,2 partos al año, lactaciones más largas de 7-9 meses y 2-4 meses de secado. Se realizan lotes de cubriciones para conseguir varias parideras al año, estando generalizados los tratamientos hormonales para las cubriciones fuera de estación. La mayoría de estas explotaciones realizan el destete precoz de los corderos, y un porcentaje cada vez mayor ha instaurado la lactancia artificial. En todos los casos, la alimentación de los rebaños se organiza en lotes que reciben raciones diferentes, generalmente, dos para lactación (alta y baja producción), uno para el parto (al menos 1 mes antes de la fecha de parto), y uno de mantenimiento para ovejas vacías.

Ingestión de Materia Seca

En todos los sistemas de alimentación para animales en producción la capacidad de ingestión es uno de los principales factores a considerar para predecir el balance o estado nutricional de los animales y para optimizar la concentración nutritiva de las raciones. La variabilidad en el consumo tiene una importancia mucho mayor sobre los aportes nutricionales que las diferencias en composición química de los ingredientes aportados en la raciones respecto a los valores utilizados en la matriz de formulación.

En el sistema francés (INRA, 1981-2007) las raciones son formuladas para cubrir las necesidades de los animales maximizando los consumos de forraje. Aunque algunos trabajos (Caja y col., 2002) muestran que este sistema predice con bastante exactitud los consumos del ganado ovino con raciones mixtas mezcladas, su validez para la formulación de dietas suministradas con sistemas unifeed (donde se combinan varios forrajes, subproductos y concentrados y la selección de ingredientes por el animal está limitada), es cuestionable. Además, resulta muy difícil de aplicar en condiciones de campo para la optimización de raciones utilizando programas de formulación a mínimo coste. Por tanto, hemos optado por utilizar un sistema similar al propuesto por el NRC (2001) para vacuno lechero con ecuaciones que predicen la **IMS (kg MS/d)** en función de

factores solo relacionados con el animal y con su estado fisiológico. No obstante, dado el mayor número de efectivos y la mayor dispersión en niveles de producción entre animales de un mismo lote, es probable que la predicción de la IMS a partir de ecuaciones en ovino lechero sea aún menos precisa que en vacuno lechero.

En estas Normas la IMS se calcula con las ecuaciones desarrolladas por **Pulina y col. (1996)** para ovejas de leche alimentadas en estabulación permanente. Además del peso adulto y el nivel de producción de leche, estas ecuaciones consideran el efecto que sobre la ingestión tienen los cambios de PV debidos a la movilización o almacenamiento de reservas corporales. Al inicio de lactación se ha considerado un factor de corrección (K), similar al propuesto por Cannas y col. (2004), que reduce el consumo de forma progresiva en las 6 semanas antes y después del parto en función del peso de la camada al parto (n° de corderos x peso esperado del cordero al nacimiento). Los trabajos publicados que han determinado el consumo de ovejas en producción (gestación y/o lactación) son muy escasos (Molina y col., 2001, Marie y col., 2002), lo que no nos ha permitido realizar una validación con un número de datos suficiente. Como primera aproximación, hemos comparado las predicciones de IMS obtenidas con estas ecuaciones con los resultados de dichos trabajos con ovejas de raza Manchega y Lacaune. La IMS predicha con las ecuaciones fue como media 1,2 veces superior (rango 1,12-1,31) a la observada en los ensayos experimentales. Parte de las diferencias pueden estar relacionadas con el potencial genético para producción de leche de estas razas respecto a las utilizadas por Pulina y col. (1989) para desarrollar las ecuaciones (Sarda, Comisana y Valle de Belice). No obstante, otros factores ambientales (sistemas de manejo, condiciones de los alojamientos, fotoperiodo, temperaturas, etc) están implicados en la regulación de la IMS y pueden afectar a las estimaciones del consumo. Por tanto, los valores de IMS calculados con estas ecuaciones deben ser siempre validados con medidas directas en condiciones de campo.

En las **condiciones ambientales** mediterráneas (continental o litoral), el fotoperiodo y la temperatura ambiente tienen poca influencia (< 10%) sobre la IMS de ovejas de razas lecheras (Caja y col., 2002), no siendo necesario corregir la IMS estimada en condiciones prácticas para T^a ambientales medias en el intervalo de termoneutralidad para ovino (T^a entre 5 y 25°C; Costa y col., 1992). En explotaciones intensivas donde las ovejas en ordeño están estabuladas, la T^a crítica inferior no suele

representar un problema. Sin embargo, al final de la primavera y en verano, cuando las T^a superan el límite superior, es frecuente observar una reducción en la producción de leche debida a un descenso en el consumo de alimentos del animal para reducir la producción de calor de digestión. En condiciones Mediterráneas con ovejas lecheras, la disminución en la producción de leche debida al estrés por calor se estima en alrededor de un 4% por cada $^{\circ}\text{C}$ por encima de la T^a crítica superior (- 4,2% para $\text{THI} > 23$; Finocchiaro y col., 2005). Este descenso en la producción debe ser considerado en los cálculos de la IMS con las ecuaciones propuestas. Para una oveja de 70 kg y una producción de 2 l leche/d supone una reducción de la IMS de un 2% (- 50 g MS/d) por cada $^{\circ}\text{C}$ por encima de la T^a crítica superior. Además, existe una correlación genética negativa entre tolerancia al estrés por calor y potencial de producción de leche, de modo que la disminución en la producción de leche por efecto de T^a elevadas es mayor en las ovejas más productoras.

Necesidades energéticas

Como en anteriores Normas FEDNA, las necesidades energéticas se calculan siguiendo una aproximación factorial como suma de las necesidades de mantenimiento, producción de leche, gestación y movilización o almacenamiento de reservas corporales, expresadas como Energía Neta de Lactación (ENL, Kcal/kg).

Las **necesidades de mantenimiento** propuestas corresponden a las obtenidas por Aguilera y col. (1986) en ganado ovino de raza Segureña, que fueron estimadas a partir de la producción de calor de machos castrados adultos en ayuno. Los valores de mantenimiento no incluyen, por tanto, el incremento de gasto energético asociado a la mayor actividad metabólica de animales en producción. Por lo tanto, como margen de seguridad se recomienda aumentar los valores obtenidos en un 10%, un valor similar al propuesto por el CSIRO (1990) y NRC (2007).

Las **necesidades para producción de leche** varían notablemente entre razas de ovino debido no solo a factores genéticos sino también a factores ambientales. En general, nivel de producción y riqueza en grasa y proteína de la leche están negativamente correlacionados, por lo que razas de ovejas lecheras con mayor potencial genético producen leche con concentraciones menores de grasa y proteína. De la misma forma, la disminución en la producción de leche al avanzar el estado de lactación

está asociada a un aumento de la riqueza de la leche en estos componentes. La reducción en la síntesis de grasa respecto a la de síntesis de proteína asociada al aumento de producción, es mayor en razas con menor potencial genético de producción (Pulina y col., 2005). Por tanto, para estandarizar las necesidades energéticas de lactación es necesario corregir la producción de leche para unos contenidos en grasa y proteína predefinidos. La energía contenida en la leche puede ser estimada directamente a partir de su composición analítica y del valor energético de sus componentes (grasa, proteína y lactosa). En la Tabla 2.1 se presentan ecuaciones obtenidas con distintas razas para predecir el valor energético de un litro de leche (ENL) a partir de su concentración en grasa. En estas Normas, el contenido en ENL (Kcal/kg de leche) se ha estimado con la ecuación obtenida en ovejas Manchegas por Molina y col. (1991) para una **leche de referencia con un 6,5% de grasa y un 5,8% de proteína** (considerados como valores medios para la mayor parte de razas de ovejas lecheras). En la tabla 2.2 se muestran las ecuaciones para el cálculo de la producción de leche corregida según el valor energético elegido de la leche de referencia.

Tabla 2.1 - Ecuaciones de predicción del valor energético (Kcal/kg) de la leche de oveja.

Razas	Ecuación ¹	Referencia
Manchega	$EB = 111,1 \times G + 409,7$	Molina y col (1991)
Lacaune	$EB = 99,96 \times G + 450,5$	Bocquier y col. (1991)
Sarda	$EB = 99,15 \times G + 376,3$	Pulina y col. (2005)

¹ EB: Energía bruta de la leche; G: Grasa Gerber (%)

Tabla 2.2 - Ecuaciones de estandarización de la producción de leche de oveja para un 6,5 de grasa.

Razas	Ecuación ¹	Referencia
Manchega	$PLS_{6,5} = 0,098 \times G + 0,36$ (valor de referencia = 1132)	Molina y col (1991)
Lacaune	$PLS_{6,5} = 0,091 \times G + 0,41$ (valor de referencia = 1100)	Bocquier y col. (1991)
Sarda	$PLS_{6,5} = 0,097 \times G + 0,37$ (valor de referencia = 1020)	Pulina y col. (2005)

Las **necesidades de gestación** aumentan de forma exponencial en los dos últimos meses de gestación y son proporcionales al peso total de la camada (nº de corderos x peso del cordero esperado al parto). El sistema INRA (1978) fija las necesidades energéticas de gestación a un nivel inferior (entre un 67-82%) de las necesidades estrictas, al descontar la energía aportada por la movilización de reservas corporales en este periodo. Expresadas como ENL, las necesidades de gestación propuestas por el INRA (2007) se estiman en 27; 75 y 140 kcal por kg de peso de cordero al nacimiento en la 3ª, 2ª y 1ª quincena antes del parto, respectivamente. El AFRC (1995), el sistema CNPCS-S (Cannas y col., 2004) y el NRC (2007) adoptan la ecuación exponencial del ARC (1980) para calcular la energía y la proteína retenida en el útero gravídico y tejidos anejos en función del día de gestación, desde el día 63 después de la cubrición. Todos los sistemas adoptan la misma eficacia de utilización de la EM (0,13) para gestación. En la Tabla 2.3 se presenta una comparación de las necesidades de ENL para gestación calculadas por ambos métodos para diferentes pesos de camada al parto.

Tabla 2.3.- Comparación de los valores de ENL (Kcal/d) para gestación calculados por el sistema INRA (2007) y por el NRC (2007).

ENL (Kcal/d)	INRA (2007)			AFRC (1993), NRC (2007)		
Día gestación	105	120	135	105	120	135
Peso camada, kg						
4	108	300	560	117	420	621
5	135	375	700	146	525	776
7	189	525	980	205	735	1086

Al no considerar la energía aportada por la movilización de reservas, los métodos anglosajones dan estimaciones superiores de las necesidades energéticas de gestación a las del sistema francés. En condiciones prácticas, si se utiliza el sistema propuesto por el INRA es recomendable considerar un cierto margen de seguridad (aumentar un 10% las necesidades de gestación; Caja, 1994). Esta recomendación es especialmente importante cuando el estado de las reservas corporales de las ovejas sea insuficiente. Sin embargo, una sobrealimentación en esta fase puede también provocar una elevada incidencia de toxemia de gestación, especialmente en ovejas engrasadas. Para evitar estos

problemas, es conveniente hacer lotes homogéneos de animales en cuanto a condición corporal y tamaño de camado esperado (diagnóstico de gestación).

Para estimar el coste energético de la **variación de peso (almacenamiento o movilización de reservas corporales)** en ovejas adultas después del primer parto, se ha utilizado la misma aproximación propuesta en el NRC (2000) y utilizada también en vacas (NRC, 2001). El sistema está basado en la puntuación de condición corporal (CC) de las ovejas en una escala de 0-5 (Russel y col., 1969), el peso vivo y la composición corporal para cada puntuación de CC. Para estimar las proporciones de grasa y proteína en la ganancia de peso se utilizan las ecuaciones propuestas por Cannas y col. (2004) para ganado ovino, que también han sido adoptadas por el NRC (2007). La energía movilizada de las reservas se utiliza con una eficacia de 0,82 para la producción de leche (Moe, 1981; NRC, 2001) y, a diferencia del vacuno, la eficiencia con la que la EM se deposita en reservas (0,60) es la misma tanto en ovejas lactantes como en secas (INRA, 1989; CSIRO, 1990 y AFRC, 1995).

La concentración energética por Kg de PV para diferentes puntuaciones de CC se presenta en la Tabla 2.4. Para los cálculos hemos asumido que un punto de CC en ganado ovino equivale a un 13% del PV. Esta equivalencia se corresponde con la indicada por el INRA (2007) y la obtenida por Frutos y col. (1997) en ovejas churras. También es muy similar (12% PV) a la obtenida por Oregui y Garro (1989) en Latxa.

El INRA (2007) recomienda que las ovejas en ordeño no pierdan más de 0,5 puntos de CC en 6 semanas. Esta pérdida puede ser más pronunciada en las primeras semanas de lactación y reducirse en las siguientes. En la práctica, las pérdidas de peso no deberían suponer una movilización energética superior al 50% de las necesidades diarias de ENL para mantenimiento. De acuerdo con los datos de la tabla 2.4, una pérdida de 0,5 puntos de CC en 6 semanas para ovejas de 70 kg de PV (100 g de PV/d) con una puntuación de CC entre 3 y 4 supone unos aportes de ENL de 584 y 676 Kcal/d, respectivamente, procedentes de la movilización de reservas.

Tabla 4 - Composición química del peso vivo vacío (PVV)^a en ganado ovino para diferentes puntuaciones de CC y ENL proporcionada por la movilización o almacenamiento de reservas corporales.

CC	AG (%PVV)	AP (%PVV)	TE Mcal/Kg PVV	PVV (% CC 3)	Mcal/kg PVV			ENL	
					perdido ¹	ganado ²	perdido	Mcal/kg PV	Mcal/kg PV
1	0,1138	0,1689	2,03	68	---	6,40	---	---	5,58
1,5	0,1573	0,1780	2,49	76	6,40	7,21	4,29	---	6,28
2	0,2007	0,1851	2,94	84	7,21	7,98	4,83	---	6,95
2,5	0,2442	0,1903	3,38	92	7,98	8,71	5,34	---	7,59
3	0,2876	0,1935	3,81	100	8,71	9,42	5,84	---	8,21
3,5	0,3311	0,1948	4,22	108	9,42	10,09	6,31	---	8,79
4	0,3745	0,1941	4,63	116	10,09	10,73	6,76	---	9,35
4,5	0,4180	0,1915	5,02	124	10,73	11,33	7,19	---	9,87
5	0,4614	0,1869	5,40	132	11,33	---	7,59	---	---

^aPVV = 0,817xPV (kg); PV = peso vivo

¹Energía contenida en 1 kg de PVV para aumentar 0,5 puntos la condición corporal.

²Energía contenida en 1 kg de PVV para perder 0,5 puntos de condición corporal.

En la tabla 2.5 se presentan las necesidades energéticas diarias y las recomendaciones de concentración energética mínimas para ovejas de 70 kg, para distintos estados de lactación y diferentes niveles de producción. Los cálculos se han realizado siguiendo las ecuaciones propuestas en el Anejo 2.

Tabla 2.5.- Cálculo de necesidades para una oveja lechera de 70 kg de peso vivo produciendo diferentes niveles de leche al 6,5% de grasa y 5,8% de proteína.

Peso vivo, Kg	Necesidades de Energía			
	70			
ENL mant., Kcal/d	1531	1531	1531	1531
PLS ¹ , Kg/d	3,0	2,5	1,5	1,0
ENL prod. leche, Kcal/d	3390	2825	1695	1130
ENL reservas, Kcal/d	-631 ²	0	0	575 ³
ENL total, Kcal/d	4290	4356	3226	3236
UFL total, UFL/d	2,52	2,56	1,90	1,90
Consumo, Kg MS/d	2,53	2,82	2,27	2,21
UFL/Kg MS	UFL Ración			
	1,00	0,91	0,83	0,86

¹PLS: Producción de leche estandarizada a 6,5% grasa y 5,8% proteína.

² Pérdida de 0,5 puntos de CC en las 6 primeras semanas en ovejas con CC = 3,5.

³ Recuperación de 0,5 puntos de CC en 8 semanas en ovejas con CC= 3.

Si se desea conocer la evolución de la producción de leche en ovejas con buena o pobre condición corporal, con el objeto de hacer una previsión futura de las necesidades nutritivas se puede consultar el programa de simulación siguiente:

<http://forio.com/simulation/ns/cjfernandez/simleoveja>

Necesidades proteicas

Las necesidades proteicas se calculan como suma de las necesidades de mantenimiento, gestación y lactación, y se expresan en gramos de PM (o PDI).

Las **necesidades de mantenimiento** propuestas por el INRA (1989) son proporcionales al peso metabólico del animal e incluyen los gastos nitrogenados mínimos (pérdidas de N endógeno urinario y de N metabólico fecal) y la producción de lana (de escasa importancia en razas lecheras, alrededor de 2 kg de peso de vellón sucio). Por el contrario, las ecuaciones propuestas por los sistemas americanos (CNPCS, Cannas y col. 2004; NRC, 2007) asumen unas pérdidas variables de N metabólico fecal en función del consumo de MS. Esta aproximación difiere de la propuesta por el INRA (1989) y AFRC (1995) cuyos gastos de mantenimiento solo dependen del PV y la producción de lana. Por tanto, las necesidades de PDI para el mantenimiento calculadas con los sistemas americanos son mayores en animales de alta producción dados sus mayores consumos.

Todos los sistemas, INRA (1989), CNPCS (Cannas y col., (2004) y NRC (2007) calculan las **necesidades** de PM (PDI) **para producción de leche** a partir de la concentración en proteína de la leche ($N \times 6,38$) adoptando la misma eficacia de conversión de proteína metabolizable a neta (0,58) propuesta por el INRA (1989). Tanto el CNPCS como el NRC realizan una corrección de la concentración en proteína total de la leche para considerar sólo la proteína verdadera (Proteína verdadera = PB leche $\times 0,95$).

Las **necesidades para gestación** del INRA son de 5,5; 10 y 13 g de PDI por día por Kg de cordero al parto. Estas necesidades corresponden a las necesidades estrictas calculadas mediante una ecuación similar a la propuesta por el ARC (1980). Esta ecuación es la utilizada tanto por el sistema CNPCS como por el NRC (2007). Sin embargo, los sistemas anglosajones asumen una eficacia de utilización de la proteína metabolizable (PM) para síntesis de proteína neta de gestación de 0,70, mayor a la adoptada por el INRA para ovino (0,60) y casi del doble que la considerada en vacas (0,33) por el NRC (2001). Aunque las necesidades de proteína neta de gestación calculadas con los sistemas INRA y NRC son similares, cuando se expresan como PM (o PDI) son claramente superiores en el sistema INRA (Tabla 2.6).

Tabla 2.6.- Comparación de las necesidades de proteína para gestación (PDI, g/d) calculados con el sistema INRA (2007) y NRC (2007).

PDI (g/d)	INRA (2007)			NRC (2007)		
Día gestación	105	120	135	105	120	135
Peso camada, kg						
4	22	40	52	14	21	30
5	27	50	65	17	26	37
7	38	70	91	24	36	52

Dado que no existen **reservas corporales** de PM (o PDI), y que los excesos de proteína en la ración son catabolizados y excretados en orina, no se consideran necesidades adicionales de proteína para el almacenamiento de reservas corporales. El aporte de proteína por la movilización de reservas tiene también escasa importancia y, generalmente, no suele considerarse en la formulación práctica. El contenido medio en proteína por kg de PV movilizado en ovejas es de 15,3% (Tabla 4), y es utilizada con una eficacia de 0,8 para síntesis de leche (CSIRO, 1990). Por tanto, el déficit de PDI tolerado sería de -12 g PDI/d para una pérdida de peso 0,5 puntos de CC en 6 semanas (100 g PV/d).

En la tabla 2.7 se presentan las necesidades energéticas diarias y las recomendaciones de concentración energética mínimas para ovejas de 70 kg, en distintos estados de lactación y diferentes niveles de producción. Los cálculos se han realizado siguiendo las ecuaciones propuestas en el Anejo 2.

Tabla 2.7.- Cálculo de necesidades para una oveja lechera de 70 kg de peso vivo produciendo diferentes niveles de leche al 6,5% de grasa y 5,8% de proteína.

Peso vivo, Kg	Necesidades de Proteína (PM o PDI)			
	70			
PM mant., g/d	67	67	67	67
PLS ¹ , Kg/d	3,0	2,5	1,5	1,0
PM prod. leche, g/d	300	250	150	100
PM total, g/d	367	317	217	167
Consumo, Kg MS/d	2,53	2,82	2,27	2,21
	PM Ración			
PM (%MS)	14,47	11,24	9,52	7,53
PB (%MS)	18,0	16,0	15,0	14,0

¹PLS: Producción de leche estandarizada a 6,5% grasa y 5,8% proteína.

Necesidades de minerales

Las **necesidades de macrominerales** se expresan en porcentaje de la materia seca de la ración y se determinan como suma de las necesidades netas de mantenimiento y producción (gestación, lactación) multiplicadas por un coeficiente de absorción que es expresado en proporción de la cantidad ingerida. Las necesidades de minerales del ganado ovino en situaciones fisiológicas diferentes no se conocen con exactitud (ARC, 1980; INRA, 1981, 1989, 2007, NRC, 1975, 1985, 2007). Muchos de los trabajos para estimar las necesidades han sido realizados con machos de razas especializadas en producción de carne. Por tanto, las necesidades de ovejas lecheras pueden ser diferentes, debido especialmente a la larga duración de la lactación. Además, la concentración de cada mineral en la leche también puede variar al avanzar el periodo de lactación (Brathwaite, 1983a, b). Los niveles recomendados para la formulación se presentan en la Tabla 2.8 y tienen en cuenta el aporte de estos minerales por los ingredientes habituales en

las raciones, por lo que en la práctica incluyen un margen relativamente amplio de variación.

Las necesidades de Ca y P varían dependiendo del peso vivo del animal y del estado fisiológico, y evolucionan de forma paralela al aumentar el nivel de producción. La absorción de Ca y P en el intestino aumenta con las necesidades y cuando su contenido disminuye en la dieta (Braithwaite, 1982). El coeficiente de absorción del Ca y P es del 40 y 60%, respectivamente, en ovejas adultas en mantenimiento, y alcanza el 60 y 70%, respectivamente, en ovejas en lactación. El ratio Ca:P óptimo es de 1:1 a 2:1, pero ratios mayores de hasta 7:1 no suponen ningún problema siempre que se cubran las necesidades de ambos minerales individualmente. Al igual que en vacas, en las raciones de parto (1 mes antes del parto) los niveles de cationes (Ca, Na, y K) deben reducirse para favorecer la movilización de Ca óseo (0,40; 0,10 y 0,5% MS, respectivamente). Las necesidades mínimas de Mg son de 0,15 y 0,18% MS para ovejas al final de gestación y principio de lactación, respectivamente. El aporte de óxido de magnesio (alrededor de 7 g/d) puede prevenir el riesgo de hipomagnesemia en ovejas en lactación. La lana es rica en aminoácidos azufrados y el contenido en azufre es de alrededor del 4%, por lo que las necesidades de S en ovino son relativamente altas (0,26%MS).

Las recomendaciones de **microminerales y vitaminas** para ovino no se han modificado en los sistemas de formulación actuales (INRA, 2007; NRC, 2007). Los valores que figuran en la tabla 7 son recomendaciones de incorporación a través del corrector, sin considerar los aportes de los ingredientes. Especial mención merece el exceso de cobre en las raciones por el estrecho margen entre necesidades y dosis tóxicas de este micromineral para ganado ovino. La absorción de Cu en el intestino se ve limitada cuando la dieta contiene niveles altos de molibdeno, y en presencia de S, por la formación de complejos insolubles de tiomolibdatos (CuMoS_4). La ingestión prolongada de Cu excediendo las necesidades (5-7 ppm MS) conduce a la acumulación de Cu en los tejidos, especialmente en el hígado. La intoxicación por Cu en ovejas es relativamente frecuente (NRC, 1980), y ocurre cuando las dietas contienen 15-20 ppm MS de Cu y bajos niveles de molibdeno, dado que los niveles máximos de tolerancia son muy bajos (25 ppm). Para evitar el riesgo de intoxicación, los correctores suelen incorporar concentraciones altas de azufre y molibdeno (por kg de MS de ración 0,30-0,40 % de S y

0,5 ppm de Mo; Meschy, 2007) que actúan como antagonistas de la absorción del cobre. Las recomendaciones de oligoelementos y vitaminas contemplan las necesidades mínimas e incluyen un margen de seguridad.

Tabla 2.8. - Recomendaciones de minerales y vitaminas (Meschy, 2007; INRA, 2007).

	Concentración (en MS de la ración completa)
Calcio, %MS	0,60 - 0,70
Fósforo, %MS	0,30 - 0,40
Sodio, %MS	0,16-0,18
Cloro, %MS	0,25
Potasio, %MS	0,80 - 1,0
Magnesio, %MS	0,18 - 0,20
Azufre, %MS	0,20 - 0,26
Cobalto, ppm	0,10 - 0,20
Cobre, ppm	7 - 11
Yodo, ppm	0,50 - 0,80
Hierro, ppm	30-50
Manganeso, ppm	40-50
Selenio, ppm	0,1-0,2
Vitamina A, UI/d	6.600-7.000
Vitamina D, UI/d	1.000
Vitamina E, UI/d	40

Recomendaciones de FND y CNF

El contenido en fibra (expresada como porcentaje de FND sobre MS) y los carbohidratos no estructurales (CNF) en las raciones de ovejas, así como su ratio (FND/CNF) afectan tanto al consumo de MS como a los procesos ruminales de fermentación y, por lo tanto, a la producción y composición de la leche. En general, el porcentaje de FND de la ración se relaciona positivamente con el contenido en grasa de la leche y negativamente con la producción de leche. Avondo y Cannas (2001), en una revisión de trabajos de la bibliografía con ovejas lecheras, estiman que los niveles de consumo de FND que optimizan la producción de leche y la IMS son de 1,20 y 1,46 % del PV, respectivamente. Estos valores son bastante similares a los propuestos por Mertens para vacuno lechero

(FNDi = 1,25% PV). El nivel de CNF de la ración varía con el ratio forraje:concentrado (F:C) y con la naturaleza del concentrado. Ratios inferiores a 40:60 al inicio de lactación dan lugar a una disminución significativa del contenido en grasa y proteína de la leche, debido probablemente al efecto depresor de los CNF sobre el pH ruminal y a la disminución en la síntesis de proteína microbiana. Recientemente, algunos trabajos con ovejas lecheras ha observado un incremento en la producción y en la concentración de proteína en leche con niveles de CNF del 35-38% MS en inicio de lactación (Bovera y col., 2003). A medida que la lactación avanza, las necesidades de fibra aumentan (hasta niveles del 40% MS) y las de NSC disminuyen (niveles del 30% MS), puesto que al final de la lactación los NSC promueven la deposición de grasa corporal en lugar de la producción de leche (Bovera, 2003; Cannas, y col, 2003). Cuando las ovejas están en balance energético positivo, niveles altos de FND en las raciones (superiores a 35-38% MS) están negativamente correlacionados no sólo con la producción de leche, sino también con la producción de grasa, probablemente como resultado de un descenso en los niveles de CNF de las dietas (Cannas y col., 2000). En la Tabla 2.10 se presentan estas recomendaciones, complementadas con los niveles propuestos por el NRC (2001).

Tabla 2.9.- Recomendaciones de Fibra y CNF en raciones de ovejas.

% MS ración	Gestación	Preparto	Lactación ¹
FND mínimo	35	30	25 - 30
CNF máximo	30	35	40 - 45
FAD mínimo	21	20	18 - 20

¹Según nivel de producción.

Recomendaciones de niveles de grasa añadida

Las raciones de rumiantes sin grasa añadida rara vez contienen más de un 3,5% de grasa, de la cual aproximadamente un 30-50% corresponde a insaponificables (ceras, pigmentos como clorofila, etc). En general, las recomendaciones de niveles (hasta un 7% sobre MS) y de fuentes de grasa añadida en raciones de ovejas lecheras son similares a los anteriormente comentados para el vacuno lechero. Hay que destacar, no obstante, que el aumento en la concentración de grasa de la leche en

respuesta a la suplementación con grasas no protegidas es mayor en ovejas lecheras, que en vacas o cabras (Chilliard y col., 1993).

Las respuestas a la suplementación con jabones cálcicos sobre la producción de leche son, por el contrario, inconsistentes. Gargouri y col. (2006) indican que a dosis moderadas (< 100 g/d) no tienen efecto, mientras que a dosis altas (> 150 mg/d) se obtienen respuestas negativas. Por el contrario, la concentración de grasa de la leche generalmente aumenta por la inclusión de jabones cálcicos de palma en las raciones de ovejas (Schmidely y Sauvant, 2001; Mele y col., 2005; Gargouri y col., 2006). Estos autores obtienen una relación cuadrática entre la concentración en grasa de la leche y el nivel de suplementación con jabones cálcicos de las dietas. En la revisión de Gargouri y col. (2006) el nivel óptimo se sitúa en 190 g/d (10% de la ENL de la ración) para conseguir un incremento máximo (+18 g/l) en el contenido en grasa de la leche. Las respuestas mayores se obtienen al inicio de la lactación, durante el periodo de cría (0-5 semana de lactación), con aumentos en la grasa de la leche de 15 g/l por cada 100 g de jabones cálcicos añadidos (Gargouri y col., 2006). Por el contrario, el efecto sobre la producción de proteína de la leche, generalmente negativo, es variable según la dosis y el estado de lactación.

Recomendaciones para la formulación de raciones

Las recomendaciones para la formulación de raciones de ovejas lecheras en sistemas intensivos de explotación ya han sido descritas en trabajos anteriores presentados en Congresos FEDNA (Jimeno y col., 1997, 2001). En ambos casos, las recomendaciones estaban referidas a ovejas de raza Lacaune y habían sido calculadas siguiendo el sistema INRA y las recomendaciones del NRC (2001). Los niveles propuestos por estas Normas son similares a los indicados en dichos trabajos para la mayoría de nutrientes considerados en la formulación

En la formulación de raciones para ovejas de ordeño es conveniente no ajustar estrictamente los aportes nutritivos a las necesidades calculadas, en especial cuando se manejan lotes de animales que no sean homogéneos. Por ello es frecuente sobrealimentar a las ovejas a niveles que pueden alcanzar el 120 y 150% para la energía y proteína, respectivamente, en relación a las necesidades de la oveja media (Caja, 1994).

NORMAS FEDNA PARA CAPRINO LECHERO

INTRODUCCIÓN. GENERALIDADES SOBRE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN CAPRINA

La cabaña caprina en nuestro país se concentra principalmente en el centro y sur de España, es decir, ocupa las zonas más desfavorecidas en cuanto a climatología y disponibilidad de alimento. Se distribuye en lo que comúnmente se llama España seca y desafortunadamente las épocas de sequía van a ser habituales en la escena rural de nuestro país. La sequía cuesta mucho dinero al ganadero, ya que por un lado el animal pierde apetito y por otro la disponibilidad y calidad del pasto, forraje y agua descienden, además los suelos y los pastos naturales que no se trabajan se van deteriorando. Bajo este panorama el ganadero se ve obligado a suplementar cuando la disponibilidad de pasto, forraje verde o conservado no es suficiente como para satisfacer las necesidades de los animales. Muchos ganaderos optan por adquirir parte del alimento en la industria de fabricación de piensos.

En general en España nos encontramos con un modelo productivo intensivo para el caprino lechero, siendo el tipo de sistema que vamos a seguir en estas recomendaciones FEDNA 2009. Vamos a describir brevemente el sistema productivo. La **gestación** tiene una duración de 5 meses. Debemos prestar especial atención a la cabra en gestación para prevenir mortalidad. Una manera indirecta de medir la condición corporal de la cabra la desarrollaron Santucci y Maestrini (1985), que definieron un método para la valoración de la condición corporal usando una escala del 1 al 5. A diferencia del ovino se palpan 2 regiones anatómicas; el esternón y las vértebras lumbares. Para asegurar un adecuado peso del cabrito al nacimiento y buena aptitud maternal de la cabra debemos de mantener una condición corporal mínima de 2 durante la gestación y preferiblemente 3 antes del parto. El desarrollo placentario tiene lugar durante los 3 primeros meses de gestación y, aunque la demanda nutricional no es muy elevada en este periodo, debe ser adecuada. El desarrollo fetal tiene lugar a partir de las 6 semanas previas al parto y las necesidades nutritivas también serán más elevadas. Si sobrealimentamos a las cabras las 4-6 semanas previas a los nacimientos vamos a encontrarnos problemas al parto. En condiciones normales de la España seca con escasez de alimento esto no sucede, pero en caprino lechero intensivo donde parte del alimento se compra a la industria sí nos podemos encontrar con una sobrealimentación. Si las cabras son subalimentadas nos puede suceder que la cabra no muestre mucho instinto maternal por el cabrito y lo abandone, y aunque en condiciones intensivas el cabrito va a llevar a cabo una lactancia artificial, la producción de leche durante el ordeño disminuirá (Daza y col. 2004).

En las explotaciones intensivas de caprino lechero los cabritos se separan rápidamente de las madres para poder empezar a ordeñar a estas y comercializar la leche lo antes posible. Es decir, en general, en nuestro país el cabrito es alimentado con calostro entre las 24-72 horas tras el nacimiento y a continuación es retirado de la madre. El cabrito pasa a un régimen de lactancia artificial y la madre se ordeña con lo que se maximiza la cantidad de leche comercializada por la explotación a lo largo del año (para el caso de futuras reproductoras, la pubertad se alcanza a los 5-6 meses de edad y para ser cubierta o inseminada debe haber alcanzado al menos el 55% de su peso vivo adulto, lo que suele tener lugar a los 7-8 meses de edad). Aunque la cabra es poliestrica estacional (anoestros desde abril hasta agosto, variable según latitud y raza), dicho anoestro no es tan marcado como en las razas europeas, e incluso en algunos casos se ha considerado a nuestras razas como poliestricas casi continuas. Por norma general se realiza un solo ordeño al día (por la mañana) y la **producción de leche** esta estandarizada en 210 días en cabras múltiparas y 150 días en primíparas. La producción de leche alcanza un máximo entre el primer y segundo mes tras el parto y luego descendiende paulatinamente.

NECESIDADES NUTRICIONALES PARA CAPRINO LECHERO

Ingestión de Materia Seca

La determinación de la capacidad de ingestión es un tema complicado y delicado debido a la cantidad de factores que interactúan, ya sean relacionados con el tipo de alimento, con factores medioambientales o el estado fisiológico del animal. Al final de la gestación la capacidad de ingestión disminuye, ya que el crecimiento de los fetos reduce el espacio disponible para maximizar el llenado del retículo-rumen. No existe ninguna ecuación para predecir la IMS durante la gestación en los sistemas revisados, apareciendo únicamente alguna regla empírica de situa esta reducción en la IMS al final de la gestación en torno al 5% (INRA 2007). Después del parto se inicia la lactación y la máxima capacidad de ingestión de alimento (aproximadamente a las 7 semanas tras el parto) se obtiene después de llegar a la máxima producción de leche (aproximadamente 4 semanas del parto), es decir, se crea un desfase entre la máxima producción de leche y la máxima capacidad de ingestión. Además se deben considerar en los cálculos la tendencia del ganado caprino a seleccionar alimentos, esto significa que pueden rechazar un 15% de la ración ofrecida y llegar este valor al 30-40% cuando el forraje ofrecido es de poca calidad. Unas recomendaciones

generales de consumo de materia seca por día para ganado caprino tomando como modelo la raza Murciano-Granadina se muestra en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1.- Recomendaciones de capacidad de ingestión en Kg de MS/día¹ para ganado caprino (lactación estandarizada a 210 días con un 5,5% de Grasa).

Peso vivo, Kg	Estado de lactación (para una producción de leche media de 2,5 kg/día)		
	Pico	Mitad	Fin
40	1,54	1,93	1,48
45	1,71	2,14	1,64
	Producción de leche (Kg/día)		
	1,5	2,5	3,5
40	1,48	1,68	1,74
45	1,55	1,87	2,01

¹ Cabras Murciano-Granadinas alimentadas con raciones completas

El sistema AFRC (1998) hace una adaptación del INRA (1988) hacia unidades de Kg de IMS / día (ver Anexo 3). Con respecto al sistema americano (NRC 2007), quizá la definición del consumo de materia seca sea la parte más práctica, que viene expresada tanto en kg de MS/día como en porcentaje del peso vivo. Como ejemplo en la Tabla 3.2 resumimos la capacidad de ingestión de materia seca de unas cabras adultas en la primera fase de lactación.

Tabla 3.2.- Capacidad de ingestión de materia seca cabras adultas en la primera parte de lactación (4% de grasa en leche).

Peso vivo en kg	Producción de leche en kg	Consumo de MS al día	
		kg	% del peso vivo
40	2,06	2,34	5,86
50	2,33	2,70	5,40
60	2,57	3,03	5,05
70	2,80	3,35	4,78
80	3,01	3,64	4,55
90	3,22	3,94	4,37

(Nutrient Requirements of Small Ruminants, 2007)

Uno de los inconvenientes al utilizar este sistema es el bajo nivel de producción y el alto peso de los animales definidos en comparación con las razas españolas.

Necesidades Energéticas

Las recomendaciones están basadas mayoritariamente en trabajos con cabras de raza Granadina desarrollados en la Estación Experimental del Zaidín (CSIC). Dichas recomendaciones se han completado con el AFRC (1998), INRA (2007) y NRC (2007).

En los trabajos realizados en el CSIC de Granada se emplea la Energía Metabolizable (EM) como unidad de medida. El sistema propuesto por el INRA utiliza la energía neta (EN) y expresado en términos de Unidad Forrajera Leche (UFL) la cual está definida como 1700 Kcal (ó 7,11 MJ) de energía neta para lactación (ENL). Los valores de EM que proponemos en las ecuaciones (ver anexo) se pueden convertir en EN basándonos en que la EM se va a utilizar con una determinada eficiencia para la producción, distinta en función del proceso o momento fisiológico en que se encuentre el animal. En el ámbito científico la unidad energética que principalmente se utiliza para cuantificar las necesidades del animal es el Joule [J], (KJ o MJ) y en términos de EM y/o EN.

Las necesidades energéticas de **mantenimiento** se van a calcular siguiendo el concepto clásico de Kleiber (1932) en el que se indicaba que los requerimientos energéticos de un mamífero son función de su masa corporal elevada a la potencia de 0,75 que tradicionalmente denominamos peso metabólico ($PV^{0,75}$).

Durante la **lactación**, la producción de leche aumenta desde el parto hasta las 4 semanas post-parto (pico de lactación), para disminuir después paulatinamente. La lactación para la cabra Murciano-Granadina está estandarizada en 210 días para cabras multíparas y 150 días para cabras primíparas.

El contenido energético medio de la leche de cabra de raza Granadina con el 5,88 % de grasa es de 3,59 MJ/Kg (no consideramos el INRA debido a que todas sus determinaciones están basadas en leche con un contenido graso mucho más bajo que nuestras razas, concretamente un 3,5%). La eficacia de utilización de la EM para producción de leche (KI) es

del 66,7% (Aguilera y col., 1990). Por tanto, la EM necesaria por Kg de leche producida con un 5,88% de grasa será de 5,38 [3,59/0,667] MJ.

El contenido energético de la leche puede estimarse con gran precisión en función de su riqueza en nutrientes y su correspondiente valor energético, según la ecuación:

$$\text{ENL (KJ/Kg)} = 38,00 \times G + 24,44 \times \text{PB} + 16,45 \times L$$

Donde ENL es la energía neta o retenida en forma de leche expresada en KJ por Kg; G, PB y L indican la concentración en grasa, proteína bruta (N total x 6,38) y lactosa, respectivamente, expresada en g/Kg.

La Tabla 3.3 da unas recomendaciones para cabras Murciano-Granadinas según el peso vivo y el nivel de producción lechera.

Tabla 3.3.- Recomendaciones energéticas para producción de leche expresadas en UFL. Incluyen mantenimiento y producción lechera (lactación estandarizada a 210 días con un 5,5% de Grasa).

Peso vivo, Kg	Kg de leche por día		
	1,5	2,5	3,5
40	1,4	1,6	1,7
45	1,6	1,7	1,8
50	1,7	1,8	1,9

¹ cabras Murciano-Granadinas alimentadas con raciones completas

Si se desea conocer la evolución de la producción y calidad lechera en ganado caprino durante la lactación, con el objeto por ejemplo de hacer una previsión futura sobre las variaciones en las necesidades nutritivas durante la lactación, se puede consultar el programa de simulación siguiente:

<http://forio.com/simulation/ns/cjfernandez/simlecabra>

Durante los dos últimos meses de **gestación** (la duración de la gestación es de 5 meses) el crecimiento de los fetos es exponencial y se produce una reducción de la capacidad de ingestión con el crecimiento de los mismos. No hay muchos datos en ganado caprino sobre las

necesidades energéticas de la gestación. El AFRC (1998) y NRC (2007) basa sus valores en trabajos realizados en ovino, mientras que el INRA (2007) sí presenta trabajos realizados en caprino.

Como hemos comentado anteriormente, existe un desfase entre la máxima producción de leche y la máxima capacidad de ingestión y esto supone una pérdida de peso corporal o lo que es lo mismo, de energía almacenada en las **reservas corporales**. Conocidos los cambios de peso corporal y teniendo en cuenta que 1 Kg de grasa corporal de reserva proporciona 39,8 MJ de EN, mientras que la misma cantidad de proteína corporal de reserva provee 23,8 MJ, es decir, un 67% menos, podremos calcular las necesidades en energía para cubrir cualquier déficit en la misma durante este periodo.

El AFRC (1998) considera que las necesidades en EM de las cabras en lactación se reducen en 4,6 MJ/d durante las 4 primeras semanas. INRA (2007) asume que las cabras pierden 1 Kg de peso por semana durante las 4 primeras semanas de lactación y se considera que ganan 1,2 Kg/mes a partir del 4º mes (2,2 Kg/mes en cabras primíparas). El sistema francés considera dos valores: 41,8 MJ EM/Kg PV perdido y 44,0 MJ EM/Kg PV ganado. Fernández y col. (2008b) propone una ecuación para predecir la movilización de reservas corporales durante la lactación en cabras Murciano-Granadinas.

Lo mencionado hasta ahora correspondería a las necesidades energéticas de la cabra en régimen intensivo. A pesar del régimen intensivo, las cabras suelen desplazarse a la sala de ordeño y en algunos casos las explotaciones también disponen de amplios parques en los que los animales hacen ejercicio. El gasto energético correspondiente a la **locomoción** es uno de los factores que más peso tienen en el gasto energético total de un animal en pastoreo. En nuestro caso al considerar un régimen intensivo vamos a tener en cuenta los gastos por desplazamiento horizontal. Según los estudios en caprino de raza Granadina de Lachica y col. (1997a), el coste energético por desplazamiento sobre un plano horizontal es de 3,35 J/Kg PV/m.

Además, la dieta tendrá una relación distinta de forraje/concentrado y ello supondrá también un coste para el animal. Este gasto energético se atribuye al **coste energético de la ingestión**, que considera también el tiempo que se emplea en esa acción y a la naturaleza y forma física del

alimento que se consume. Los únicos datos que nos ofrece la literatura han sido obtenidos en cabras de raza Granadina (Lachica y col., 1997b; Lachica y Aguilera, 2005) y se encuentran en el Anexo 3.

Por último, vamos a considerar también los costes de **termorregulación**, importantes en ganado caprino pues en España la mayor parte de la cabaña se encuentra localizada en zonas áridas. Es bien sabido el papel protector y aislante del pelo en los animales. La velocidad a la que pierde calor depende del gradiente de temperatura entre el animal y su entorno y se afecta también por ciertas características del animal, como son el aislamiento proporcionado por los tejidos y la capa de pelo, y su estado nutritivo. Si ocurre un descenso en la temperatura, el animal debe producir más calor o disminuir sus pérdidas para mantener la suya corporal. Lachica y col. (2007) han estudiado el incremento en el coste energético animal debido a los cambios estacionales de la temperatura ambiental, siendo dicho incremento de 1,98 x EMm.

Necesidades proteicas

Las recomendaciones están basadas mayoritariamente en las publicaciones del AFRC (1998), INRA (2007) y NRC (2007), además de los trabajos de balance nitrogenado con cabras de raza Granadina desarrollados en la Estación Experimental del Zaidín (CSIC). Dado que el objetivo de estas normas es el dar unas recomendaciones prácticas, asumimos que la Proteína Digestible en el Intestino (PDI) es equivalente a la Proteína Metabolizable (PM).

Las necesidades de **mantenimiento** propuestas por FEDNA están basados en los trabajos de Aguilera y col. (1990) y Prieto y col. (1990) con cabras de raza Granadina en donde se tienen en cuenta las pérdidas de N endógeno urinario y de N metabólico fecal y han sido traducidas a PDI. Dichos autores obtiene valores entre 2,56 y 2,99 g PDI /Kg PV^{0,75} y día, similares a los del AFRC (1998) e INRA (2007); de 2,30 y 2,5 g PDI /Kg PV^{0,75} y día, respectivamente.

Respecto a las necesidades de **gestación** tampoco hay mucha información en ganado caprino. El INRA (2007) establece dichas necesidades en g de PDI por día y las calcula multiplicando las

necesidades de mantenimiento por 1,6 y 2,2 para el 4º y 5º mes de gestación, respectivamente.

El INRA (2007) da una única ecuación que considera la **leche** estandarizada al 3,5% de materia grasa, que como ya se ha mencionado, es un porcentaje más bajo que el que presentan nuestras razas (con un 5,5% de media). Con respecto al contenido proteico de la leche, nuestras razas presentan un valor medio de 35 g/Kg de leche. Sin embargo, el INRA (2007) ofrece un valor medio de 31 g/Kg de leche. Por tanto, los aportes de PDI recomendados para producir 1 Kg de leche con un 55 g de grasa y 35 g de proteína son de 51,5 g. Según el INRA (2007), este valor sería de 45 g de PDI g.

Los cambios en proteína corporal cuando hay **cambios en el peso vivo** son más difíciles de cuantificar. Los datos de la bibliografía son escasos y en algunos casos contradictorios, no obstante, según las recomendaciones del INRA (2007) se puede considerar un déficit de 30 g de PDI durante las primeras 4 semanas tras el parto y a partir del 4º mes añadir para la ganancia de peso 4 g de PDI, y 13 g/día para cabras primíparas.

Necesidades de fibra

A pesar de que la cabra, como animal rumiante que es, necesita un aporte diario de fibra para el correcto funcionamiento del rumen, no existen unas recomendaciones claras sobre los niveles de fibra a considerar. Esto es debido al comportamiento selectivo y peculiar del ganado caprino ante la ingestión de alimento y, a que en la mayoría de las ocasiones el ganado caprino ocupa áreas desfavorecidas geográficamente, y por tanto la mayor parte de la información disponible corresponde a animales en pastoreo. Algunos trabajos realizados en nuestro país (ver revisión Lachica y Aguilera, 2005) se realizan con animales en pastoreo, en mantenimiento y con el objetivo de comparar ovino frente al caprino. Estos trabajos demuestran claramente que el ganado caprino tiene mayor capacidad de ingesta que el ovino, la cual sería resultado del ritmo de paso de partículas a través del rumen significativamente mayor (0,035 en caprino; 0,027 en ovino), así como de la tendencia manifiesta a degradar a mayor velocidad el alimento en el rumen. El tamaño del compartimento ruminal también fue significativamente superior en el caprino en comparación con el ovino (649 vs 470 g de materia seca). Además también existen diferencias dentro de la misma especie caprina. La

digestibilidad en cabras del desierto (raza Beduina) es superior al de razas europeas (raza Saanen) cuando alimentamos con alfalfa de buena calidad. Dichas diferencias son mayores a medida que empeora la calidad del forraje (aumento del contenido en celulosa y hemicelulosa). Así por ejemplo observan digestibilidad de la MS entre el 53-55% al alimentar con paja de cereal, siendo la digestibilidad de los carbohidratos estructurales de aproximadamente el 60% en cabras Beduinas con agua a libre voluntad y del 70% cuando consumían agua cada 4 días (NRC, 2007).

El NRC (2007) no hace especial incapié en el caprino lechero, dando únicamente algunas indicaciones sobre los incrementos en el contenido graso en leche (de 4,9 a 5,4%) cuando la ingestión de fibra ácido detergente (FAD) pasa de 396 a 839 g/día. Por tanto, la información actual es aún poco precisa para dar unas recomendaciones concluyentes ya que faltan estudios que relacionen la ingestión de fibra de la dieta con la masticación, síntesis y degradación microbiana, velocidad de transito, biosíntesis de grasa corporal y en leche.

Necesidades de Minerales y Vitaminas

Los **minerales** se utilizan en muy pequeña concentraciones y, aunque necesarios, no hay suficientes trabajos de investigación sobre su absorción, metabolismo, e interacciones entre ellos (antagonismos y sinergismos entre minerales) y con los diferentes nutrientes de las dietas, a partir de los cuales establecer recomendaciones precisas. Muchas de estas están basadas en extrapolaciones del ovino y el vacuno, ya que tampoco se conoce suficientemente la composición mineral y vitamínica de los tejidos corporales, la sangre y la leche del ganado caprino y esta información es vital para el cálculo de las necesidades.

Las **vitaminas** no están relacionadas químicamente entre sí, tienen funciones fisiológicas independientes en el organismo y son indispensables para el desarrollo animal. Son activas a dosis bajas y las podemos clasificar en 2 tipos: hidrosolubles y liposolubles. La información para ganado caprino también es limitada.

La Tabla 3.4 ofrece unas recomendaciones basadas en el NRC (2007) sobre las necesidades diarias de Ca, P, vitamina A y D. En la Tabla 3.5 se presentan unas recomendaciones de microminerales para ganado caprino según Meschy (2007).

Tabla 3.4.- Recomendaciones diarias de minerales (Ca y P, g/día) y vitamínicas (A y D, IU/día) para una cabra de 40 Kg de peso vivo.

	Minerales		Vitaminas	
	Ca	P	Vitamina A	Vitamina D
Mantenimiento	2	1,4	1200	243
Mantenimiento + baja actividad	3	2,1	1500	303
Mantenimiento + media actividad	4	2,8	1800	363
Mantenimiento + alta actividad	4	2,8	2100	423
Último tercio gestación	2	1,4	1100	213
Crecimiento, 50 g/día	1	0,7	300	54
Crecimiento, 150 g/día	2	1,4	800	162
Producción leche, 3,5% grasa	2	1,4	3800	760
Producción leche, 5% grasa	3	2,1	3800	760

Tabla 3.5.- Recomendaciones de microminerales para ganado caprino.

Micromineral	Nivel recomendado en la dieta (mg/Kg MS)
Cobre	8-10
Cobalto	0,1
Iodo	0,4-0,6
Manganeso	40-50
Zinc	50
Selenio	0,1
Molibdeno	0,1

Ligado a la dificultad de conocer las necesidades de minerales y vitaminas por el ganado caprino están la importante variación que encontramos en los alimentos. Este es el área más difícil a cubrir, porque en la práctica la composición mineral de la mayoría de los alimentos es variable y depende de la composición mineral del suelo que a su vez se ve afectada por el tratamiento del terreno (fertilización, laboreo, eliminación de malas hierbas, etc). Vamos a indicar algunas nociones de nutrición mineral y vitamínica ligada al racionamiento práctico:

Sal.- el consumo de sal dependerá de la estación, del estado de lactación, del contenido de sal del agua y del alimento consumido, todos los suplementos contienen sal. El sodio también es deficiente en la mayor parte de los granos. Se recomienda incorporar 0,5% de sal (cloruro sódico) al cereal grano.

Calcio y fósforo.- Cuando el forraje base es heno de alfalfa en general, no tenemos problemas de deficiencia en calcio, pero si en fósforo. El silo de maíz es deficiente en calcio y fósforo, también los henos que no proceden de leguminosas y los granos de cereal. En la España seca, debemos prestar especial atención al calcio y al sodio. Se presentan deficiencias en calcio cuando la dieta está formada principalmente por cereal grano. Se recomienda añadir 1,5 Kg de carbonato cálcico por cada 100 Kg de grano. Las deficiencias en calcio retardarán el crecimiento, con lo que principalmente habrá un desarrollo anormal del esqueleto. En las premezclas comerciales es conveniente revisar el nivel de fósforo, debido a que es el aporte más caro y no siempre contienen los niveles necesarios. Los subproductos del arroz y el salvado de trigo son ricos en fósforo, las melazas son muy variables y suelen ser bajas en fósforo pero ricas en calcio, potasio y elementos traza (a excepción de cobalto).

Magnesio.- El magnesio abunda en la mayoría de los alimentos corrientes, al menos en relación con las necesidades aparentes de los animales. Aparece ampliamente distribuido entre los tejidos vegetales y animales. Las especies de leguminosas forrajeras suelen ser sustancialmente más ricas en magnesio que las de gramíneas, al igual que en calcio. La deficiencia se suele presentar en animales de alta producción alimentados exclusivamente en base a pastos, varía de año a año y es relativamente fácil de prevenir aumentando el magnesio en las fertilizaciones o suplementando directamente una premezcla vitamínico mineral.

Azufre.- Las melazas de remolacha, harina de lino y soja son relativamente ricas en azufre. Además el azufre ayuda a controlar el crecimiento de listeria en los silos.

Yodo.- Generalmente no vamos a tener problema con la sal yodada. Si no podremos encontrarnos con problemas de bocio.

Hierro.- No se suelen producir deficiencias.

Cobre.- Los niveles de cobre son muy delicados, debido a que existe una diferencia muy pequeña entre la deficiencia y la intoxicación, con el problema añadido que las intoxicaciones pueden ser crónicas puesto que la excreción es muy lenta y tiende a acumularse especialmente en el hígado. Las materias primas especialmente ricas en cobre son el "Gluten feed" 35 ppm, la melaza de caña 59,6 ppm, la harina de girasol alta en proteína 35 ppm, el suero dulce de leche 43,1 ppm, etc. Aunque habría que tener en cuenta que todos estos datos están tomados en ovino que es especialmente susceptible tanto a la deficiencia como al exceso de cobre por la síntesis de la lana, datos en caprino hay muy pocos y parece ser una especie mucho más resistente a estos cambios.

Cobalto y zinc.- No se suelen producir deficiencias pues estos minerales aparecerán en el bloque vitamínico mineral. Deficiencias en cobalto causan pérdida de apetito y baja fertilidad. La mayor parte de las hojas de las plantas suelen ser buenas fuentes de cobalto.

Selenio.- Los granos contienen la mitad del selenio que los forrajes crecidos en el mismo suelo. Su función antioxidante lo hace estar muy relacionado con la vitamina E y pueden cubrir esta función alternativamente por lo tanto los niveles de selenio deben de ir en relación con los de la vitamina E.

Envenenamiento por nitratos y toxicidad por la urea.- los forrajes y también el maíz pueden acumular nitratos por una sobre fertilización acompañada por un periodo de sequía. Cuando se dan niveles altos de ingestión puede provocar la muerte. Con la urea no suele haber problemas si se mezcla bien y a niveles adecuados. El problema se presenta cuando se trata de suplementar un alimento pobre con urea y se pretende que la urea aporte un 40-50% del equivalente en proteína.

Especialmente en la España seca debemos prestar especial atención a las *vitaminas A, D₃ y E* (liposolubles). La vitamina A se obtiene principalmente del pasto verde, heno de color verde intenso y maíz amarillo. Se pueden presentar deficiencias por escasez de pasto, como sucede en la mayor parte de nuestro país. La vitamina D₃ es probablemente la única que la naturaleza no aporte de forma suficiente y puede llegar a ser deficitario en lugares con pocas horas de luz o cuando los animales están totalmente estabulados. Las vitaminas hidrosolubles son sintetizadas por los microorganismos del rumen y de manera normal

ningún rumiante adulto sano tiene necesidad de aportes extras, en el único momento que es necesaria un suplemento extra de vitaminas hidrosolubles es para los cabritos en las primeras edades.

Necesidades de Agua

Los requerimientos de **agua** van a depender de las necesidades de la misma para mantener un balance hídrico y satisfacer los niveles de producción. El contenido corporal de agua varía con la edad, el porcentaje de grasa corporal y la temperatura ambiental. Se puede considerar que excede el 60% del peso vivo y el 75% de los tejidos que no forman parte del tejido óseo, si bien, existen razas adaptadas a condiciones áridas que pueden almacenar hasta un 76% de su peso vivo. Hay consistentes evidencias experimentales de que las cabras consumen una menor cantidad de agua que las ovejas bajo unas condiciones fisiológicas similares (AFRC, 1998).

No sólo el agua de bebida es el único recurso para los animales, sino también el agua contenida en el alimento y el agua resultante de la oxidación de los recursos energéticos (agua metabólica). Sólo hay que tener en cuenta que la alfalfa contiene como valor medio un 23% de MS (77% de agua), mientras que un concentrado como puede ser la cebada presenta un 88% de MS, lo cual significa que si un animal consume 5 Kg de alfalfa fresca está ingiriendo 1,15 Kg de MS y el resto hasta 5 Kg, de agua (3,85 Kg). Las pérdidas de agua presentan diversas vías como son la orina, leche, evaporación y transpiración.

Las cabras se encuentran entre los animales domésticos que presentan una mayor eficiencia en el uso del agua, incluso aproximándose al camello en la baja tasa de renovación de agua por unidad de peso corporal (NRC, 2007). Presentan un menor estrés ante las altas temperaturas que otros animales domésticos y una menor evaporación de agua para controlar su temperatura corporal, además, tienen la capacidad de reducir su pérdida en tanto en orina como en heces. El resultado es que cabras son menos dependientes del agua que otras especies domésticas. La ingestión de agua tiene, por razones obvias, una gran importancia en la lactación. Así la ingestión de agua debe exceder la producción de leche. Según Morand-Fehr y Sauvant (1988), la ingesta de agua debe de ser de 145,6 g/Kg $PV^{0,75}$ para el mantenimiento y de 1430 g/Kg de leche para la producción.

Recomendaciones para el racionamiento

Gestación: hasta el último tercio de gestación la demanda de energía y proteína por parte del feto es poco importante, pero a partir de este momento se desarrollan más de dos tercios de los tejidos fetales. El crecimiento del feto tiene una demanda importante de glucosa y aminoácidos y se verá influenciado de una forma negativa por una deficiencia en proteína total bien sea en forma de proteína microbiana o que proceda directamente del alimento. En la dieta no debemos olvidar nutrientes que aporten energía en forma de glucosa y proteína protegida o "bypass". INRA (2007) recomiendan introducir en el concentrado de parto una fuente nitrogenada rica en proteína no degradable para amortiguar el posible descenso en la síntesis de proteína microbiana, como consecuencia de la disminución de la cantidad de energía ingerida. Otra de las funciones que tiene la proteína no-degradable es que muchos aminoácidos son glucogénicos y hay que recordar que en estos momentos la glucosa es quizá el nutriente más importante para las hembras. Un ejemplo de una ración para el periodo de secado es la que aparece en la Tabla 3.6.

Lactación: Durante esta fase las necesidades energéticas se incrementan de forma importante, la proporción de proteína también debe ser mayor y no hay que olvidar la fuente de fibra de la dieta (precursor de la síntesis de grasa en leche). Se necesitan aminoácidos para la síntesis de la proteína de la leche, la glucosa también va a ser necesaria para la síntesis de lactosa de la leche y también para la síntesis de glicerol (que se necesitará para la formación de triglicéridos) y parte de la glucosa se va a oxidar para suministrar cofactores (NADPH). Debemos prestar atención durante esta fase a compuestos glucogénicos en la dieta pues son los responsables de suministrar glucosa para la síntesis de lactosa de la leche, glicerol y poder reductor.

Otros componentes de la dieta a tener en cuenta serán: fibra efectiva, aminoácidos y proteína o aminoácidos protegidos, grasa protegida. La grasa de la leche procede principalmente del acetato y de los ácidos grasos de cadena larga. La oxidación de la glucosa proporciona los cofactores necesarios (NADPH) para convertir el acetato en ácidos grasos de cadena larga. Cuando una parte de la grasa de la leche procede de ácidos grasos de cadena larga de la dieta, menos energía glucogénica va a necesitar la glándula mamaria, es decir, para la síntesis de grasa de

la leche hace falta cofactores (NADPH) para que el acetato se transforme en grasa, y esos cofactores proceden de la oxidación de la glucosa. Durante esta fase de la lactación lo ideal es disponer de un forraje de calidad y así el suplemento será menor. Recomendaciones para la fase de lactación se dan en la Tabla 3.7 para lo que sería una ración completa, y en la Tabla 3.8 relativo a un pienso complementario al forraje. La cabra tipo para la cual se exponen las siguientes recomendaciones corresponde a una cabra de 45 Kg de peso vivo, que produce de media 4 kg de leche por día con un 5,5% de grasa y 3,5% de proteína.

Tabla 3.6.- Recomendaciones de una ración tipo para cabras durante el periodo de secado. Ingesta de 1 Kg de materia seca 1,14 Kg de materia fresca y 50 Kg de peso vivo.

Composición nutritiva en materia seca:	
Nutrientes	Inclusión, %
Materia seca	88,00
UFL	0,86
Proteína bruta	15,25
Fibra bruta	22,59
Fibra neutro detergente	42,85
Grasa bruta	2,53
Almidón	27,53
Cenizas	11,41
Calcio	0,95
Fósforo total	0,48
Sodio	0,50

Tabla 3.7.- Recomendaciones de una ración completa tipo para cabras lecheras. Ingesta 2,42 kg MS, 2,75 Kg MF.

Composición nutritiva en materia seca:	
Nutrientes	Inclusión (%)
Materia seca	89,00
UFL	0,89
Proteína bruta	14,04
PDIN	8,63
PDIE	8,48
PDIA	4,22
Fibra bruta	14,79
Fibra neutro detergente	33,90
Grasa bruta	1,86
Almidón	25,81
Cenizas	8,89
Calcio	2,03
Fósforo total	1,46
Sodio	0,25

Tabla 3.8.- Recomendaciones de un pienso concentrado complementario tipo para cabras en lecheras en producción.

Composición nutritiva en materia seca	
Nutrientes	Inclusión (%)
Materia seca	88,13
UFL	1,01
Proteína bruta	16,02
Proteína degradable	12,65
Proteína no-degradable	6,65
Fibra bruta	7,10
Fibra neutro detergente	24,28
Fibra ácido detergente	14,61
Grasa bruta	2,19
Almidón	44,54
Cenizas	6,99
Calcio	2,73
Fósforo total	2,01
Sodio	0,40

ANEXO 1.- CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DIARIAS DEL GANADO VACUNO LECHERO

Cálculo de la ingestión de materia seca

La ingestión de MS (IMS, kg MS/d) se calcula a partir de la ecuación propuesta por el NRC (2001):

$$IMS = [(0,372 \times LC4\%) + (0,0968 \times PV^{0,75})] \times [1 - e^{(-0,192 \times (SEL + 3,67))}]$$

Donde:

LC4% = leche corregida al 4% de grasa, y

SEL = semana de lactación.

La corrección de la producción al 4% puede realizarse a partir de la ecuación de Gaines:

$$LC4\% = \text{Leche} \times (0,15 \% \text{Grasa} + 0,4)$$

Cuando la temperatura supera los 20°C, la ingestión de MS disminuye según la siguiente ecuación:

$$\text{Ingestión MS} = \text{Ingestión MS} \times (1 - ((^{\circ}\text{C} - 20) \times 0,005922))$$

Cuando la temperatura disminuye por debajo de 5°C, entonces:

$$\text{Ingestión MS} = (\text{Ingestión MS}) / (1 - ((5 - ^{\circ}\text{C}) \times 0,004644))$$

Cálculo de la necesidades diarias de energía

Necesidades de mantenimiento:

Las necesidades de energía neta de mantenimiento se calculan en función del peso vivo del animal (NRC, 2001):

$$ENL \text{ (Mcal/d)} = 0,080PV^{0,75}$$

Donde al peso vivo total (kg) se le descuenta el peso estimado del feto y anejos fetales.

Necesidades de producción de leche:

Las necesidades de producción se calculan en función del contenido en grasa y proteína según la ecuación siguiente:

$$\text{ENL (Mcal/kg de leche)} = [0,0929 \times \text{Grasa (\%)} + 0,0547 \times \text{Proteína bruta (\%)}] + 0,192$$

Si sólo se conoce el contenido en grasa, se utiliza la ecuación siguiente:

$$\text{ENL (Mcal/kg de leche)} = 0,360 + [0,0969 \times \text{Grasa (\%)}]$$

Si la producción de leche se expresa en leche corregida al 4% (LC4%), entonces podemos utilizar la ecuación:

$$\text{ENL (Mcal/d)} = 0,75 \text{ LC4\%}$$

Necesidades energéticas de gestación:

Las necesidades energéticas para la gestación se consideran nulas hasta los 190 días de gravidez. De los 190 días en adelante el NRC (2001) adopta la siguiente ecuación:

$$\text{ENL (Mcal/d)} = [(0,00318D - 0,0352) \times (\text{PVN}/45)]/0,218$$

donde D representa los días de gestación y PVN es el peso vivo del ternero al nacimiento en kg.

Valor energético del depósito/movilización de grasa

El valor energético del depósito o movilización de grasa se obtiene de la Tabla 1.1. Debe calcular una pérdida máxima de 1,2 Kg PV/d en el postparto (días 0 a 60), y una recuperación de 0,35 Kg PV/d entre los días 100 y 300 de lactación.

Cálculo de las necesidades proteicas diarias

Necesidades proteicas de mantenimiento

El NRC (2001) determina las necesidades de proteína metabolizable de mantenimiento (PM_m) en función de la proteína endógena urinaria, la proteína de la piel y los pelos, la proteína metabólica fecal, y la proteína procedente del resto de secreciones endógenas. Se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$PM_m \text{ (g/d)} = 4,1PV^{0,50} + 0,3PV^{0,60} + \{(30IMS) - 0,5[(PM_{bacteriana}/0,8) - PM_{bacteriana}]\} + (0,118 \text{ IMS})/0,67$$

donde PV (peso vivo) e IMS (ingestión de materia seca) se expresan en kg, y $PM_{bacteriana}$ es la proteína metabolizable bacteriana (en g):

$$PM_{bacteriana} = 0,64 \times 0,13 \text{ TDNa} \times \text{IMS}$$

donde TDNa son los TDN ajustados por la ingestión. En el ejemplo se considera que la ración tipo tiene un valor de TDNa de 70 %.

El INRA (2007) determina las necesidades de proteína metabolizable en unidades PDI (g/d):

$$PDI \text{ (g/d)} = 3,25 PV^{0,75}$$

Necesidades proteicas de gestación

En el NRC (2001), las necesidades de PM de gestación (PM_g) se calculan para vacas entre 190 y 279 d de gestación a partir del día de gestación (D) y de una eficacia de utilización de la PM para gestación de un 33%:

$$PM_g = (0,69 \times D - 69,2) \times (PVN_{\text{ternero}}/45)/0,33$$

donde el PVN_{ternero} corresponde al peso del ternero en el momento de nacer.

El INRA determina las necesidades de gestación (PDI_g):

$$PDI_g = 0,07 PVN_{\text{ternero}} \times e^{0,111 \times \text{SemG}}$$

donde SemG es la semana de gestación.

Necesidades proteicas de lactación

En el NRC (2001), la PM de lactación se calcula a partir de la proteína (neta) presente en la leche, asumiendo una eficiencia de conversión de PM a proteína neta del 67%:

$$PM_{\text{lactación}} \text{ (g/d)} = 1,49 \times Y_{\text{prot}}$$

en donde Y_{prot} representa la producción de proteína láctea en g/d.

El INRA determina las necesidades de PDI para la producción de leche en función de la producción proteica diaria en leche:

$$PDI_{\text{lactación}} \text{ (g/d)} = 1,56 \times Y_{\text{prot}}$$

Necesidades proteicas en el rumen

El aporte de proteína degradable se calcula como:

$$PDR = 1,18 \times PB_{\text{bacteriana}}$$

donde $PB_{\text{bacteriana}}$ es la proteína bacteriana:

$$PB_{\text{bacteriana}} = 130 \text{ TDNa} \times \text{IMS}$$

donde TDNa son los TDN ajustados al nivel de ingestión (IMS, kg MS/d). Como dicho valor sólo se conoce una vez determinada la ración, se le asigna un valor medio de 70% como ejemplo en los cálculos.

Las necesidades de PNDR se determinan por diferencia entre las necesidades totales de PM y el aporte de PM bacteriana ($PM_{\text{bacteriana}} = 0,64 \times PB_{\text{bacteriana}}$), considerando una digestibilidad intestinal media de la PNDR del 80%.

El INRA (2007) buscará el equilibrio de PDIME y PDIMN para obtener el máximo aporte de PDIM, donde PDIME es el aporte de proteína microbiana limitado por energía, el PDIMN es lo mismo limitado por N, y el PDIM es el aporte final de proteína metabolizable de origen microbiano.

ANEXO 2.- CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DIARIAS DE OVEJAS LECHERAS

Cálculo de la capacidad de ingestión

Para estimar la capacidad de ingestión en kg MS/d se propone la utilización de las ecuaciones obtenidas por Pulina y col. (1996) para ovejas rústicas de razas lecheras en estabulación permanente que reciben raciones completas mezcladas.

Ovejas en lactación:

$$IMS = (-0,545 + 0,095 \times PV^{0,75} + 0,65 \times PLS + 0,0025 \times PVc) \times K$$

Ovejas secas:

$$IMS = (-0,545 + 0,095 \times PV^{0,75} + 0,005 \times PVc) \times K$$

Donde:

IMS = Consumo de MS, kg/d

PV = Peso vivo, kg

PVc = Cambio de PV, g/d

PLS = Producción leche estandarizada a 6,5% de grasa (kg/d)

K: factor de corrección

	Semanas antes y después del parto			
Peso camada	1 y 2	3 y 4	5 y 6	> 6
> 4 kg	0,80	0,90	0,95	1
< 4 kg	0,88	0,93	0,97	1

Los valores obtenidos con estas ecuaciones son, como media, un 120% superiores a los obtenidos en trabajos experimentales que han medido el consumo de ovejas en gestación y lactación en nuestras condiciones mediterráneas.

Cálculo de las necesidades diarias de energía

Necesidades para el mantenimiento:

$$\text{ENm (Kcal/d)} = (64,7 \text{ Kcal /Kg PV}^{0,75} \text{ y día})$$

(Aguilera y col., 1986)

PV: peso vivo en Kg

La eficacia de utilización de la EM para el mantenimiento es de 0,72 (Aguilera y col., 1986). La eficacia de utilización de la EM para lactación la hemos asumido constante y de 0,64 (NRC, 1989; Cannas y col., 2004):

$$\text{ENL} = (64,7 \text{ Kcal /Kg PV}^{0,75} \text{ y día}) \times (0,64/0,72)$$

$$\text{ENL (Kcal/d)} = \mathbf{57,5 \text{ Kcal/Kg PV}^{0,75} \text{ y día}}$$

La ENL resultante se multiplica por 1,10 para considerar los gastos asociados al incremento de tamaño de los órganos en animales en producción (NRC, 2007).

Necesidades para la lactación:

La energía contenida en la leche puede ser estimada a partir de su concentración en grasa y proteína y su correspondiente valor energético.

Ovejas de raza manchega (Molina y col., 1991):

$$\text{ENL} = 111,1 \times G + 409,7$$

Para una leche de referencia al 6,5% de grasa:

$$\text{ENL} = \mathbf{1132 \text{ kcal/l leche.}}$$

Por tanto, para estandarizar energéticamente la producción de leche a un 6,5% de grasa:

$$\text{PLS (6,5\% G)} = 0,098 \times G + 0,36$$

Donde:

ENL: Energía bruta o energía retenida por litro de leche, Kcal/kg

G: grasa, %

PL: producción diaria de leche, kg/d

PLS: producción estandarizada de leche, kg/d

Necesidades para la gestación:

El AFRC (1993), CNPCS-S (Cannas y col., 2004) y NRC (2007) adoptan la ecuación exponencial del ARC (1980) para calcular el contenido energético del útero gravídico en función del día (t) de gestación. La EN de gestación (ENgest) desde el día 63 después de la cubrición puede ser calculada a partir de la siguiente expresión:

$$\text{ENgest} = 9.2438 \times \text{Pc} \times e^{(-11,465 \times e^{(-0,00643 \times t)} - 0,00643 \times t)}$$

(ARC, 1980; AFRC, 1995, CNPCS-S (Cannas y col., 2004) y NRC, 2007)

Donde:

ENgest = Energía Neta retenida en útero gravídico, Kcal/d

Pc = Peso camada = nº de corderos x peso cordero recién nacido, kg

t = días transcurridos desde la cubrición.

Para transformar la ENgest en ENL se adopta una eficacia de utilización de la EM para gestación de 0,13 (INRA, 1978; Cannas y col., 2004; NRC, 2007) y una eficacia de utilización de la EM para lactación de 0,64:

$$\text{ENL (Kcal/d)} = \text{ENgest} \times (0,64/0,13) = \text{ENgest} \times 4,9$$

Necesidades para el cambio de peso corporal:

Ecuaciones para estimar la concentración en grasa y proteína de la ganancia de peso en ovejas (Cannas y col., 2004):

$$\text{AG} = 0,0269 + 0,0869 \times \text{CC}$$

$$\text{TG} = \text{AG} \times \text{PVV}$$

$$\text{AP} = -0,0039 \times \text{CC}^2 + 0,0279 \times \text{CC} + 0,1449$$

$$\text{TP} = \text{AP} \times \text{PVV}$$

$$\text{ET} = 9,4 \times \text{TG} + 5,7 \times \text{TP}$$

donde

AG = % grasa en el PVV

TG = total de grasa corporal, kg

AP = % proteína en el PVV

TP = total de proteína corporal, kg

PVV = Peso vivo vacío = 0,817 x PV, kg

PV = Peso vivo, kg

ET = Energía total, Mcal/kg de PVV

La concentración energética por Kg de PV para diferentes puntuaciones de CC se muestra en la Tabla 2.4. Para los cálculos hemos asumido que un punto de CC en ganado ovino equivale a un 13% del PV.

La energía movilizada de las reservas se utiliza con una eficacia de 0,84 para la producción de leche en ovino. La relación entre EN de reservas y EM es de 0,60 tanto en ovejas lactantes como en secas (INRA, 1989; CSIRO, 1990 y AFRC, 1995). La eficacia de conversión de la EM en ENL es de 0,64. Por tanto:

$$\text{ENL por movilización de reservas (Mcal/kg)} = \text{ET (Mcal/kg)} \times 0,84$$

$$\text{ENL para almacenamiento de reservas (Mcal/kg)} = \text{ET (Mcal/kg)} \times (0,64/0,60)$$

Necesidades totales:

Ovejas secas:

$$\text{ENL (Kcal/d)} = \text{ENL mantenimiento} \pm \text{ENL reservas}$$

Ovejas gestantes a partir del día 100 de gestación

$$\text{ENL (Kcal/d)} = \text{ENL mantenimiento} + \text{ENL gestación}$$

Ovejas en lactación (ordeño):

$$\text{ENL (Kcal/d)} = \text{ENL mantenimiento} + \text{ENL producción leche} \pm \text{EM reservas}$$

Las necesidades expresadas en ENL pueden transformarse a UFL dividiendo por 1700 (1 UFL = 1700 kcal ENL).

Cálculo de las necesidades proteicas diarias

Necesidades para mantenimiento

$$\text{PDI mantenimiento} = 2,5 \text{ g/kg PV}^{0,75} \text{ y día}$$

(INRA, 1989; 2007)

Donde:

PV: peso vivo en kg

Las necesidades de mantenimiento propuestas por el INRA (1989) incluyen los gastos nitrogenados mínimos (pérdidas de N endógeno urinario y de N metabólico fecal) y la producción de lana (de escasa importancia en razas lecheras, alrededor de 2 kg de lana/año por peso de vellón sucio).

Necesidades para la gestación

$$\text{PDI}_{\text{gest}} = [1428,06 \times \text{Pc} \times e^{(-11,22 \times e^{(-0,00601t)} - 0,00601t)}] / 0,7$$

(ARC, 1980)

Donde:

PDI_{gest} = Proteína metabolizable para gestación, g/d

Pc = Peso camada = nº de corderos x peso cordero recién nacido, kg

t = días transcurridos desde la cubrición.

Necesidades proteicas para la lactación

Las necesidades de PDI para producción de leche se calculan a partir de la concentración en proteína de la leche (N x 6,38) adoptando la misma eficacia de conversión de proteína metabolizable a neta (0,58), propuesta por el INRA (1989).

$$\text{PDI}_{\text{lactación}} = (\text{PL} \times 10 \times \text{P}) / 0,58$$

(INRA, 1989, CNPCS (Cannas y col., 2004) y NRC, 2007)

Donde:

PDI lactación: Proteína retenida por litro de leche, %

P: proteína (N x 6,38), %

PL: producción diaria de leche, kg/d

Necesidades para el cambio de peso corporal:

No se consideran gastos adicionales para el almacenamiento de reservas corporales. El contenido medio en proteína por kg de PV movilizado en ovejas se estima, a partir de la tabla 2.4, en un 15,3% en inicio de lactación. La proteína neta movilizada de reservas es utilizada con una eficacia de 0,8 para síntesis de leche (CSIRO, 1990).

Necesidades totales:

Ovejas secas:

PDI (g/d) = PDI mantenimiento

Ovejas gestantes a partir del día 100 de gestación

PDI (g/d) = PDI mantenimiento + PDI gestación

Ovejas en lactación (ordeño):

PDI (g/d) = PDI mantenimiento + PDI producción leche.

ANEXO 3.- CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DIARIAS DE CABRAS LECHERAS

Cálculo de la capacidad de ingestión

A pesar de la escasa información disponible vamos a dar unas ecuaciones de predicción de la ingestión voluntaria en cabras lecheras durante la lactación obtenidas por diferentes autores, y de fácil aplicación en condiciones prácticas.

$$IMS = 165 + (368,6 \times PL) + (34,8 \times PV^{0,75}) \quad (1a)$$

(Sauvant y col., 1991)

$$IMS = 533 + (305,2 \times PL) + (13,3 \times PV) \quad (1b)$$

(Sauvant y col. 1991)

$$IMS = (0,062 \times PV^{0,75}) + (0,305 \times PLE_{3,5}) \quad (2)$$

(AFRC, 1998)

$$IMS = (0,022 \times PLE_5 + 0,107 \times PV^{0,75}) \times (1 - e^{[-0,444 \times (t + 7,221)]}) \quad (3)$$

(Fernández y col., 2003)

$$IMS = (0,111 \times PV^{0,75}) \times (1 - e^{[-0,8 \times t]}) \quad (4)$$

(Fernández y col., 2008b)

Donde IMS es la ingesta de materia seca (Kg/día), PL es la producción de leche (Kg/día), PV es el peso vivo de la cabra expresado en Kg o peso metabólico $PV^{0,75}$, t es la semana de lactación, y PLE_i es la producción de leche (Kg/día) estandarizada al 3,5% o 5% de grasa (El sistema francés e incluso el AFRC tienen estandarizada la leche de cabra al 3,5% de grasa y 3,1% de proteína, mientras que en España para la raza Murciano Granadina estaríamos en el 5,5% para grasa y 3,5% la proteína, según los registros oficiales de control lechero de ACRIMUR).

Las ecuaciones (1a) y (1b) se obtuvieron a partir de dietas utilizadas en Francia basadas en silo de maíz y heno de alfalfa junto con algún concentrado como suplemento. La ecuación (1a) la podemos aplicar durante las primeras 8 semanas de lactación y la ecuación (1b) entre las semanas 8 y 19, es decir, para el inicio y la mitad de la lactación, respectivamente. Morand-Fehr y Sauvant (1988) recomiendan utilizar

dichas ecuaciones con precaución cuando las condiciones y alimentación sean diferentes a las francesas. La ecuación (2) propuesta por el sistema británico y basada en la publicada por el INRA (1988), está calculada con dietas basadas en heno y silo de hierba, que difiere de las condiciones francesas y es aplicable a partir del segundo mes de lactación. Las ecuaciones (1) y (2) no tienen en cuenta el tiempo. La ecuación (3) está basada en las recomendaciones del NRC (2001) para vacuno lechero, adaptada a cabras Murciano-Granadinas alimentadas con una única ración completa. Si no se dispone de la PLE, Fernández y col. (2008b) desarrollaron una ecuación (4) en función del peso metabólico y el tiempo. La ecuación (3) y (4) abarca la lactación completa.

Cálculo de las necesidades de energía

Las recomendaciones están basadas mayoritariamente en trabajos con cabras de raza Granadina desarrollados en la Estación Experimental del Zaidín (CSIC). Dichas recomendaciones se han completado con el AFRC (1998), INRA (2007) y NRC (2007).

Aunque las ecuaciones originales se encuentran en EM, al final se darán las recomendaciones en UFL debido a que su utilización es la más extendida entre los nutricionistas, técnicos, veterinarios y fabricantes de piensos en nuestro país. La única precaución es recordar que la EM la debemos multiplicar por la KI (eficacia de lactación) ya que el INRA francés expresa la energía como EN_L , concretamente UFL.

Necesidades para el mantenimiento:

Hembras en lactación

$$EMm \text{ (KJ/d)} = 401 \text{ KJ /Kg PV}^{0,75} \text{ y día}$$

(Aguilera y col., 1990)

PV: peso vivo en Kg

La eficacia de utilización de la EM para el mantenimiento es del 67 % (Aguilera y col., 1990)

Hembras en crecimiento

$$EMm \text{ (KJ/d)} = 421 \text{ KJ /Kg PV}^{0,75} \text{ y día}$$

(Aguilera y col., 1991)

La eficacia de utilización de la EM para el mantenimiento es del 76 % (Aguilera y col., 1991)

Machos adultos castrados

$$\text{EMm (KJ/d)} = 443 \text{ KJ /Kg PV}^{0,75} \text{ y día}$$

(Prieto y col., 1990)

La eficacia de utilización de la EM para el mantenimiento es del 73 % (Prieto y col., 1990)

Necesidades para la lactación:

El contenido energético medio de la leche de cabra de raza Granadina con el 5,88 % de grasa es de 3,59 MJ/Kg. La eficacia de utilización de la EM para producción de leche (KI) es del 66,7% (Aguilera y col., 1990). Por tanto, la EM necesaria por Kg de leche producida con un 5,88% de grasa será de 5,38 [3,59/0,667] MJ.

El contenido energético de la leche puede estimarse en función de su riqueza en nutrientes y su correspondiente valor energético, según la ecuación:

$$\text{ENL (KJ/Kg)} = 38,00 \times G + 24,44 \times \text{PB} + 16,45 \times L$$

Donde ENL es la energía neta o retenida en forma de leche expresada en KJ por Kg; G, PB y L indican la concentración en grasa, proteína bruta (N total x 6,38) y lactosa, respectivamente, expresada en g/Kg.

Necesidades para la gestación:

La Tabla A.3.1 muestra las recomendaciones para la gestación del INRA como de los sistemas anglosajones. Durante los 3 primeros meses de gestación los aportes son idénticos a los de mantenimiento, aumentando progresivamente a partir del cuarto mes. Si utilizamos el INRA las recomendaciones ya vienen en UFL. Si utilizamos AFRC o NRC, la eficacia de utilización de la EM para gestación la fijan en un valor constante de 0,13, y multiplicando dicha constante por la EM obtendríamos la EN gestación. Si queremos transformar la EM para la gestación en UFL deberemos multiplicar dicha EM por KI para obtener el valor en EN_L y poderlo convertir en UFL.

Tabla A.3.1. Necesidades energéticas para la gestación.

	INRA (2007) UFL/día ¹	AFRC (1998); NRC (2007) MJ EM/ día ²
<u>4º mes gestación</u>		
40 Kg PV	0,68	
50 Kg PV	0,88	1,35
<u>5º mes gestación</u>		
40 Kg PV	0,79	
50 Kg PV	0,90	2,59

¹ incluye mantenimiento

² por encima de mantenimiento

Necesidades para el cambio de peso corporal

El AFRC (1998) considera que las necesidades en EM de las cabras en lactación se reducen en 4,6 MJ/d durante las 4 primeras semanas. INRA (2007) considera dos valores: 41,8 MJ EM/Kg PV perdido y 44,0 MJ EM/Kg PV ganado.

Si se prefiere tener el ritmo de movilización de las reservas corporales hacia la producción de leche durante la lactación, Fernández y col. (2008b) desarrollaron una ecuación para predecir la EM que se moviliza de las reservas corporales en cabras Murciano-Granadinas alimentadas con una ración completa comercial.

$$\text{EM reservas (MJ/d)} = 7,87 - (1,02 \times t) + (0,027 \times t^2)$$

Donde t es la semana de lactación.

Los diferentes sistemas que hemos revisado consideran que las reservas corporales movilizadas pueden utilizarse con una eficacia del 0,84 para síntesis de leche. Para convertir la EM a EN necesitaré además tener en cuenta también la KI considerada anteriormente 0,667. Por tanto, podemos asumir una eficacia global de 0,79 para la movilización de reservas ($K_{\text{mov}} = 0,667/0,84 = 0,79$).

Necesidades para la actividad física:

Locomoción.

El coste energético por desplazamiento sobre un plano horizontal en caprino de raza Granadina es de 3,35 J/Kg PV/m (Lachica y col., 1997a).

Ingestión.

La Tabla A.3.2 muestra los datos publicados de gasto energético asociado con la ingestión de alimento en caprino raza Granadina (Lachica y col., 1997b; Lachica y Aguilera, 2005).

Tabla A.3.2. Velocidad y coste energético de la ingestión en caprino con alimentos de distinta naturaleza y forma física (Lachica y col., 1997b; Lachica y Aguilera, 2005).

Especie caprina	Velocidad de ingestión (g MS/min)	Coste energético		
		J/Kg PV/g MS	J/Kg PV/min	% IEM ¹
Alimento y forma física				
Caprino (PV medio: 35 Kg)				
Forraje fresco	7	7,03	44,3	3,2
Forraje seco largo	8	12,04	97,1	4,7
Forraje seco troceado	8-15	6,50 (4,77-8,23)	66,7 (63,8-69,5)	3,1
Granulados y granos	46-99	1,80 (1,44-2,28)	118,3 (75,7-143,6)	0,7

¹ IEM = ingesta de energía metabolizable

Termorregulación.

Lachica y col. (2007) han estudiado el incremento en el coste energético animal debido a los cambios estacionales de la temperatura ambiental, siendo dicho incremento de 1,98 x EMm.

Necesidades totales:

$$\text{EM (KJ/d)} = \text{EM mantenimiento} + \text{EM lactación} + \text{EM gestación} \pm \text{EM reservas} + \text{EM actividad física}$$

Ejemplo de cálculo: cabras en lactación

Tabla A.3.2. Necesidades de Energía, cabras lactación.

Peso vivo, Kg	45,00		
EM m, MJ/d	6,97		
UFL, mantenimiento	0,66		
estado lactación, semana	inicio (4)	mitad (14)	final (24)
producción leche, Kg/d	4,0	2,5	1,5
EM l, MJ/d	21,52	13,45	8,07
UFL, producción leche	2,02	1,26	0,76
EM movilización, MJ/d	-5,05	1,12	1,06
UFL, movilización	-0,56	0,12	0,12
UFL total/d	2,1	2,0	1,5
Consumo, Kg MS/d (ec.4)	1,754	1,929	1,929
	UFL Ración		
UFL-Ración, UFL/Kg MS	1,20	1,06	0,79

Cálculo de las necesidades proteicas diarias

Las recomendaciones están basadas mayoritariamente en las publicaciones del AFRC (1998), INRA (2007) y NRC (2007), además de los trabajos de balance nitrogenado con cabras de raza Granadina desarrollados en la Estación Experimental del Zaidín (CSIC). Dado que el objetivo de estas normas es el dar unas recomendaciones prácticas, asumimos que la Proteína Digestible en el Intestino (PDI) es equivalente a la Proteína Metabolizable (PM).

Necesidades proteicas para el mantenimiento

Las necesidades de mantenimiento propuestas por FEDNA están basados en los trabajos de Aguilera y col. (1990) y Prieto y col. (1990) con cabras de raza Granadina en donde se tienen en cuenta las pérdidas de N endógeno urinario y de N metabólico fecal y han sido traducidas a PDI.

PDI mantenimiento = 2,99 g/Kg $PV^{0,75}$ y día
(cabra en lactación; Aguilera y col., 1990)

PDI mantenimiento = 2,56 g/Kg $PV^{0,75}$ y día
(macho castrado; Prieto y col., 1990)

Donde:

PV: peso vivo en Kg

Necesidades proteicas para la gestación

El INRA (2007) establece dichas necesidades en g de PDI por día y las calcula multiplicando las necesidades de mantenimiento por 1,6 y 2,2 para el 4º y 5º mes de gestación, respectivamente.

Necesidades proteicas para la lactación

Con respecto al contenido proteico de la leche el valor medio es de 35 g/Kg de leche.

PDI lactación (g/d) = [35 x Kg leche] / 0,68
(Aguilera y col., 1990)

Siendo 0,68 la eficacia de utilización de los aminoácidos absorbidos para la síntesis de proteína láctea.

Necesidades proteicas para el cambio de peso corporal

Según las recomendaciones del INRA (2007) se puede considerar un déficit de 30 g de PDI durante las primeras 4 semanas tras el parto y a partir del 4º mes añadir para la ganancia de peso 4 g de PDI, y 13 g/día para cabras primíparas.

Necesidades totales:

$$\text{PDI (g/d)} = \text{PDI mantenimiento} + \text{PDI gestación} + \text{PDI leche} + \text{PDI reservas}$$

Ejemplo de cálculo: cabras en lactación.

Tabla A.3.4.- Necesidades de Proteína, cabras lactación.

Peso vivo, Kg	45,0		
mantenimiento, gPDI/d	51,9		
producción leche, Kg/d	4,0	2,5	1,5
producción leche, gPDI/d	205,9	128,7	77,2
PDI total, g/d	257,8	180,6	129,2
Consumo, Kg MS/d (ec.4)	1,754	1,929	1,929
	PDI Ración		
PDI-Ración, g PDI/Kg MS	147,03	93,66	66,97

Referencias

- ARC, 1980. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Tech. Rev. Agric. Res. Council Working Party. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, UK.
- AFRC. 1995. Energy and protein requirements of ruminants. CAB International, Wallingford, Oxon, U.K.
- AFRC. 1998. Nutrients Requirements of Goats. Agricultural and Food Research Council. CAB International, Wallington, UK, pp.151.
- Aguilera, J.F., E. Molina, C. Prieto y Boza, J. 1986. Estimación de las necesidades energéticas de mantenimiento en ganado ovino de raza Segureña. Arch. Zootec., 35: 89-96.
- Aguilera, J.F., Prieto, C. and Fonollá, J. 1990. Protein and energy metabolism of lactating Granadina goats. Brit. J. Nutr., 63: 165-175.
- Aguilera, J.F. 2001. Aplicaciones al conocimiento de la nutrición energética de pequeños rumiantes, con particular referencia al ganado caprino. Arch. Zootec. 50: 565-596.
- Allen, M.S. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. J. Dairy Sci. 83: 1598-1624.
- Avondo, M., Cannas, A. 2001. NDF intake in lactating ewes fed at pasture. En: Proc. 14th Nat. Congr. ASPA, Florencia, Italia. Pp: 502-504.
- Beede, D. K. 1992. The DCAD concept: transition diets for the dry pregnant cow. Feedstuffs 64:12.
- Bertics, S.J., R.R. Grummer, C. Cadorniga-Valino, y E.E. Stoddard. 1992. Effect of prepartum dry matter intake on liver triglyceride concentration and early lactation. J. Dairy Sci. 75: 1914-1922.
- Bocquier, F., F. Barillet, and P. Guillouet. 1991. Prediction of gross energy content of ewe's milk from different chemical analysis: proposal of an energy corrected milk for dairy ewes. Page 345 in Energy Metabolism of Farm Animals. EAAP Publ. No. 58. Eur. Assoc. Anim. Prod., Inst. Nutztierwissenschaften, Zurich, Switzerland.
- Bocquier, F., Caja, G. 2001. Production et composition du lait de brebis: effects de l'alimentation. Prod. Anim. 14: 129-140.
- Bovera, F., Cutrignelli, M.I., Shettini, R., Lella, T. 2003. Effects of non-structural carbohydrate levels of diets on milk yield of primiparous Sarda ewes. Ital. J. Anim. Sci. 2: 521-523.
- Braithwaite, G.D., 1982. Endogenous faecal loss of calcium by ruminants. J. Agric. Sci. 99:355-369.
- Braithwaite, G.D., 1983a. Calcium and phosphorus requirements of the ewe during pregnancy and lactation. I. Calcium. Br. J. Nutr. 50:711-722.

- Braithwaite, G.D., 1983b. Calcium and phosphorus requirements of the ewe during pregnancy and lactation. 2. Phosphorus. *Br. J. Nutr.* 50:723-734.
- Caja, G. (1994) Valoración de las necesidades nutritivas y manejo de la alimentación de ovejas. En: ganado Ovino. Raza manchega. Eds. L. Gallego, A. Torres y G. Caja. Ed. Mundiprensa, Madrid, pp: 137-159.
- Caja, G., Bocquier, F., Ferret, A., Gasa, J., Pérez-Oguez, L., Plaixats, J. y Oregui, L. 2002. Capacité d'ingestion des ovins laitiers: Effets des principaux facteurs de variation. En: Nutrition, alimentation et élevage des brebis laitières: maîtrise de facteurs de productions por réduire les coûts et améliorer la qualité des produits. Eds: F. Barillet y F. Bocquier. Options Méditerranéennes, Serie B (Études et Recherches) 42: 9-36.
- Calsamiglia, S. 2000. Nuevos avances en manejo y alimentación de la vaca durante el parto. XVI Curso de especialización FEDNA, Madrid.
- Cannas, A., Annicchiarico, G., Taibi, L., Dell'Aquila, S. 2000. Effetto del rapporto foraggi:concentrati della razioni su produzioni di latte e variazioni di peso corpóreo in pecore da latte nella fase finale della lattazione. En: Proc. 14th Nat. Congr. SIPAOC, Foggia, Italy. Pp: 335-338.
- Cannas, A., Cabiddu, A., Bomboi, G., Ligios, S., Molle, G. 2003. Effects of dietary non-fibre carbohydrates concentration on intake, in vivo digestibility and milk yield in Sarda ewes. En Proc: 54th Int. Meet. EAAP, Roma, Italy. pp: 344 (Abst.).
- Cannas, A., Tedeschi, L.O., Fox, D.G., Pell, A.N., van Soest, P.J. 2004. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. *J. Anim. Sci.* 82: 149-169.
- Chilliard, Y. 1993. Dietary fat and adipose tissue metabolism in ruminants, pigs, and rodents: A review. *J. Dairy Sci.* 76: 3897-3931.
- Chilliard, Y., Doreau, M., Gagliostro, G., Elmeddah, Y. 1993. Addition de lipids protégés (encapsulés ou savons de calcium) à la ration de vaches laitières. Effets sur les performances et la composition du lait. *Prod. Anim.* 6: 139-150.
- Chouinard, P.Y., V. Girard, y G. J. Brisson. 1997. Lactational response of cows to different concentrations of calcium salts of canola oil fatty acids with or without bicarbonates. *J. Dairy Sci.* 80: 1185-1193.
- Costa, M.J.R.P., R.Siva, and R.C. Souza. 1992. Effect of air temperature and humidity on ingestive behaviour of sheep. *Int. J. Biometereol.* 36:218-222.

- CSIRO, 1990. Standing Committee on Agriculture. Ruminants Subcommittee. Feeding standards for Australian livestock. Ruminants. CSIRO Publications, East Melbourne, Australia.
- Dann, H.M., N.B. Litherland, J.P. Underwood, M. Bionaz, A. D'Angelo, J.W. McFadden, y J.K. Drackley . 2006. Diets during far-off and close-up dry periods affect periparturient metabolism and lactation in multiparous cows. *J. Dairy Sci.* 89: 3563-3577.
- Daza A. 2002. Mejora de la Productividad y Planificación de Explotaciones Ovinas. Ed. Agrícola Española. 232pp.
- Daza, A., Fernández, C., Sánchez, A. 2004. Ganado Caprino: Producción, Nutrición y Sanidad. Ed. Agrícola Española. 312pp.
- DePeters, E.J., y J. P. Cant. 1992. Nutritional factors influencing the nitrogen composition of bovine milk: A review. *J. Dairy Sci.* 75: 2043-2070.
- Douglas, G.N., T.R. Overton, H.G. Bateman, II, H.M. Dann, y J.K. Drackley. 2006. Prepartal plane of nutrition, regardless of dietary energy source, affects periparturient metabolism and dry matter intake in holstein cows. *J. Dairy Sci.* 89: 2141-2157
- Eastridge, M.L., H.F. Bucholtz, A.L. Slater, y C.S. Hall. 1998. Nutrient requirements for dairy cattle of the national research council versus some commonly used ration software. *J Dairy Sci* 1998 81: 3049-3062.
- Erdman, R.A. 1988. dietary buffering requirements of the lactating dairy cow: A Review. *J. Dairy Sci.* 71: 3246-3266.
- Fernández, C., Sánchez-Séiquer, P., Navarro, M.J. y Garcés, C. 2003. Modeling the voluntary dry matter intake in Murciano-Granadina dairy goats. First joint seminar of the FAO-CIHEAM sheep and goat nutrition and mountain and Mediterranean pastures subnetworks. Granada, pp. 96.
- Fernández, C., Bacha, F., Pascual, J.J., Piquer, O., 2008a. Nutrición práctica para ganado caprino lechero Ed. Agrícola Española. 118pp.
- Fernández, C., Pascual, J.J., Piquer, O., Blas, E., Cervera, C. 2008b. Milk prediction on dairy goats using multiple component system models. *J. Appl. Anim. Res.* 34:127-132.
- Finocchiaro, R., van Kaam, J.B.C.H.M., Portolano, B. y Misztal. 2005. Effect of heat stress on Production of Mediterranean Dairy Sheep. *J. Dairy Sci.* 88 : 1855-1864.
- Fox, D.G., M.E. Van Amburgh, y T.P. Tylutki. 1999. Predicting requirements for growth, maturity, and body reserves in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 82: 1968-1977.

- Gallego, L., Torres, A. y Caja, G. 1994. Ganado Ovino. Raza Manchega. Eds. L. Gallego, A. Torres y G. Caja. Ed. Mundiprensa, Madrid, 430 pp.
- Gargouri, A., Caja, G., caslas, R. y Mezghani, I. 2006. Lactational evaluation of effects of calcium soap of fatty acids on dairy ewes. *Small Rum. Res.* 66: 1-10.
- Goff, J.P. y R.L. Horst. 1997. Physiological changes at parturition and their relationship to metabolic disorders 1,2. *J. Dairy Sci.* 80: 1260-1268.
- Griinari, J.M., D.A. Dwyer, M.A. McGuire, D.E. Bauman, D.L. Palmquist, y K.V.V. Nurmela. 1988. *Trans*-octadecenoic acids and milk fat depression in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81: 1251-1261.
- Grummer, R.R., P.C. Hoffman, M.L. Luck, y S.J. Bertics. 1995. Effect of prepartum and postpartum dietary energy on growth and lactation of primiparous cows. *J. Dairy Sci.* 78: 172-180.
- Hernández, F. (2008) Una granja inteligente: implicaciones sanitarias, alternativas en el manejo y mejoras en la nutrición. *Tierras* 147: 18-22.
- Hoover, W.H. y S R. Stokes. 1991. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. *J. Dairy Sci.* 74: 3630-3644.
- Horst, R.L., J.P. Goff, T.A. Reinhardt, y D.R. Buxton. 1997. Strategies for preventing milk fever in dairy cattle. **J.** *Dairy Sci.* 80: 1269-1280.
- Huhtanen, P., y Hristov A.N. 2009. A meta-analysis of the effects of dietary protein concentration and degradability on milk protein yield and milk N efficiency in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92 : 3222-3232.
- Hutjens, M. F. 1998. Feed bunk management. *Proc. Dairy Feeding Systems*, Camp Hill, Pennsylvania. pp 120.
- INRA. 1981. Institut National de la Recherche Agronomique. Alimentación de los rumiantes. INRA, Paris, France.
- INRA. 1988. Institut National de la Recherche Agronomique. Alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA, Paris, France.
- INRA. 2007. Institut National de la Recherche Agronomique. 2007. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoin des animaux, valeurs des aliments: Table Inra 2007. Quae Editions. Versailles, France.
- Janovick Guretzky, N.A., D.B. Carlson, J.E. Garrett, y J.K. Drackley . 2006. Lipid metabolite profiles and milk production for holstein and jersey cows fed rumen-protected choline during the periparturient period. *J. Dairy Sci.* 89: 188-200.
- Jimeno, V.; Majano, M.A. y Rebollar, P.G. (1997). Alimentación práctica del ovino de leche en sistemas intensivos de explotación En: XIII

- Curso de Especialización FEDNA. Avances en Nutrición y Alimentación. pp. 65-79.
- Jimeno, V.; Castro, T. y Rebollar, P.G. (2001). Interacción nutrición-reproducción en ovino de leche. En: XVII Curso de Especialización FEDNA. Avances en Nutrición y Alimentación. pp. 133-160.
- Lachica M., Prieto C. and Aguilera J.F. 1997a. The energy cost of walking on the level and on negative and positive slopes in the Granadina goat (*Capra hircus*). Br. J. Nutr., 77: 73-81.
- Lachica, M., Aguilera, J.F. y Prieto, C. 1997b. Energy expenditure related to the act of eating in Granadina goats given diets of different physical form. Br. J. Nutr., 77: 417-426.
- Lachica M. and Aguilera J.F. 2005. Energy needs of the free-ranging goat. Small Rum. Res. 60: 111-125
- Lachica, M., Goetsch, A.L. y Sahlu, T. Effect of cold exposure on natural abundance of ^{13}C and heat production in Spanish goats by the CO_2 entry rate technique". ISEP- 2nd International Symposium on Energy and Protein Metabolism and Nutrition. Vichy. Francia. 9-13 septiembre, 2007.
- Marie, C., Such, X., Barillet, F., Bocquier, F., Caja, G. (2002) Efficacité selon le potentiel laitier des brebis. En: Nutrition, alimentation et élevage des brebis laitières: maîtrise de facteurs de productions por réduire les coûts et améliorer la qualité des produits. Eds: F. Barillet y F. Bocquier. Options Méditerranéennes, Serie B (Études et Recherches) 42: 57-71.
- May, M. G. 1994. Factors affecting and the prediction of dry matter intake in Holstein dairy cows. Ph.D. thesis. University of Minnesota.
- Mele, M., Buccioni, A., Serra, A. 2005. Lipid requirements in the nutrition of dairy ewes. Ital. J. Anim. Sci. 4 (suppl. 1): 53-62.
- Mertens, D.R. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. J. Anim. Sci. 64: 1548-1558.
- Meschy, F. 2007. Alimentation minérale et vitaminique des ruminants: actualisation des connaissances. Inra Prod. Anim. 20, 119-128.
- Moe, P. W. 1981. Energy metabolism of dairy cattle. J. Dairy Sci. 64:1120-1139.
- Molina, M.P., Caja, G., Torres, A. Gallego, L. (1991) ITEA: Prod. Anim. 11 (vol. Extra), 277-279.
- Molina, E., Ferret, A., Caja, G., Calsamiglia, S., Such, X., Gasa, J. 2001. Comparison of voluntary food intake, apparent digestibility, digesta kinetics and digestive tract content in Manchega and Lacaune dairy

- sheep in late pregnancy and early and mid lactation. *Anim. Sci.* 73: 209-221.
- Morand-Fehr, P. y Sauvant, D. (1988). Alimentation des caprins. En: Alimentation des bovins, ovins et caprins, Jarrige, R. (Ed.), Paris, Francia; Institut National de la Recherche Agronomique, pp. 282-304.
- NRC, 1975. Nutrient Requirements of Sheep. Ed. National Academy of Sciences, Washington, DC, USA.
- NRC, 1980. Mineral Tolerance of Domestic Animals. Ed. National Academy of Sciences, Washington, DC, USA.
- NRC, 1985. Nutrient Requirements of Sheep. 6th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC, USA.
- NRC, 1989. Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 6th Ed. Natl. Acad. Sci. Washington, DC.
- NRC, 2000. National Research Council. Nutrient requirements of beef cattle. Update 2000. Washington, D. C., National Academy Press, USA.
- NRC, 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th Ed. Natl. Acad. Sci. Washington, DC.
- NRC, 2007. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids and world camelids. Washington, D. C., National Academy Press, USA.
- Prieto, C., J.F. Aguilera, L. Lara y Fonollá, J. 1990. Protein and energy requirements for maintenance of indigenous Granadina goats. *Br. J. Nutr.*, 63: 155-163.
- Pulina, G., Serra, A., Cannas, A., Rossi, G. 1989. Determinazioni e stima del valore energetico di latte di pecore di razza Sarda. *Proc. XLIII Congr. Soc. Ital. Sci. Vet. Pisa, Italia*, 43: 1867-1870.
- Pulina, G., T. Bettati, F. A. Serra y A. Cannas. 1996. Razi-O: Construzione e validazione di un software per l'alimentazione degli ovini da latte (Razi-O: Development and validation of a software for dairy sheep feeding). Pages 11-14 in *Proc. XII Natl. Meeting of the Società Italiana di Patologia e d'Allevamento degli Ovini e dei Caprini*, Varese, Italy.
- Pulina, G., Macciotta, N., Nudda, A. 2005. Milk composition and feeding in the Italian dairy sheep. *Ital. J. Anim. Sci.* 4 (supl. 1): 5-14.
- Rayburn, E.B., y D.G. Fox. 1993. Variation in neutral detergent fiber intake of holstein cows. *J. Dairy Sci.* 76: 544-554.
- Roseler, D.K., D.G. Fox, A.N. Pell, y L.E. Chase. 1997. Evaluation of alternative equations for prediction of intake for holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80: 864-877.

- Sahlu, T., A.L. Goetsch, J. Luo, I.V. Nsahalai, J.E. Moore, M.L. Galyean, F.N. Owens, C.L. Ferrel, Z.B. Johnson. 2004. Energy and protein requirements of goats: developed equations, other considerations and future research to improve them. *Small. Rum. Res.* 53, 191-220.
- Santucci., P. y Maestrini, O. 1985. Body conditions of dairy goats in extensive systems of production: method of estimation. *Ann. Zootech.* 34:473-474.
- Sauvant D., Morand-Fehr P. y Giger-Reverdin, S. (1991). En: *Goat Nutrition*. P. Morand-Fehr (Ed.), Wageningen Poduc EAAP, Publ. 46. pp. 25-36.
- Schmidely, P., sauvant, D. 2001. Taux butyreux et composition de la matière grasse du lait chez les petits ruminants: effets de l'apport de matières grasses ou d'aliment concentré. *Prod. Anim.* 14: 337-354.
- Schwab CG, Huhtanen P, Hunt CW and Hvelplund T 2005. Nitrogen requirements of cattle. In *Nitrogen and Phosphorus nutrition of cattle*. Ed E. Pfeffer and A Hristov. CANI Publishing Wallingford, UK.
- Sniffen, C.J., D.C. O'Connor, P.J. van Soest, D.G. Fox, y J.B. Russell. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.* 70:3562.
- Ugarte, E., Ruíz, R., Gabiña, D., Beltrán de Heredia, I. 2001. Impact of high-yielding foreign breeds on the Spanish dairy sheep industry. *Liv. Prod. Sci.* 71: 3-10.

FEDNA 

Federación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal

Universidad Politécnica de Madrid

E.T.S. Agrónomos

C/ Ciudad Universitaria s/n • 28040 Madrid

ISSN 0540