

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

“SUPLEMENTACION DE VACAS EN PASTOREO”

Salcedo Díaz, G.

Dpto. de Tecnología Agraria del I.E.S. “La Granja” 39792 Heras. Cantabria

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

INTRODUCCION

Los sistemas de producción de leche del norte de España pueden clasificarse en tres categorías: **intensivos**, explotaciones que mantienen las vacas estabuladas a lo largo de su vida productiva; los alimentos son administrados mediante carros mezcladores; los forrajes incluidos en las dietas son ensilados de hierba y maíz, alfalfa deshidratada formando parte de la ración al 50% con concentrados; la producción individual por vaca varía entre 9.000 a 11.000 kg de leche; **semiintensivo**, dividido a su vez en dos variantes: **a)** explotaciones que aún comprando alimentos (heno, paja y concentrado), disponen de cierta base territorial, principalmente praderas, aprovechadas mayoritariamente en régimen de siega, bien para conservarlo en forma de ensilado o administrado en verde en el pesebre y, cultivos forrajeros (maíz y raigrás italiano principalmente); producciones típicas por vaca oscilan de 7.000 a 9.000 kg de leche; los concentrados incluidos en las dietas varían en cantidad y calidad de una explotación a otra, dependiendo del grado de intensificación y de la superficie agrícola útil y **b)** las que intensifican la pradera mediante el empleo de fertilizantes, siembras de especies adaptadas al pastoreo (*Lolium perenne* y *Trifolium repens*) o siega (*Lolium multiflorum*, *Bromus catharticus*, etc), manejo de los excesos de hierba para conservarla en forma de ensilado principalmente, coincidiendo la máxima producción con el máximo valor nutritivo del forraje; uso racional del pasto mediante sistemas de pastoreo rotacional; producción media por vaca de 5.000 a 7.000 kg de leche. Por último, un tercero puramente **extensivo** de zonas altas y orientado a la producción de carne.

El uso de praderas en la alimentación de vacas lecheras resulta un sistema de producción de leche a bajo coste (Peyraud y Delaby, 2001). Los sistemas de pastoreo se caracterizan por una alta producción de leche por unidad de superficie; mientras los estabulados, persiguen altos rendimientos por unidad de producción (Clark y Kanneganti, 1998). Así, por ejemplo, Rust et al. (1995) desarrollaron un experimento en el Norte de Minesota con vacas Guernesey y Guernesey/Holstein durante cuatro años en el que compararon dos sistemas de producción de leche (pastoreo vs confinado). Estos autores apreciaron un 7% más de leche en pastoreo que en el confinado cuando la leche es corregida al 4% graso, sin diferencias significativas en los porcentajes de proteína bruta de la leche (Nt x 6,38). En Hungría Bela et al. (1995), no apreciaron diferencias de

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

producción de leche, porcentajes de grasa y proteína entre los sistemas a pastoreo y confinados. Por su parte, Hoffman et al. (1993) con vacas Holstein en pastoreo y suplementadas con tres niveles crecientes de concentrado no aprecian diferencias en la producción de leche, disminuyendo el rendimiento a partir de la octava semana en los tres tratamientos. En un experimento de corta duración (Kolver y Muller, 1998a), compararon la producción y calidad de la leche con dos sistemas de alimentación [Pastoreo sin suplementación (P) vs Ración Total Mezclada (RTM)]. Antes de la fase experimental, todas las vacas estaban alimentadas con una RTM, disminuyendo progresivamente hasta un pastoreo sin suplementación. Los resultados más significativos fueron un descenso del 33% en la producción de leche para el sistema a Pastoreo que en RTM (29,6 vs 46,3 kg/d), sin diferencias en el contenido graso de la leche; por el contrario, el mayor porcentaje de proteína se dio en las vacas del grupo RTM (2,8% en RTM y 2,61% en P). Por su parte, Mayne (1996) establece una producción máxima de leche para sistemas a pastoreo de 25 a 30 litros sin suplementación adicional, alcanzándose estas producciones en la primavera temprana, cuando la disponibilidad y calidad del pasto son altas.

En la actualidad, la producción de leche está orientada hacia sistemas más intensivos, en parte, atribuible al mérito genético, racionamiento más adaptado a la cobertura de las necesidades nutritivas de las vacas, mayor uso de concentrados y forrajes deshidratados. Este grado de tecnificación ha dado lugar a mayores respuestas productivas, mejoras significativas en la calidad de la leche tanto a nivel físico-químico (> proteína y < grasa) como bacteriológica. Sin embargo los incrementos de caseína (fracción proteica más importante para la industria quesera) no han sido tan relevantes; por el contrario, las concentraciones de nitrógeno no proteico [NNP → la industria quesera no hace nada con esta fracción nitrogenada, aunque el ganadero si percibe prima por calidad de proteína, puesto que el pago de la leche se hace en la actualidad por el contenido de nitrógeno total (Nt x 6,38)] son modificadas por la alimentación (sobre todo en pastoreo ó con el empleo de ensilados de hierba medianamente conservados). Sin embargo, existen claras diferencias en el contenido de ácido linoléico conjugado (CLA) de la grasa de la leche a favor de vacas lecheras alimentadas en pastoreo que en los sistemas estabulados.

El CLA se remite a varios isómeros posicionales y geométricos del ácido linoléico de la grasa (cis-9, cis-12), cuyas propiedades más relevantes son las de ser un

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

factor anticancerígeno (Ha et al., 1990; Ip et al., 1991 y 1994), siendo la leche la fuente natural más rica en CLA (Parodi, 1977). Los factores más relacionados en la producción de CLA son la relación forraje:concentrado (Jiang et al., 1996), a más consumo de forraje (verde o ensilado, ricos en ácidos grasos poliinsaturados) proporcionan más sustratos a convertirse en ácidos grasos tales como el CLA; consumo de ácidos grasos en la dieta (Kelly et al., 1998a); estación del año (Jahreis et al., 1997), mayores en verano (Reil, 1963), imputable al consumo de hierba fresca. La adición de grasas no tiene un efecto directo en los niveles de producción de CLA; por el contrario, Kelly et al. (1998b) establece que el uso de aceite de girasol (alto contenido en ácido linoleico) a ganado lechero produce más CLA en la leche que el aceite de cacahuete (alto contenido en ácido oleico) y la semilla de lino (alto contenido en ácido linoleico).

En cualquier caso, e independientemente del sistema de producción, la productividad animal y la calidad de la leche está directamente influenciada por el **consumo de nutrientes**, dependiendo a su vez del **valor nutritivo** y de la **ingestión de materia seca**. La suplementación en pastoreo tiene como objetivo aumentar la producción de leche por vaca y por unidad de superficie (a través de incrementar la carga ganadera); mantener ó mejorar el estado corporal de los animales en épocas de limitado crecimiento de pasto; aumentar la persistencia de la lactación en épocas de bajo crecimiento herbáceo y aumentar el contenido de proteína en leche mediante el empleo de suplementos energéticos. Sin embargo, la suplementación con concentrados reduce la ingestión de pasto por un efecto de sustitución, siendo menor cuando la oferta de pasto es alta y las respuestas del concentrado en producción de leche disminuyen.

La información presentada en este seminario forma parte de los resultados obtenidos del proyecto de investigación titulado: “**Producción de leche en pastoreo**” desarrollado por el Departamento de Tecnología Agraria del I.E.S. “La Granja” en la Unidad de Producción de Leche durante el período 1991-2002, cuyos objetivos son analizar las posibilidades del pastoreo sobre su composición química-bromatológica, la ingestión de nutrientes, suplementación, producción y composición química de la leche en condiciones de clima atlántico con mínimo aporte de concentrado.

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

1.- Valor nutritivo del pasto

Entre los factores que más afectan al valor nutritivo del pasto, el manejo puede ser considerado como el más importante. Así, por ejemplo, un pastoreo a destiempo, en avanzado estado de madurez, tiene graves consecuencias sobre su potencial nutritivo y productivo, pues reduce el consumo de materia seca, disminuye la eficacia para la producción de leche (litros/kg MS de pasto) y resulta un despilfarro de material vegetal (pérdida de materia orgánica por unidad de superficie). Desde el punto de vista del racionamiento de vacas lecheras, entre otros, digestibilidad, proteína, fibra y minerales son los más importantes.

La composición químico-bromatológica de la hierba manejada en condiciones pastoreo rotacional (incluido el reservado para ensilado), durante doce años de experimentación aparece reflejada en el Cuadro 1.

Anteriormente se señaló al estado de madurez de la hierba como una de las variables que más directamente afectan al valor nutritivo. En nuestras condiciones de clima atlántico donde la composición botánica de las praderas la forman *L. perenne* y *T. repens*, las pendientes de las regresiones con el avance de la madurez aparecen reflejadas en el Cuadro 2. En dicho cuadro puede apreciarse incrementos en los contenidos de materia seca, fibra ácido detergente y fibra neutro detergente de 0,14; 0,19 y 0,25 unidades porcentuales por día respectivamente; por el contrario, la energía metabolizable, descende de forma lineal a un ritmo de 0,025 MJ/d y 0,28 y 0,17 unidades porcentuales para la proteína bruta y materia orgánica digestible respectivamente a partir del uno de enero. Estas pendientes resultan coincidentes con las señaladas por Zea y Díaz (1996), también en condiciones de clima atlántico y en la zona costera de Galicia en prados sembrados con raigrás inglés y trébol blanco.

1.1.- Digestibilidad

La digestibilidad es definida como la fracción de alimento que no es recuperada en las heces, por lo tanto se supone asimilada por el animal. A su vez, es una buena estima para determinar la concentración energética del forraje y el consumo voluntario. Para algunos investigadores, el consumo máximo de materia seca (MS) se sitúa próximo al 70%, existiendo una relación lineal entre la repleción del rumen y la ingestión. Cuando la concentración del Total de Nutrientes Digestibles (TDN) de la ración se incrementa, lo hace también la ingestión de MS (Conrad et al. 1964), aunque, Blaxter y Wilson

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

(1962) encuentran relaciones de tipo curvilíneo, señalando un descenso de consumo a medida que la digestibilidad aumenta. Baumgard (1970) concluye, que el punto de cambio de la regulación “física” a “metabólica” se produce cuando la concentración de energía metabolizable (EM) de la dieta se encuentra próxima a 9 MJ/kg MS.

En líneas generales, la digestibilidad disminuye con el estado de madurez, como consecuencia del incremento de pared celular (FND) y del contenido de lignina (Minson, 1982; Cebrian, 1982; Holmes, 1987 y Dermaquilly, 1989). El efecto depresivo de la lignina sobre la digestibilidad parece tener su origen en la incrustación de aquella entre las fibras de celulosa por la formación de complejos lignina-carbohidratos y de otros enlaces moleculares (Raymond, 1969); en la disminución de la relación hoja/tallo (las hojas son menos fibrosas que los tallos) (Ulyatt, 1981). Al principio, cuando la planta es joven (estados hojosos), el peso de las hojas es superior al de los tallos, ambos expresados en porcentaje de la materia seca; por lo tanto, el suministro de forrajes de alta digestibilidad (bajo contenido en FND) lleva aparejado un aumento en el consumo voluntario de materia seca, por añadidura una reducción en el suministro de concentrados, lo que se traduce en un menor coste de producción por litro de leche.

1.2.- Proteína bruta

Junto con la digestibilidad, el contenido de proteína bruta del pasto disminuye rápidamente con avanzar la madurez. En cualquier caso, en nuestras condiciones de pastoreo y para las producciones de leche obtenidas, el consumo de proteína bruta nunca fue limitante, imputable al aprovechamiento de la hierba en fases hojosas de crecimiento joven (15 a 25 cm). Por el contrario, cuando se incluye ensilados de hierba sí se aparecían deficiencias, tal y como reflejan los resultados de Sarmiento et al. (1996) sobre una muestra de 153 ensilados de hierba durante cuatro años en Cantabria, con porcentajes medios de proteína bruta de 11,44% sobre materia seca; en estas condiciones, la suplementación con concentrados proteicos resulta necesaria.

El hecho más significativo de la proteína del pasto es su elevada degradabilidad ruminal (Salcedo, 2000a), Cuadro 3. El nivel de degradación ruminal de las materias nitrogenadas de los alimentos y, en particular, los forrajes, está condicionado por la relación Forraje (F):Concentrado (C) de la ración (Van Soest, 1982 y Forbes, 1986); el tiempo de permanencia del alimento en el rumen; la accesibilidad de los microbios a la proteína; la velocidad de paso a través del retículo-rumen; el estado de madurez de la planta; etc. A medida que la planta madura, incrementan las estructuras de sostén

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

(celulosa, hemicelulosa y lignina), reduciéndose los tejidos de mayor actividad metabólica ricos en enzimas que son las proteínas más solubles (Mangan, 1982). El aumento de la pared celular que acompaña a la madurez limita el acceso de las proteasas al citoplasma, lugar donde se encuentran la mayoría de la proteína potencialmente degradable (Nocek y Grant, 1987). La intensidad degradativa es menor en animales alimentados con dietas ricas en concentrado que las de mayor proporción de forraje.

En cualquier caso, los resultados de la cinética de degradación ruminal de hierbas de pradera aprovechadas en forma de pastoreo y determinada mediante la técnica *in sacco*, presentan elevados contenidos de proteína degradable en rumen y proteína soluble; por contra, la proteína no degradable resulta baja (Cuadro 3). Esto sugiere dos vías de actuación cuando se raciona a vacas lecheras: a) suministro de proteínas de baja degradabilidad incrementando el flujo de aminoácidos al intestino delgado y b) aprovechamiento del amoníaco acumulado en panza a través del aporte de concentrados energéticos (almidones fermentables o fuentes de azúcares solubles como melazas); de esta forma, se incrementa el suministro de proteína microbiana de alto valor biológico, ya que ésta contiene aproximadamente un 80% de proteína verdadera, permaneciendo constante su digestibilidad intestinal (70-80%) y la cantidad de aminoácidos absorbidos en el intestino (60%).

La alta solubilidad de los compuestos nitrogenados de los forrajes conservados (principalmente ensilados de hierba) hace que el N desaparecido del interior de las bolsas de nylon cuando son incubadas en rumen comience rápidamente; esto justifica que el tiempo de retraso en la degradación ruminal sea significativamente más corto en la degradación proteica en este tipo de alimentos.

1.3.- Pared celular

El Cuadro 1 resume el contenido de fibra neutro detergente del pasto bajo nuestras condiciones de pastoreo, apreciándose año tras año un leve pero constante incremento, imputable a una ligera modificación en la composición botánica de la pradera, siendo el *Holco lanatus* la especie que va reemplazando al *L. perenne*, aunque sin llegar a ser dominante.

De igual forma, en pastoreo, la concentración de fibra varía ampliamente entre meses, estaciones e incluso, entre aprovechamientos. También, el nivel de presecado a la hora de ensilar hierba incide directamente sobre el contenido de FND del forraje a conservar, puesto que la respiración celular utiliza carbohidratos solubles elevándose la

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

relación carbohidratos estructurales:solubles. Para los rumiantes, la fibra aporta energía bioquímica producida durante los procesos de fermentación por los microorganismos presentes en el rumen, en forma de Adenosín Trifosfato (ATP); neutraliza la acidez de la panza por un aumento en la secreción de saliva durante los procesos de masticado y rumia, contribuyendo a una mayor formación de ácido acético en panza (precursor de la grasa en leche) y de ayudar a mantener la motilidad del rumen. Por el contrario, la fibra es considerada como un obstáculo en el racionamiento de vacas lecheras, puesto que necesita tiempo para ser degradada y limita la ingestión voluntaria de materia seca. En los sistemas de alimentación en base a pastos y forrajes, las necesidades de fibra neutro detergente son cubiertas ampliamente, salvo ciertas excepciones.

2.- Ingestión de nutrientes, producción y calidad de la leche

2.1.- Sólo hierba

En líneas generales, a mayor concentración de pared celular, menor es el consumo de alimento (Osborne et al. 1974). Factores como estado de repleción del rumen, producción de leche, fase de lactación, edad, contenido de agua del forraje, nivel de proteína de la dieta, cantidad de concentrado suplementado, etc., influyen directamente sobre la ingestión de hierba.

Para estimar el consumo voluntario de materia seca de pasto, se llevó a cabo un experimento con vacas lecheras de media producción en jaulas de metabolismo, durante los meses de Abril, Mayo, Julio, Agosto, Octubre y Noviembre (Salcedo, 2000b). La composición química de la hierba de cada mes aparece señalada en el Cuadro 4.

El Cuadro 5 resume los resultados obtenidos del balance respecto a la ingestión voluntaria de materia seca, digestibilidad aparente de la materia seca y materia orgánica con estimación de la concentración energética expresada en MJ de energía metabolizable por kg de MS, producción y composición química de la leche. En dicho cuadro, puede apreciarse una disminución en el consumo de materia seca por vaca y día, cuando la concentración de FND de la hierba aumenta (sobre todo en los meses de verano). Por otro lado, que el consumo de FND/100 kg PV resultase semejante entre meses, cabe inputarlo a un efecto de dilución entre el consumo de materia seca y la concentración de FND en cada mes. Además, la menor ingestión de materia seca durante los meses de verano, puede ser imputada al menor ritmo de degradación ruminal de la materia seca, tal y como se señala en el Cuadro 3; así, Mertens (1983) y Kawas et al. (1983) señalan, que el contenido y ritmo fraccional de degradación de la fibra es uno

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

de los factores determinantes en el consumo de forrajes. Nuestros resultados son coincidentes con los señalados por Conrad et al. (1964) y Osoro y Cebrian (1986) en el sentido, que la ingestión de MS es máxima cuando la digestibilidad *in vivo* de la materia seca (dMS) está cercana al 70%. En nuestro experimento, el mayor consumo se registró entre valores de digestibilidad que oscilaron entre 75 y 83%, con un valor medio de 79%. Por su parte Freer (1981), señala que los valores de digestibilidad del pasto por encima del 67% la ingestión es controlada por mecanismos metabólicos y no por factores físicos o de llenado ruminal. Para Demarquilly y Jarrige (1971) y Walters (1971), la relación entre la digestibilidad e ingestión es lineal hasta que la dMS (digestibilidad aparente de la materia seca) alcanza valores cercanos al 80%; en nuestra experiencia y para pasto aprovechado en forma de pastoreo rotacional, obtenemos un coeficiente de determinación $r^2=0,87$ entre la ingestión y la materia orgánica digestible *in vivo* (MOD_{vivo}) y $r^2=0,80$ respecto a la concentración de FND, ambos en % sobre materia seca del tipo:

$$\text{Kg MS VL y día} = 5,99 + 0,109 \text{ MOD}_{vivo}; \pm 0,42; r^2=0,84 \text{ P}<0,001$$

$$\text{kg MS VL y día} = 5,36 + 0,11 \text{ MOD}_{vivo} \pm 0,38; r^2=0,87 \text{ P}<0,001$$

$$\text{kg MS VL y día} = 19,69 - 0,125 \text{ FND} \pm 0,48; r^2=0,80 \text{ P}<0,001$$

Como puede apreciarse la MOD actúa positivamente sobre la ingestión; por contra, la FND lo hace negativamente. Por cada punto superior a 60,8% en la DMO (media meses verano), el consumo de MS aumentó 0,13 kg; o bien, por cada punto de incremento en el porcentaje de FND por encima de 40,15% (media meses otoño), se produce un descenso de 0,17 kg.

La ingestión media de materia seca por kilo de peso metabólico resultó ser de 111,71 g/kg $PV^{0,75}$, coincidente con Argamentería et al. (1993) también en trabajos desarrollados en nave metabólica con ganado vacuno lechero y alimentado con hierba de pradera; aunque, cuando los resultados se expresan en porcentaje de peso vivo, difieren un 9,37%, atribuible al menor peso de las vacas utilizadas por aquellos. Durante los meses de otoño, dichos autores aprecian consumos voluntarios inferiores respecto a los obtenidos en nuestro Departamento. Estas diferencias pueden tener su origen en el grado de contaminación del pasto por heces ó porcentaje de pasto rechazado durante los pastoreos de primavera y verano incluido en la dieta de los animales.

El consumo medio diario de proteína bruta (PB) resultó elevado (2,60 kg VL/día) para el experimento completo, con máximos en otoño (3,39 kg/d) y mínimos en

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

verano (1,93 kg/d). En cualquier caso, superiores a las necesidades teóricas señaladas por el NRC (1989 y 2001) para las producciones obtenidas, situándose al límite en verano, coincidiendo con el menor N fijado estimado como: $[N \text{ ingerido} - (N \text{ heces} + N \text{ orina} + N \text{ leche})]$. Respecto a las diferentes fracciones de proteína (degradable y soluble), apreciamos diferencias entre meses, con medias de 1,99 y 1,21 kg cabeza y día respectivamente; esto representa el 76,53% y 46,53% de la proteína ingerida; en cualquier caso, porcentajes superiores a los señalados por el NRC (1989) para ganado vacuno lechero. De igual forma, la relación Nitrógeno Degradable en Rumen/MJ de Energía Metabolizable (gr NDR/MJ de EM) de la hierba resulta elevada, con valores medios de 1,98 para el conjunto de datos, muy superiores a las recomendaciones del ARC (1980) de 1,25 g/MJ para optimizar la síntesis de proteína microbiana.

Las pérdidas medias de N por heces y orina, representan el 20,71% y 39,3% respectivamente, con relación al N total ingerido. Entre estaciones, las mayores pérdidas de N se registran en otoño (95,2 g N/d en heces y 166 g de N/día en orina), debido entre otros factores al mayor contenido en N de la hierba, elevada degradabilidad ruminal (Cuadro 3) y digestibilidad (Cuadro 5); aunque, en términos porcentuales las pérdidas fueron superiores en verano, imputable a la menor concentración energética de la hierba ($r^2=0,73$), que origina una disminución en la síntesis de proteína microbiana.

La producción de leche y composición química aparecen reflejados en el Cuadro 5. Los menores porcentajes de proteína en la leche se registran durante los meses de verano, coincidiendo con el menor contenido de energía metabolizable.

2.2.- Suplementación en pastoreo

El objetivo principal de la suplementación a vacas lecheras en pastoreo es aumentar el consumo total de materia seca y energía (Peyraud y Delaby, 2001). Cuando se suplementa con concentrados, ensilados, henos u otros alimentos a vacas en pastoreo, los objetivos considerados pueden ser: 1) aumentar la producción de leche por vaca; 2) incrementar la carga y la producción de leche por unidad de superficie; 3) mejorar el uso del pasto a través de mayores cargas ganaderas; 4) mantener y mejorar el estado corporal y reproductivo de las vacas en épocas de bajo crecimiento herbáceo; 5) incrementar el porcentaje y la producción de proteína de la leche mediante el uso de concentrados energéticos y proteicos; 6) mejorar las características medioambientales del rumen para maximizar la eficiencia en la síntesis de proteína microbiana, disminuyendo de este modo importantes pérdidas de nitrógeno en heces y orina que

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

contaminen el medio ambiente y 7) cuando la base territorial sea un factor limitante en la producción de leche.

El consumo de MS de hierba en pastoreo es expresado como: $\text{kg/d} = \text{tiempo de pastoreo (minutos/día)} \times \text{bocados/minuto} \times \text{MS bocado (g/MS por bocado)}$ (Hodgson y Brookes, 1999; Rook, 2000). A su vez, cada una de estas variables están directamente relacionadas con otras. Así, la materia seca por bocado está afectada por las características anatómicas del animal (Rook, 2000); características del pasto (Hodgson y Brookes, 1999), tales como su altura (Philips, 1993; McGilloy et al., 1999) y densidad (Rook, 2000). A su vez, cuando la altura del pasto desciende, lo hace de igual modo la materia seca por bocado (Wade et al., 1989), tanto en vacas suplementadas (Rook et al., 1994), como las no suplementadas (Gibb et al., 1997; McGilloy et al., 1999). Por su parte Gibb et al., (1997) señala que vacas lecheras pastando praderas compuestas por raigrás inglés la ingestión de materia seca por bocado desciende desde 0,31 g de materia orgánica a 7 ó 9 cm a 0,23 g de materia orgánica/bocado a 5 cm, mientras que ni los bocados por minuto (76 bocados/min) ni el tiempo de pastoreo (604 min/d) son afectados por la altura del pasto. Por su parte, McGilloy et al., (1999) establecen que la MS/bocado disminuye desde 1,28 a 0,85 g cuando se reduce la altura del pasto de 21 a 7 cm y, de 1 a 0,66 g MS/bocado desde 11 a 6 cm, sin afectar los bocados por minuto (56 bocados/min y 62 bocados/min) respectivamente. En un tercer experimento McGilloy et al., (1999) estudiaron la interacción altura*densidad del pasto, reduciéndose la MS/bocado cuando lo hace la altura del pasto, mayor a baja densidad del pasto (1,02 a 0,47 g MS/bocado) que a alta (0,97 a 0,63 g MS/bocado). El tiempo de pastoreo y bocados/minuto están influenciados por las características del animal, tales como el mérito genético y la producción de leche; así, las vacas de alto mérito genético (VAMG) dedican más tiempo a pastar que las de bajo mérito genético (VBMG) suplementadas con concentrado (Bao et al., 1992). En praderas con raigrás las VAMG dedican 218 minutos (observadas solamente durante 7 horas) y 204 minutos para VBMG y 64 vs 61 bocados/minuto respectivamente.

Por otra parte, la suplementación ejerce un efecto de sustitución de pasto (conocido como tasa de sustitución [TS] Kellaway y Porta, 1993), dependiendo su intensidad de varios factores, como la disponibilidad de pasto y sus características intrínsecas o extrínsecas (Zea y Díaz, 1996). La TS es calculada como: $\text{TS (kg/kg)} = (\text{consumo de materia seca de pasto en vacas no suplementadas} - \text{consumo de materia$

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

seca (MS) de vacas suplementadas) / consumo de MS de suplemento. Una tasa menor de 1 kg/kg indica que el consumo total de MS en las vacas suplementadas es mayor que el consumo total de MS en las vacas no suplementadas; TS = 1 kg/kg significa que el consumo total de MS en las vacas suplementadas es el mismo que en las vacas no suplementadas. Cuando la disponibilidad de pasto incrementa, la tasa de sustitución por concentrados u otros suplementos aumenta. Así por ejemplo, Meijjs y Hoekstra (1984) señalan para vacuno lechero y según las disponibilidad de pasto fuese alta o baja, obtuvieron tasas de sustitución de 0,50 y 0,11 kg de materia seca de pasto por kg de materia seca de concentrado respectivamente. Para ganado estabulado, hay una clara correlación entre la tasa de sustitución y el nivel de suplementación, de modo que a más consumo de concentrado menor es la ingestión de forraje (Zea y Díaz, 1996). Sin embargo esta relación no es tan clara con ganado en pastoreo (Meijjs y Hoekstra, 1984). En estudios de pastoreo donde se evaluó el efecto de la oferta de pasto sobre la tasa de sustitución y la respuesta a la suplementación en vacas lecheras de alta producción, señalaron que TS aumenta y la respuesta a la suplementación disminuyó a medida que la oferta de hierba por hectárea aumenta. Estos estudios demostraron relaciones negativas entre respuesta a la suplementación (RS, kg leche/kg de suplemento) y tasa de sustitución: $RS = 1,71 - 2,01 \times TS$; $r^2 = 0,43$, indicando que a menor tasa de sustitución, mayor respuesta en leche.

Kolver y Muller (1998a) comparando el consumo de vacas lecheras en pastoreo vs raciones totales mezcladas (RTM), observaron que las vacas en pastoreo ingieren 4,4 kg menos de materia seca que las alimentadas con RTM; sin embargo, el factor limitante fue el consumo de energía metabolizable, no así, para la proteína bruta y fibra neutro detergente.

Cuando se incrementa el suministro de concentrado a vacas en pastoreo, el tiempo dedicado a pastar se reduce, sin afectar al número de bocados por minuto (Bargo et al., 2002a; Gibb et al., 2002), estimados en 16,24 minutos de pastoreo por kg de concentrado administrado. Por el contrario, el concentrado no afecta al consumo de materia seca por bocado. Autores como Arriaga-Jordan y Holes, (1986) señalan valores de 11 min/kg de concentrado en pastoreo continuo y de 8 minutos/kg en pastoreo rotacional. El tiempo medio de pastoreo al día para las vacas que no reciben suplementación es estimado en 594 minutos (Bargo et al., 2002a). El tipo de concentrado es otra variable que afecta al tiempo de pastoreo, cuando los concentrados

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

están basados en cebada o maíz, el tiempo se reduce en 8,8 minutos/día; 22 minutos/día cuando se suplementa con pulpa de remolacha y 14,7 minutos/día con harina de soja (Bargo et al., 2002a).

2.2.1.- Suplementación con ensilado de maíz a vacas en pastoreo

Partiendo de la hipótesis de un posible descenso en la síntesis de proteína microbiana atribuido a una paulatina disminución en la concentración energética del pasto con avanzar la estación de pastoreo, Salcedo (1998c) desarrolló un experimento en nave metabólica con vacas lecheras paridas en febrero, una producción inicial de 23 litros de leche, alimentadas con hierba y suplementadas con tres niveles de ensilado de maíz (2,24, 1,12 y 0 kg de MS cabeza y día), para determinar si la adición de un suplemento forrajero de mayor contenido en almidón (aproximadamente 20-24% vs 6,5% sobre materia seca) puede contribuir a mejorar la sincronización entre la proteína degradable en rumen y el almidón procedente del ensilado sobre las digestibilidades aparentes de la materia seca (dMS), la materia orgánica (dMO) y el nitrógeno (dN), la producción y la composición química de la leche.

Los resultados no mostraron diferencias significativas en el consumo de materia seca total, pero cada kg de MS de ensilado de maíz sustituía a 1 y 1,41 kg de MS de pasto para los tratamientos 2,24 y 1,12 kg. de MS. La dMS, dMO y la dN descendieron significativamente con el mayor aporte de ensilado. Las pérdidas de N urinario resultaron superiores en las dietas que no incluyen ensilado de maíz, confirmando que con la complementariedad entre forrajes puede optimizar la síntesis de proteína microbiana, lo que induce a pensar un mayor ingreso de aminoácidos al intestino delgado.

En cuanto a la composición química de la leche, el hecho más significativo fue la mayor concentración y producción de proteína y, un descenso en el contenido de urea; por contra, la producción de leche resultó inferior. Las concentraciones de glucosa en sangre resultaron inferiores y mayores en urea cuando no se incluía ensilado de maíz.

A nivel ruminal, las concentraciones de N-NH₃ fueron superiores en la dieta no suplementada con ensilado de maíz (367 mg/l de líquido ruminal) y, de 282 y 304 cuando se añade 2,24 y 1,12 kg de materia seca en forma de ensilado de maíz respectivamente. La mayor concentración de N-amoniaco en el rumen y la menor en glucosa en la dieta que no incluye ensilado de maíz, tiene importantes connotaciones nutritivas; es decir, a más degradabilidad de la proteína en la hierba, mayor es la

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

cantidad de amoníaco a traspasa la pared ruminal hacia la sangre y transformado en urea por el hígado, con un consumo menor de energía, favorece una situación de hipoglucemia, hecho este último más desfavorable en vacas al principio de lactación que se encuentran en balance energético negativo.

Este mismo experimento fue realizado a nivel de explotación en la Unidad de Producción de Leche del I.E.S “La Granja” durante dos años, de marzo a setiembre (180 días) con 24 vacas de raza Frisona, paridas al final del invierno y suplementadas con idénticas cantidades de ensilado de maíz; si bien, aquí las vacas reciben además 2,6 kg de concentrado. Los Cuadros 6 y 7 señalan la ingestión de nutrientes, producción y calidad de la leche respectivamente.

2.2.1.1.- Ingestión de nutrientes

La ingestión de materia seca total aumentó significativamente con la suplementación de ensilado de maíz (EMa). Esta fue de 15,9; 15,5 y 14,57 kg MS vaca y día con 2,24; 1,12 y 0 kg de MS de EMa respectivamente. El menor consumo de pasto para el tratamiento que no incluye ensilado de maíz es imputable a diferencias de degradabilidad ruminal de la materia seca, (valor medio 61,5% en 1996 y 64,62% en 1997 para el pasto y 49,4% en el maíz) (Salcedo, 1997b); al efecto de sustitución (Leaver et al., 1968; Stockdale, 1997a), en el presente trabajo resultó de 0,63 kg de MS al suplementar con 2,24 y de 0,51 en 1,12, coincidentes con Grainger y Mathews (1989), e inferiores a los observados por Holden et al., (1995), pero dentro del rango de 0,47 a 1,4 señalado por Phillips (1988).

Stockdale, (1996) señala que la ingestión de materia seca para vacas lecheras en pastoreo sobre praderas sembradas con trébol blanco y suplementadas con EMa aumenta cuando la altura del pasto es menor, debido principalmente al alto grado de sustitución de EMa, concluyendo la existencia de una estrecha relación entre el nivel de sustitución y el forraje en oferta. Por el contrario, Rook et al., (1994) señalan efectos contrarios por una mayor ingestión de materia seca de pasto en praderas de *Lolium perenne*.

Bryant y Donnelly, (1974) concluyen que la digestión del ensilado de maíz resulta más rápida que la hierba, contrario a lo observado por Akin, (1979) y Ketealaars y Tolkamp, (1992). Por su parte Hutton y Douglas, (1975) señalan un incremento en el consumo de materia seca de pasto cuando se añade a la dieta de vacas lecheras ensilado

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

de maíz hasta un máximo del 33%, pese a la leve diferencia en el contenido de energía metabolizable entre pasto y el ensilado de maíz.

Cuando se expresa el consumo de materia seca por cada 100 kg de peso vivo, éste resultó inferior al señalado por el NRC (1989) en 13,6%, 3,3% y 20,3% para los tratamientos 2,24, 1,12 y 0 kg de MS de EMA, como medias de dos años, atribuibles al elevado contenido de humedad del pasto, que originó un efecto anticonsumo en el ganado.

El consumo de energía neta de lactación (ENI) se apreció diferencias entre tratamientos y no entre años, (Cuadro 6); sin embargo la concentración energética entre los diferentes tratamientos resultó similar, (1,58 Mcal de ENI por kg de MS). Al comparar la energía consumida con las necesidades teóricas del NRC, (1989) y las producciones obtenidas, el balance energético resultó ser de -0,08, +0,59 y -4,08 Mcal/día en 1996 y -4,47, -1,61 y -5,23 en 1997 para las vacas que reciben 2,24, 1,12 y 0 kg de EMA respectivamente; de ahí, que existiera una menor ganancia de peso vivo en las vacas no suplementadas con ensilado de maíz.

La ingestión de proteína bruta no fue diferente entre tratamientos y sí, entre años (Cuadro 6), debido a la menor concentración de proteína del pasto en 1996; de igual forma, sucedió con la proteína degradable en rumen (PDR) y no degradable (PNDR), imputables a las diferencias de proteína del pasto anteriormente mencionadas. Así, la PDR fue superior en +240, +366 y +210 g cabeza y día respecto a las necesidades teóricas señaladas por el NRC (1989) para las dietas que reciben 2,24, 1,12 y 0 kg de EMA respectivamente; por el contrario, la PNDR resultó negativa en un 24% como media en las dietas suplementadas con ensilado de maíz y 33,7% cuando no lo reciben. Estas diferencias son debidas a la mayor producción láctea de las vacas no suplementadas con EMA y a la menor degradabilidad protéica de éste último.

Como índice estimativo en la síntesis de proteína microbiana se determinó la relación Nitrógeno Degradable en Rumen ingerido (NDR_i) por MJ de Energía Metabolizable consumida (EM_c), apareciendo diferencias significativas entre tratamientos. Dicha relación resultó ser 1,58; 1,62 y 1,72 g de NDR_i /MJ de EM para las vacas que reciben 2,24, 1,12 y 0 kg de ensilado de maíz respectivamente, superiores a 1,25 señalado por el ARC (1980). A la vista de estas relaciones, cabe pensar en menores pérdidas de nitrógeno (N) en orina y heces, por lo tanto mayor síntesis de proteína microbiana. Además, la concentración de urea sérica en vacas que reciben ensilado de

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

maíz es menor (Salcedo, 1997a), Holden et al., (1995), Gagliostro et al., (1996) y, contrarias a las señaladas por Rearte et al., (1990), imputables posiblemente a una menor concentración de N-amoniacal a nivel ruminal.

La ingestión de los carbohidratos estructurales (Fibra Ácido y Neutro Detergente) fueron diferentes entre tratamientos y años, (Cuadro 6). El menor correspondió a las vacas no suplementadas con ensilado de maíz, imputable a diferencias en la ingesta de materia seca, no viéndose alterado el porcentaje graso de la leche (Cuadro 7) por la mayor cantidad de FND ingerida (Cuadro 6).

2.2.1.2.- Producción y composición química de la leche

El añadir un forraje que aporte energía fermentable a dietas de vacas lecheras en pastoreo, entre otros, tiene como objetivo incrementar el consumo de almidón y, mejorar las condiciones medioambientales del rumen; de esta forma, puede modificarse la producción y composición química de la leche.

Las producciones medias de cada tratamiento (Cuadro 7), fueron de 22,8; 19,8 y 24,2 kilos para los tratamientos 2,24; 1,12 y 0 kg de EMA respectivamente. En este sentido, Rogers et al., (1979) no observan incrementos de producción láctea cuando suplementan ensilado de maíz a vacas en pastoreo. Sin embargo, autores como Stockdale (1997b) señala aumentos de producción con el aporte de ensilado de maíz a vacas en pastoreo, aunque, cuando sustituye parte de aquel por concentrados energéticos o protéicos los efectos no son concluyentes. De igual forma, Rearte et al., (1990) con vacas en media lactación y suplementadas con 6 kg de concentrado, administrados en una o dos tomas, aprecian diferencias significativas en aquellos animales que reciben ensilado de maíz y dentro de éste, cuando el reparto se realiza en dos tomas; ésto puede tener su origen en una mayor disposición de esqueletos carbonados para síntesis microbiana.

La mayor producción de leche observada en las vacas no suplementadas con ensilado de maíz pueden tener su origen en la mayor digestibilidad del N y energía del pasto, tal y como resumen Rogers et al., (1979). Por su parte, Phillips, (1988) señala que el ofrecer ensilado de menor o igual calidad que el pasto, da lugar a una depresión de la producción de leche; por contra, si el ensilado es de alta calidad como el pasto, Bryant (1978) aprecia un incremento cuando aquel es incluido en la dieta, aunque si bien, Bryant y Donnelly (1974) observan efectos contrarios. En dietas típicas de New Zeland para vacas lecheras en pastoreo (Campbell et al., 1978) señalan que el ensilado de maíz

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

representa el 20% del total de la materia seca consumida; a pesar de ello, no se ve incrementada la producción de leche, aunque sí, la persistencia de la lactación. La producción media de leche por vaca en el período estudiado (180 días) fue 4071, 3528 y 4314 kilos para los tratamientos 2,24; 1,12 y 0 kg MS vaca y día de ensilado de maíz respectivamente.

La eficiencia en la producción de leche expresada en kg de leche por kg de materia seca de pasto disminuye con la adición de ensilado de maíz (Cuadro 7), coincidentes con Stockdale et al., (1981).

La producción de leche por kg de MS de EMa fue 15,32% superior en el tratamiento 2,24 (Cuadro 7) que con 1,12 kg de EMa; por el contrario, los kg de leche por Kg de MS del pasto fue superior (14,3%) con la dieta que no incluye ensilado de maíz, superiores éstas últimas a las obtenidas por Stockdale (1996) en praderas a base de trébol blanco e inferiores en praderas de raigrás inglés.

Algunos de los componentes de la leche sufrieron modificaciones significativas según el nivel de suplementación. Para el porcentaje de grasa no se observaron diferencias, contrario a lo apreciado por Rearte et al., (1990) cuando adiciona 6 kg de MS de EMa a vacas en pastoreo; por contra, Stockdale y Beavis (1994) aprecian un aumento de grasa en dietas basales de forraje verde de pradera y ensilado de maíz finamente picado a vacas lecheras. Por su parte, Stockdale y Beavis, (1994) observan un menor contenido de grasa cuando suplementan ensilado de maíz a vacas en pastoreo, aunque sin diferencias significativas. Los trabajos de Bryant, 1978; Rogers y Robinson, (1980) utilizando ensilado de hierba de buena calidad, aprecian un descenso en el contenido graso de la leche.

La proteína de la leche fue el componente que resultó más beneficiado con la adición de 2,24 kg de EMa (Cuadro 7). Para todos los tratamientos, el menor porcentaje se registró durante los meses de verano, atribuible al descenso de valor nutritivo del pasto y entre dietas, la mayor producción de leche y una menor disponibilidad de almidón en panza en la ración no suplementada con EMa, coincidentes con Rearte et al., (1990), Stockdale y Beavis (1994); pero no, a la deficiencia en proteína bruta de la dieta como señala Phillips, (1988) al suplementar ensilado de hierba a vacas en pastoreo, aunque Rogers et al., (1979) señalan un incremento en la digestibilidad del N cuando añade EMa a vacas en pastoreo.

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

2.2.2.- Suplementación con maíz deshidratado a vacas lecheras en pastoreo

En la Cornisa Cantábrica, la hierba de pradera representa durante gran parte del año, uno de los recursos forrajeros más importantes y baratos en las dietas basales para vacuno lechero. La buena relación entre el precio de la leche y el de los cereales está favoreciendo un mayor grado de suplementación con concentrados (Peyraud y González, 2001), originando un descenso en el consumo de energía procedente del pasto. Por lo tanto, es importante determinar la cantidad y tipo de suplemento en los sistemas de producción de leche basados en pastoreo que contribuya a mejorar el balance nutritivo (Polan y Wark, 1997) y la economía de la explotación.

Si como es deseable, la hierba es consumida con alta digestibilidad, cabe pensar en elevados contenidos de proteína bruta, a su vez, muy degradable (González, 1997; Salcedo, 2000a) y, relativo contenido en energía metabolizable (Salcedo, 2000b), lo que origina un desequilibrio nutricional a nivel ruminal. Este desfase entre la proteína y la energía modifica la relación Nitrógeno Degradable en Rumen por Megajulio de Energía Metabolizable, acumulándose elevadas cantidades de amoníaco en panza (Broderick y Clayton, 1997); baja conversión de N alimenticio en N leche (Cresman et al., 1980); modificaciones en la producción y composición química de la leche (Hermansen et al., 1999); problemas de contaminación medioambiental (Kristensen et al., 1998); reducción en el suministro de aminoácidos al intestino delgado; incrementos en los niveles de nitrógeno no proteico de la leche (Mangan, 1982b) y de urea a nivel sanguíneo (Salcedo, 2002b).

El exceso de proteína puede ser convertida rápidamente a amoníaco en el rumen, y sólo el 30% del N amoniacal producido es incorporado como N microbiano y, parte del resto, es absorbido a través de la pared ruminal transformado en urea por el hígado (Beever, 1993), una conversión que le supone al animal 12 Kcal/g de N (Van Soest, 1994c).

Las soluciones aportadas para incrementar la utilización del N alimenticio varían desde el aporte de carbohidratos fácilmente fermentables (Keady et al., 1998a); porcentaje de concentrado en la ración (Gonda et al., 1996); adición de forrajes de alto contenido en almidón (Stockdale, 1995; Salcedo 1999); suministro de fuentes proteicas de baja degradabilidad (Wright et al., 1998) ó por sincronizar las fracciones rápidamente degradables del almidón y proteína (Herrera y Saldana et al., 1990).

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

Salcedo (2002a) desarrolló un experimento con veinticuatro vacas lecheras desde el 9 de marzo al 6 de noviembre, para evaluar los efectos de la adición de maíz deshidratado (MD) con tres fuentes de proteína (FP) en condiciones de pastoreo rotacional, sobre la producción y composición química de la leche durante tres períodos experimentales de 80 días, en un diseño experimental cruzado. Las dosis de MD ensayadas fueron 4, 2 y 0 kg vaca y día. Cada una de las fuentes de proteína –harina de girasol (CG), harina de soja (CS) y harina de pescado (CP)- iba incluida en 2,65 kg de materia seca de concentrado por vaca y día. Los resultados son descritos a continuación desde los aspectos de la ingestión de materia seca, utilización de nutrientes, producción y composición química de la leche.

2.2.2.1.- Consumo de materia seca

El consumo de materia seca fue superior con la adición de 4 kg de MD (Cuadro 8), e independientemente de la fuente de proteína incluida en el concentrado y período experimental. Para el MD, el mayor consumo es atribuido al aumento del porcentaje de materia seca final de la dieta, 28,5%; 25,2% y 22,9% para 4, 2 y 0 kg de MD respectivamente, dando lugar a una reducción de 0,34 con 0 kg de MD y 0,27 kg de MS por cada unidad porcentual en el contenido de materia seca por debajo de 28,5%, coincidentes con Vérité y Journet (1970) para vacas lecheras alimentadas con hierba de pradera, quienes señalan descensos de 0,34 kg de MS por cada unidad porcentual inferior al 18% en el contenido de materia seca.

La ingestión de fibra neutro detergente (FND) para el tratamiento que no incluye MD, resultó significativamente menor ($P < 0,05$) respecto a 2 y 4 kg de MD, sin diferencias entre fuentes de proteína (FP), atribuible al mayor contenido de FND de la hierba durante el segundo y tercer período. En cualquier caso, los porcentajes de FND en la materia seca de las diferentes dietas resultaron mayores del 35% sugerido por Mertens (1992), como óptimo para estimular el máximo consumo. La tasa de sustitución fue 0,49 y 0,46 kg de MS de pasto por kg de MD para de 4 y 2 kg de MD respectivamente, coincidente con Stockdale (1997a) y Salcedo (1999) cuando suplementan ensilado de maíz a vacas lecheras en pastoreo. Tasas de sustitución superiores a 1,0 pueden reflejar mayor tiempo de retención en el rumen y, una reducción de la tasa de paso a través del retículo-rumen (Ferris et al., 2000).

El consumo de energía metabolizable incrementó significativamente con la inclusión de MD (Cuadro 8), sin variación en la concentración energética de las dietas,

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

con valores medios de 10,82; 10,87 y 10,9 MJ/kg MS para 4, 2 y 0 kg de MD respectivamente, sin diferencias entre fuentes de proteína y período experimental. La ingestión de proteína bruta no fue diferente respecto a la cantidad de MD y FP aportada; en cualquier caso, los consumos aquí obtenidos resultaron superiores a las necesidades teóricas señaladas por el NRC (1989).

2.2.2.2.- Utilización de los nutrientes

La diferencia de energía metabolizable ingerida por día respecto a 0 kg de MD fue de +19 y +10 MJ/d para 4 y 2 kg de MD respectivamente, induciendo una producción de energía bruta en la leche (Tyrrell y Reid, 1965) mayor con 4 kg de MD, sin diferencias entre 2 y 0 kg de MD. Así, la variación de la energía bruta producida en leche durante 242 días de experimento, siempre respecto a 0 kg de MD, fue 1577 y 365 MJ para 4 y 2 kg de MD respectivamente.

A partir de la energía bruta producida en la leche, se estimó la eficiencia de utilización de la energía metabolizable ingerida, obteniéndose los mejores resultados con 2 kg de MD y harina de soja, sin diferencias para el MD (Cuadro 8). Suponiendo constante la EM para mantenimiento y el coeficiente de eficacia para la producción de leche (k_l), los resultados obtenidos por MJ adicional de EM ingerida respecto al tratamiento 0 kg de MD fue 0,34 y 0,15 MJ de leche con 4 y 2 kg de MD respectivamente, coincidentes a los valores de 0,25 y 0,30 MJ señalado por (Agnew et al., 1998) e inferiores a 0,56 obtenido por Gordon et al., (2000) en vacas lecheras de alto mérito genético al principio de lactación en pastoreo. Posiblemente esta diferencia en la utilización de la EM, pudo contribuir a la mayor ganancia de peso vivo con 4 y 2 kg de MD, visto que la equivalencia teórica en producción de leche debida a la EM fue 556 y 519 kg para 4 y 2 kg de MD respecto a 0 kg de MD, cuando la producción real fue 610 y 490 kg de leche para 4 y 2 kg de MD respectivamente. Otro aspecto que puede explicar la menor ganancia de peso vivo alcanzado en la dieta no suplementada con maíz deshidratado, es la semejanza en las pendientes de las ecuaciones cuando se relaciona la EM ingerida respecto a la eficiencia en la utilización de la EM, a pesar del mayor consumo de EM en las vacas que reciben 4 y 2 kg de MD (Figura 1).

En dietas exclusivamente a pasto, el consumo de proteína resulta elevado, eliminándose gran parte a través de la orina y menos en la leche (Argamentería et al. 1993; Salcedo, 2000b), esto sugiere, según Argamentería et al., (1993) una deficiente síntesis de proteína microbiana, por añadidura menor eficiencia en la conversión de

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

proteína alimenticia a proteína láctea. En el presente experimento, tanto la fuente de proteína como el MD afectaron sobre positivamente sobre la citada eficiencia (Cuadro 8). Para el conjunto de datos, el N ingerido fue la variable que más explicó la variación de la eficiencia (Figura 2), coincidente con Dinn et al. (1998). El mayor porcentaje (22,2%) obtenido con 4 kg de MD ($P < 0,05$) es atribuido en parte, al diferente ritmo de degradación horaria de la materia seca del maíz $0,062 \text{ h}^{-1}$, frente a $0,122$, $0,106$ y $0,132 \text{ h}^{-1}$ de la hierba del primero, segundo y tercer período respectivamente (Salcedo, 2000a), lo que pudo incrementar el tiempo de retención del forraje en el rumen, llevándose a cabo una digestión más completa (Ferris et al., 2000), afectando la relación NDR/MJ de EM con la inclusión de maíz, menores con 4 kg de MD, sin diferencias entre fuentes de proteína, como lo corrobora las menores concentraciones de nitrógeno amoniacal, urea en leche y suero sanguíneo. En cualquier caso, la relación NDR/MJ de todos los tratamientos resultaron superiores a los señalados por el ARC (1980) de $1,25 \text{ g}$ de NDR/MJ de EM para optimizar la síntesis de proteína microbiana.

2.2.2.3.- Producción y composición química de la leche

La producción de leche mejoró significativamente con la inclusión de MD en $0,48 \text{ kg}$ (4 vs 2 kg), $2,54$ (4 vs 0 kg) y $2,06$ (2 vs 0 kg), con diferencias entre fuentes de proteína (Cuadro 9). La respuesta en kilos de leche por kg de MD fue de $0,62$ (4 vs 0), $0,24$ (4 vs 2) y $1,03$ (2 vs 0), aunque la eficiencia bruta (kg de leche/kg de MS ingerida) no difiere entre las dosis de MD ensayadas, con valores medios de $1,26$; $1,22$ y $1,27$ para 4, 2 y 0 kg de MD respectivamente y sí, entre fuentes de proteína, superior con harina de soja, imputable a la mayor producción láctea.

Phillips (1988), señala que ofrecer ensilado de maíz de menor o igual calidad que el pasto, origina una depresión en la producción de leche; por contra, si es de alta calidad como el pasto la producción incrementa (Bryant, 1978), hecho apreciado en el presente trabajo con maíz deshidratado, donde la digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica fue 74% , muy lejos del $63,5\%$ del pasto. No obstante, desde el punto de vista nutricional, no se encontró ninguna variable nutritiva que relacionase tal diferencia de rendimiento en leche, por lo que cabe pensar en una acción global que actúe sobre las condiciones medioambientales del rumen y los productos finales de la digestión ruminal y absorción intestinal.

El porcentaje graso de la leche no fue modificada por la inclusión de MD, imputable al semejante consumo de FND, pero sí, según la fuente de proteína, menor

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

con harina de girasol. Por su parte, Portela (2000) señala que el impacto de la proteína alimenticia sobre la concentración de grasa en la leche, no está del todo claro; sin embargo, la producción diaria de grasa fue significativamente mayor con 2 kg de MD y harina de soja, imputable a la mayor producción de leche. Davis y Brown (1970), señalan descensos en el porcentaje graso de la leche cuando se aumenta el consumo de almidón, esto se debe a una modificación del patrón de fermentación ruminal; en el presente trabajo, el mayor consumo de almidón con 4 kg de MD, no reflejó una disminución en el porcentaje de grasa, aunque sí, menor concentración de ácido acético a nivel ruminal, sin que ello pudiera afectar a la actividad celulolítica, a la vista de los pH ruminales obtenidos. Los trabajos de Holden et al. (1995) y Salcedo (1999) no señalan mejoras significativas en el contenido graso de la leche con añadir ensilado de maíz a vacas en pastoreo; por el contrario, Stockdale y Beavis, (1994) aprecian descensos no significativos cuando suplementan con ensilado de maíz a vacas lecheras en pastoreo.

El contenido proteico de la leche no mejoró con el aporte de maíz deshidratado ó fuente de proteína (Cuadro 9); por el contrario, la concentración de urea en leche descende a medida que se incrementa el aporte de MD, siendo aquella de 178,4; 191,6 y 272,4 mg/l para 4, 2, y 0 kg de MD respectivamente, sin diferencias entre la fuente de proteína incluida en el concentrado. Este descenso significativo de la urea, cabe suponer incrementos de proteína verdadera en la leche (> contenido de caseína, no determinada en el presente experimento), atribuible a una mayor síntesis de proteína microbiana (Broderick y Clayton, 1997), como lo corrobora, la mayor eficiencia en la utilización del N alimenticio y la menor concentración de N-NH₃ del rumen con 4 kg de MD. Por su parte, Costumier (1996) indica que altos contenidos de urea en leche pueden ser originados por un desequilibrio nutricional entre la proteína bruta y la energía de la dieta y en particular, al exceso de proteína degradable en rumen, señalando niveles aceptables de urea los comprendidos entre 240 y 330 mg/l. La adición de MD mejoró el equilibrio entre el NDR y la EM, incrementándose la proporción molar de ácido propiónico, el cual, influye sobre la entrada de glucosa por el tejido esplácnico que incrementa la insulina en sangre (Portela, 2000). La concentración de glucosa en sangre (Cuadro 9) fue superior con 4 kg de MD, imputable al mayor consumo de energía metabolizable ó bien de almidón que pudo favorecer la lipogénesis en el tejido adiposo, y aumentar la

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

glucogénesis como lo demostró la mayor ganancia de peso obtenida con esta cantidad de maíz deshidratado aportado.

La mejora del equilibrio nutricional también reflejó diferencias en la concentración de urea en sangre con la inclusión de MD y fuente de proteína, imputable al descenso de N-NH₃ en rumen.

Las concentraciones de urea en leche y urea sangre, reflejaron una estrecha correlación (Figura 3), coincidente con Salcedo (2000c) en trabajos previos con vacas lecheras en pastoreo y suplementadas con 4,5 kg de concentrado de diferente fuente de proteína y degradabilidad ruminal.

El contenido de lactosa se vio afectado por la inclusión de MD y fuente de proteína. Entre los diferentes tratamientos, tanto las concentraciones de lactosa en la leche como las de glucosa en sangre fueron mayores con 4 kg de MD, con valores de 4,82% y 62,69 mg/l respectivamente, imputable a la mayor concentración de propiónico, como consecuencia de un mejor equilibrio a nivel ruminal en la relación NDR/MJ de EM, contrario a lo observado por Clark et al., (1977) y, coincidente con Knowlton et al., (1998) cuando infundan almidón directamente al rumen de vacas lecheras al principio de lactación.

2.2.3.- Suplementación con ensilado de hierba a vacas lecheras en pastoreo

En la mayoría de las explotaciones de vacuno de leche del norte de España la ración forrajera es administrada en la estabulación mediante siega ó aprovechada a diente (pastoreo). Durante la primavera-verano, la hierba es suministrada a los animales por el día y el ensilado de hierba por la noche. Este sistema contribuye a incrementar la carga ganadera por recolectar mayor cantidad de hierba por unidad de superficie, aunque ésta sea de menor digestibilidad y por añadidura de valor nutritivo (Sarmiento et al., 1996). Este sistema da lugar a una disminución en la eficiencia de utilización de la energía metabolizable del pasto (kg de leche/kg de materia seca de hierba) (Phillips, 1989); además, la suplementación con ensilado de hierba ejerce un efecto de sustitución sobre la ingestión de la materia seca total (Meijs y Hjoesktra, 1984). Sin embargo, Phillips y Leaver (1985) señalan que este sistema parcial de alimentación promete una eficiente utilización de la hierba pastada, al mismo tiempo que aumenta el consumo de hierba verde más ensilado.

Cuando el ensilado de hierba es de menor o similar calidad que el pasto, su inclusión en la dieta generalmente reduce la producción de leche respecto a los sistemas

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

a pastoreo exclusivamente; por el contrario, si el ensilado es de mayor calidad que el pasto, su inclusión puede incrementarla (Phillips, 1988).

Los estudios de Mayne, (1995) demuestran que cuando las vacas son alimentadas con ensilado de hierba y tienen un acceso al pasto de 3-4 horas diarias durante el otoño, incrementa la producción de leche en 2 kg, disminuyendo en 4,2 kg de MS el consumo de ensilado; por el contrario, Argamentería et al., (1996) aprecian incrementos de 1,1 kg de leche en vacas múltiparas cuando son alimentadas con pasto y suplementadas con ensilado de hierba, pero no en primíparas.

En un experimento realizado en el I.E.S. “La Granja” (Salcedo, 2002c), investigó los efectos de la sustitución del tiempo de pastoreo por ensilado de hierba a dos niveles de suplementación con concentrados en vacas lecheras durante el pastoreo de primavera, sobre la ingestión de nutrientes, producción y composición química de la leche. En dicho experimento se utilizaron veinte vacas lecheras divididas en cuatro grupos de cinco, adjudicándose a cada uno los siguientes tratamientos: *pastoreo parcial* [12 h de pastoreo, (PP)] + 2 kg de concentrado + ensilado de hierba a voluntad en la modalidad de rotopacas; *pastoreo parcial* [12 h de pastoreo, (PP)] + 4 kg de concentrado + ensilado de hierba a voluntad; *pastoreo completo* [19 h de pastoreo, (PC)] + 2 kg de concentrado mezclados con 2 kg de materia seca de ensilado de maíz y [19 h de pastoreo, (PC)] + 4 kg de concentrado mezclados con 2 kg de materia seca de ensilado de maíz. Los resultados más significativos son descritos a continuación.

2.2.3.1.- Ingestión de materia seca

El consumo total de materia seca en pastoreo parcial (PP) fue superior y entre dosis de concentrado, mayor con 4 kg (Cuadro 10), imputable al aumento en el porcentaje de materia seca final de la dieta, 22,5% vs 19,9% en PP y PC respectivamente. El menor porcentaje de materia seca en PC originó una depresión en la ingesta de 0,35 kg de MS por unidad porcentual más allá del 19,9% de la materia seca, coincidente con Véritè y Journet (1970) para vacas lecheras alimentadas con hierba de pradera, quienes señalan descensos de 0,34 kg de MS por unidad porcentual inferior al 18% en el contenido de materia seca de la dieta. Otra causa del mayor consumo en PP, puede atribuirse al suministro de los forrajes por separado (Phillips, 1988).

La ingestión de fibra neutro detergente fue mayor en PP, imputable a la mayor concentración de fibra en el ensilado de hierba; sin variaciones importantes entre dosis de concentrado; apreciándose diferencias significativas entre el tipo de pastoreo y los

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

kilos de concentrado administrados (Cuadro 10). En cualquier caso, el porcentaje de FND en la materia seca fue 47,5% y 43,3% para PP y PC respectivamente, sin diferencias entre dosis de concentrado y superiores al 35% sugerido por Mertens (1992) como el óptimo para maximizar la ingestión de materia seca. La tasa de sustitución para PP fue 0,37 kg de materia seca de ensilado por kg de concentrado, sin diferencias en el consumo de pasto; por el contrario, en PC fue de 0,6 kg de MS pasto por kg de concentrado, superior a 0,40 señalado por Meijs y Hoekstra (1984) también en condiciones de pastoreo.

El consumo de energía metabolizable disminuyó significativamente con el mayor tiempo de pastoreo y el menor aporte de concentrado (Cuadro 10); sin embargo, la concentración energética por kilo de materia seca resultó semejante (10,76 MJ/kg MS).

La proteína bruta ingerida no fue diferente entre horas de pastoreo y sí, respecto a la cantidad de concentrado suministrado. A pesar del mayor consumo de proteína degradable en pastoreo parcial, la relación Nitrógeno Degradable en Rumen por MJ de Energía Metabolizable no fue significativa entre tiempos de pastoreo y dosis de concentrado. Aquella fue cercana a 2, muy lejos de 1,25 g NDR/MJ de EM señalado por el ARC (1980) para optimizar la síntesis de proteína microbiana. El mayor consumo de proteína no degradable en pastoreo parcial es imputable al aporte de 2 kg de ensilado de maíz, semejante a los resultados obtenidos por Salcedo (1999) en vacas lecheras cuando se las suplementa con 2,24 kg de MS en forma de ensilado de maíz y 2,6 kg de concentrado.

2.2.3.2.- Utilización de los nutrientes

La diferencia de energía metabolizable ingerida entre PP y PC e independientemente de la cantidad de concentrado consumido fue de +9,9 MJ/d; sin embargo, el porcentaje de energía bruta excretada en la leche sobre la energía metabolizable ingerida fue menor en PP (Cuadro 10), atribuible a la menor producción de leche, lo que cabe pensar en una menor utilización de la energía metabolizable del ensilado que la del pasto. En este sentido, Thomas, (1982) señala que el suministro que hacen los carbohidratos solubles de los ensilados para el crecimiento microbiano, es menor que con forrajes verdes, como consecuencia de las importantes transformaciones que sufren durante el proceso de ensilaje.

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

A partir de la energía bruta excretada en la leche (MJ/d), se estimó la eficiencia bruta en la utilización de la energía metabolizable ingerida (MJ/d), obteniéndose diferencias significativas entre tiempos de pastoreo y dosis de concentrado (Cuadro 10). Los mejores resultados se obtienen con 2 kg de concentrado, 52,6% y 38,5% en PC y PP respectivamente; éste último, coincidente con Roberts y Leaver (1986) con vacas lecheras en pastoreo, suplementadas con ensilado de hierba y tres kg de concentrado, aunque en nuestro experimento el consumo de energía metabolizable fue mayor.

Suponiendo constantes las necesidades de energía metabolizable para mantenimiento y el coeficiente de eficacia para la producción de leche (k_l) durante el experimento, la relación energía bruta de la leche respecto a la ingestión de energía metabolizable fue significativamente mayor en PC (Cuadro 10); sin embargo entre dosis de concentrado, resulta mayor con 2 kg tanto en PP como en PC.

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

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

En dietas exclusivamente a pastoreo, el consumo de proteína resulta elevado, eliminándose gran parte a través de la orina y menos en leche (Argamentería et al., 1993; Salcedo, 2000a). Esto sugiere, según Argamentería et al., (1993), una deficiente síntesis de proteína microbiana, por añadidura menor eficiencia en la conversión de proteína alimenticia a proteína láctea. Los resultados del balance nitrogenado no mostraron diferencias significativas en la ingestión de N y el excretado en heces según el tiempo de pastoreo, pero sí, entre dosis de concentrado (Cuadro 11); contrario a lo señalado por Rogers et al., (1979), quienes aprecian una reducción de N procedente de las heces y orina cuando el forraje añadido a la dieta de vacas lecheras está formado por hierba verde y ensilado de hierba. El N procedente de la orina fue menor en PP y 2 kg de concentrado, sin diferencias en PC e independientemente del aporte de concentrado. El N excretado en la leche no fue diferente entre dosis de concentrado (Cuadro 11), pero

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

sí, entre tiempos de pastoreo, imputable a la mayor producción de leche. El N retenido fue mayor en pastoreo parcial, atribuible al menor coeficiente de eficiencia para la producción de N en leche obtenido. Por su parte, Mayne y Laidlaw, (1995) también observan un aumento en la retención de N cuando las vacas son alimentadas con ensilado de hierba y tienen acceso al pasto durante 3-4 horas al día.

Al relacionar la eficiencia del N respecto al consumo de energía metabolizable, la pendiente de la recta fue negativa (-0,41) (Figura 5). Esto pudiera explicar en parte, la baja eficiencia del coeficiente de utilización (k_1) de los ensilados de hierba respecto a la hierba verde, a pesar de un mayor consumo de EM en PP; sin embargo, cuando se relaciona la eficiencia del N con la relación Nitrógeno Degradable en Rumen por MJ de Energía Metabolizable (NDR/MJ de EM), como un indicador del desequilibrio nutricional a nivel ruminal, el coeficiente de correlación resulta bajo ($r=-0,09$); por lo que cabe pensar en un efecto global sobre la modificación en el patrón de fermentación ruminal. De este modo, se sabe que cuanto menor es la relación acético:propiónico mayor es la eficiencia energética, aunque no cabe descartar la posibilidad del menor contenido de aminoácidos en el ensilado, como consecuencia de la proteólisis nitrogenada originada en los procesos de fermentación; en este sentido, autores como Gleen et al., (1987) atribuyen el aumento de la eficiencia de los ensilados de leguminosas por el mayor aporte de aminoácidos.

2.2.3.3.- Producción y composición química de la leche

La producción de leche fue 5,2 kg por vaca y día inferior en PP, sin diferencias significativas entre dosis de concentrado. En este sentido, la literatura se muestra contradictoria, así, Bryant (1978) y Argamentería et al., (1996) observan incrementos en la producción de leche, mientras que y Bryant y Donnelly (1974), Roberts y Leaver (1986) aprecian efectos opuestos. Por su parte Mayne (1995) observan incrementos de 2 kg de leche/d cuando las vacas tienen acceso al pasto durante 3 ó 4 h en el otoño. Conclusiones semejantes obtienen Perojo y Oregui (2001) en ovino lechero con conceder más tiempo de pastoreo.

Las respuestas en leche por kg de concentrado para PP y PC fueron 0,2 y 0,1 kg respectivamente y 0,35 kg en ambos casos cuando se expresa la producción al 4% graso. Esta escasa respuesta es atribuida en parte a la fase estacional de la curva de producción de leche y estación del año en la que se realizó el experimento (primavera), donde la oferta de hierba no fue factor limitante de consumo. Por su parte, Journet y

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

Demarquilly, (1979) revisan la suplementación de vacas en pastoreo, señalando una respuesta media de 0,3 a 0,4 kg de leche por kg de concentrado, superiores a las del presente trabajo; aunque Leaver (1982) señala incrementos de 0,6 a 0,9 cuando el consumo de hierba verde es restringido.

El porcentaje graso de la leche fue mayor en PP e independiente del aporte de concentrado, con concentraciones medias de 4,41% y 4,49% para 2 y 4 kg; por el contrario, en pastoreo completo fue mayor con 4 kg de concentrado (Cuadro 12). El descenso de grasa entre tiempos de pastoreo cabe imputarlo al menor consumo de FND y la mayor producción de leche. Conclusiones semejantes son obtenidas por Perojo y Oregui (2001) en ovejas a las que se les concede más tiempo de pastoreo. Por su parte Phillips (1988), señala que los efectos de la inclusión de ensilado de hierba en el contenido graso de la leche son variables, pero tienden a ser inversos a la producción de leche. En este sentido, Bryant (1978) y Rogers y Robinson (1980) concluyen que cuando el ensilado de hierba es de mejor calidad que la hierba ofertada, el porcentaje de grasa desciende; por el contrario, es mayor cuando la calidad del ensilado disminuye, atribuido a un mayor tiempo de retención del ensilado en panza, dando lugar a mayores concentraciones molares de ácido acético. En el presente experimento la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica del ensilado de hierba fue 61,2% vs 65,26% en la hierba, lo que supuso una digestibilidad mayor de la dieta entera con valores medios de 70,3% y 76,7% en PP y PC respectivamente (Cuadro 11).

El porcentaje de proteína entre tiempos de pastoreo fue mayor en PP, imputable a la menor producción de leche (Cuadro 12), no apreciándose correlación respecto a la ingestión de energía metabolizable. En pastoreo parcial y según la cantidad de concentrado administrado, no se observaron diferencias, con valores medios de 3,39% y 3,4% para 2 y 4 kg respectivamente y en PC fue mayor con 4 kg de concentrado ($P < 0,05$), coincidente con O'Brien et al. (1996). Por el contrario, las concentraciones de urea en leche resultaron mayores en PP, sin diferencias entre dosis de concentrado (Cuadro 12) en pastoreo parcial, lo que cabe pensar en un menor contenido de proteína verdadera de la leche producida en pastoreo completo.

2.2.4.- Suplementación con concentrados en pastoreo

Además de la digestibilidad, la ingestión de pasto está afectada por la hierba en oferta, el tipo y cantidad de concentrado, la selectividad en el pastoreo, la apetecibilidad, el tipo de especies presentes, etc. La respuesta marginal en producción

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

de leche al incrementar el concentrado de la dieta ha sido descrita como curvilínea, disminuyendo el incremento marginal en leche por kilo de concentrado a medida que éste aumenta (Kellaway y Porta, 1993). Por su parte St-Pierre (2001) encontró una regresión de tipo lineal entre la producción de leche (PL, kg/d) y el consumo de concentrado (CC, kg/d) del tipo: $PL = 22,2 + 1,03 CC$ ($r^2 = 0,95$), lo que indica una respuesta de 1,03 kg de leche por kg de concentrado.

2.2.4.1.- Consumo de materia seca

En pastoreo, la hierba ofertada es la primera limitación que tiene la vaca para ingerir alimento. En nuestra experiencia, la materia seca ofertada en el período 1991-2002 fue de 1283 kg y de 1160 kg/ha como pasto neto (Ofertas-Rechazos) y, bajo el criterio de **intensificar la pradera** (mínima suplementación de concentrados, aporte de fertilizantes e incrementos de la carga ganadera), la ingestión media diaria de materia seca fue de 14,81 kg por vaca y día; de los cuales, el 85,4% corresponde a forraje (pasto, ensilado de hierba ó maíz en épocas de escaso o nulo crecimiento herbáceo) y 14,6% de concentrado. Esto equivale a un consumo medio diario de 2,35 kg de MS/100 kg de peso vivo.

De igual forma, la ingestión de materia seca se ve influenciada por el tipo de concentrado suministrado a las vacas. Así, Meijs (1986) ofreciendo 5,4 kg MO/d de dos tipos de concentrados (alto contenido en almidón ó en fibra) a vacas lecheras, observó que 1 kg de MO de concentrado de alto contenido en almidón sustituía a 0,45 kg de MO de hierba y 0,21 para el concentrado fibroso. Esta diferencia es imputable al alto contenido en sustancias fácilmente fermentables, como azúcares solubles y almidón que tienden a descender el pH del rumen e incrementar la concentración de ácidos grasos volátiles (principalmente láctico), dando origen a una disminución de la actividad de los microbios celulolíticos, favoreciendo una menor tasa de paso de partículas fibrosas a través del retículo-rumen. Meijs y Hoekstra (1984) establecen que la sustitución de hierba por concentrados ricos en almidón es dependiente de la hierba ofertada.

Según las diferentes ecuaciones publicadas para predecir el consumo de MS atendiendo a parámetros como peso vivo y producción de leche corregida al 4% graso, las ingestiones obtenidas en nuestro estudio resultaron un 10,6% inferiores como valor medio anual a las teóricas del NRC (1989). Esta desviación entre la predicción teórica y real cabe imputarla al propio dinamismo de crecimiento del pasto (MS/ha oferta y MS/ha y día), y a la variación de su composición química entre estaciones, e incluso

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

entre pastoreos. Por otro lado, si nuestro objetivo es aumentar la eficiencia en la producción de leche mediante el aprovechamiento de la hierba, conviene llevar a cabo una rigurosa explotación de la pradera (bajos porcentajes de hierba rechazada), empleo de fertilizantes; uso de especies áptas para el pastoreo; uso racional del concentrado; reserva de parte del forraje para ensilado; agrupación de partos;, etc. Evidentemente la materia seca rechazada difiere entre meses, durante la primavera avanzada (mayo-junio) los crecimientos de hierba son elevados (hasta 110 kg MS/ha en el mes de mayo), permitiendo mayores tiempos de pastoreo y una ingestión diaria de pasto algo más fibroso, por añadidura de menor contenido energético. El que la materia seca ingerida sea mayor por la cantidad de hierba en oferta, genera una mayor producción de leche de alto contenido en grasa.

El incremento en el porcentaje graso de la leche tiene su origen en unos mayores consumos de FND (> formación de ácido acético en panza) y de movilizar grasa corporal cuando sea requerida, aunque sin disminuir la condición corporal por debajo de 2,5 puntos. En nuestro sistema de producción de leche, la movilidad de grasa corporal es interesante a veces y bajo determinados aspectos, puesto que cuando las vacas ingieren nutrientes por encima de sus necesidades, parte de los mismos son destinados a la formación de grasa corporal y cuando esto sucede, es interesante que contribuya a la producción de leche; además, se intensifica la pradera, permitiendo una mayor reserva de forraje para ensilar como consecuencia de la menor cantidad de pasto diario ofertado.

2.2.4.2.- Consumo de energía

En pastoreo, la ingestión diaria de energía procedente del pasto se sitúa muy al límite respecto a las necesidades teóricas para una producción de 25 kilos de leche. Esto no quiere decir que la concentración energética del pasto sea baja, si no que dicha limitación tiene su origen en la ingesta de forraje, señalada anteriormente. Además, el contenido de agua del pasto ejerce un factor anticonsumo, deprimiéndose el consumo voluntario de materia seca (en nuestro experimento el factor anticonsumo medio a lo largo de la estación de pastoreo fue de 3,38 kg de materia seca, con máximos de 3,48 durante los primeros 100 días de lactación, coincidiendo con la primavera y mínimos de 3,16 kg en verano); por lo tanto, el objetivo será ofrecer forraje cuya materia seca contenga la mayor concentración de nutrientes, que sólo será posible con pasto joven de alta digestibilidad. La diferencia de consumo energético entre meses resulta significativa y entre fases de lactación (Cuadro 13). En primavera, el mayor ingreso es

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

debido a un máximo de hierba ofertada; en otoño, por la suplementación con ensilado, pese a que en estas fechas las vacas se encuentran al final de la lactación (< producción de leche) y la eficiencia para ganar peso es mayor. Además, las respuestas de concentrado expresadas en litros/kg disminuyen ampliamente.

Cuando se formulan raciones a vacas lecheras, debe tenerse en cuenta que los factores metabólicos (energía) no prevalezcan sobre los físicos o de llenado (fibra); de esta forma, se consiguen ingestiones y producciones altas. Mertens, (1983) señala como valor óptimo el 40% en forma de FND sobre materia seca de la dieta. En pastoreo rotacional y con mínima suplementación de concentrados se consigue pocas veces, salvo al principio de la primavera y durante el otoño, atribuido al propio dinamismo en el crecimiento de la pradera mencionado anteriormente. Así, los valores medios alcanzados a lo largo de la lactación son del 54%, equivalente a un consumo medio diario de 8,06 kg, con máximos de 8,67 kg durante el período seco y mínimos de 7,27 kg en la primera fase de la lactación coincidiendo con la primavera. En este sentido, la elección en la composición elemental del concentrado tiene mucha importancia en este sistema de producción de leche. Sabemos, que el pasto es un alimento muy protéico y para balancearlo deben confeccionarse concentrados energéticos (1,99 - 2,10 Mcal de ENI/kg MS) con un contenido medio en proteína (13-15% sobre materia seca). ¿Por qué tan energético?, en primer lugar para cubrir el déficit de energía del pasto (debido al menor consumo de materia seca anteriormente mencionado) y en segundo, suministrar a los microbios ruminales carbohidratos fácilmente fermentables para su desarrollo; de esta forma, se favorece una mayor degradación de fibra y un rápido vaciado ruminal, dando lugar a una mayor ingestión de materia seca. Esta circunstancia llevará concatenada una reducción en la acumulación de N amoniacal en panza, incrementándose la síntesis de proteína microbiana de alto contenido aminoacídico. Aunque no hay que olvidar que altos aportes de carbohidratos ricos en azúcares y almidones deprimen la actividad de los microbios fibrolíticos y provocan acidosis en rumen (descenso brusco de pH).

Con ánimo de intensificar más la producción de leche en pastoreo (mayores aportes de concentrado) Salcedo, (1995) llevó a cabo una experiencia encaminada a estudiar los efectos sobre la producción y composición química de la leche así como los márgenes sobre concentrados con dosis crecientes de concentrados (5, 2,5 y 0 kg cabeza y día) durante toda la lactación. Para tal efecto se dispuso de veinticuatro vacas con

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

partos agrupados a la salida del invierno distribuidas en tres lotes de ocho. Los resultados figuran en los Cuadros 14 y 15.

En el Cuadro 15 puede apreciarse que cada kg de MS de concentrado para el tratamiento de 5 kg sustituye 0,55 kg de MS de pasto y 0,60 kg con 2,5 kg de concentrado. El hecho más significativo, fue el incremento de proteína en 10,56% y 5,63% con 5 y 2,5 kg respectivamente con respecto a la dieta cero que no incluye concentrado. La producción de leche fue mayor con la dosis de concentrado más alta; por el contrario, las respuestas en leche por kilo de concentrado resultan cuadráticas (mayores con 2,5 kg de concentrado por vaca y día), con un valor medio de 0,83 y 1,17 kg de leche/kg de concentrado para las dosis de 5 y 2,5 kg respectivamente.

El Cuadro 15 señala la eficacia para la producción de leche en cada uno de los tratamientos, obteniéndose un 34,1% y 22,5% para los tratamientos que incluyen 5 y 2,5 kg de concentrado respectivamente con relación a la dieta cero. Siguiendo en esta línea, González (1996) señala que en Galicia el consumo de concentrados es muy elevado, con una relación de costes pasto:forraje conservado:concentrado de 1:2:4, indicando que la dependencia en forrajes de explotaciones líderes no llega a ser del 20% de la ración, excluyendo el mantenimiento del animal, y aunque las explotaciones presentan buenos márgenes brutos, ya que la relación precio leche/concentrado es de 1,2 a 1,8, sin embargo los mayores márgenes netos los presentan aquellas explotaciones que hacen un mayor uso de sus recursos forrajeros propios y un uso racional de los concentrados (Barbeito, 1995). De igual forma (Thomas, 1991) señala, que en explotaciones del este de Escocia, los mejores márgenes brutos de producción de leche se obtienen con una aportación moderada de concentrado equivalente a 800 kg/vaca y año.

En ensayos de producción de leche en pastoreo, Argentería et al., (1995), obtienen producciones de 3.616 kilos en vacas lecheras a cero concentrado, con valores medios en la composición química de la leche de 3,92%, 3,07% 4,73% y 8,49% para grasa, proteína, lactosa y sólidos no grasos respectivamente. Estos mismos autores señalan que el valor nutritivo de la hierba de pradera permite producciones máximas de 25 kilos de leche vaca y día, correspondientes a 4.500 kilos por lactación sin necesidad de pienso compuesto complementario. Además, señalan que para producir leche en base a pastoreo deben utilizarse vacas que no rebasen ese potencial de producción, pues de lo contrario, pierden excesiva condición corporal, que solamente puede ser recuperado con ayuda de concentrados. Como conclusión, señalan que manteniendo cargas de 2,3 vacas

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

lecheras por hectárea, un correcto manejo del rebaño y la fertilización no interesa rebasar 5 kg de concentrado por vaca y día, puesto que, cantidades mayores inducen rechazos de pasto; pues bien, con estas premisas de manejo, las producciones finales son 5.764 kilos con un contenido de grasa, proteína, lactosa y sólidos no grasos de 3,58%, 3,16%, 4,83% y 8,66% para los mismos componentes señalados anteriormente.

Comparando nuestros resultados con los de Argamentería et al., (1995), para vacas que no reciben concentrado durante toda la lactación, apreciamos un descenso en la proteína de 8,09%, en los sólidos no grasos 6,92% y en lactosa 7,01%; sin embargo, la producción de leche difiere en +631 kilos por vaca y año. Los mejores resultados de aquellos en cuanto a la composición química de la leche pueden ser imputables a la menor producción de leche, pero cuando se compara con respecto a la suplementación de 5 kg, la producción de leche de nuestro experimento fue inferior en 361 litros.

En cualquier caso, en pastoreo los mejores márgenes brutos se alcanzan con 680 kg de concentrado, coincidentes con lo señalado por (Thomas, 1991).

2.2.4.3.- Carbohidratos

2.2.4.3.1.- Estructurales

Lafuente Lechuga (1989) define la fibra como aquellas propiedades de los alimentos que limitan la digestión, requieren de la rumia para reducir su tamaño y necesitan espacio físico en el tracto digestivo, originando una reducción en la ingestión de alimento.

Welch y Smith (1969) señalan que el tiempo de masticado está altamente correlacionado con la proporción de fibra neutro detergente del forraje. El contenido total de pared celular (FND) de un forraje o de una ración, es un buen indicador del consumo voluntario de forraje (Van Soest et al., 1978) y Mertens (1983) propone un consumo de FND equivalente a 1,1-1,2% por cada 100 kg de peso vivo (6,6 a 7,2 kg de FND para una vaca de 600 kg de peso vivo) para maximizar el consumo voluntario de materia seca y la producción de leche.

En condiciones de pastoreo esta proporción suele ser variable, debido a las oscilaciones de FND del propio pasto; de esta forma, los porcentajes durante los meses de primavera y verano se sitúan en 1,26, semejantes a los propuestos por Mertens (1983) incrementándose hasta 1,3 durante el otoño (además de pasto las vacas son suplementadas con ensilado de hierba recolectado en primavera la primavera temprana (Abril), de superior contenido en FND); elevándose hasta 1,32 durante el período seco; en esta fase,

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

las dietas están formadas por ensilado (segundo corte en el mes de Mayo) y heno de hierba. Aunque los porcentajes de FND/100 kg de peso vivo resulten similares a los señalados por Mertens (1983), el consumo de materia seca total difiere ampliamente, puesto que la proporción de concentrado incluido en la dieta es inferior.

La razón por la que año tras año la cantidad de FND ingerida sea mayor, es atribuida a la variación botánica de la pradera; parte del *Lolium perenne* ha sido sustituido por *Holco lanatus*, especie de mayor contenido en fibra.

Por meses, el mayor consumo se localiza durante el período seco de las vacas (invierno); por contra, el mes que falta fibra en la dieta coincide con la salida al pasto (Marzo), con un valor medio 1,15% de FND/100 kg de peso vivo.

2.2.4.3.2.- Carbonhidratos no fibrosos (CNF).

Los carbohidratos no fibrosos (CNF) de los alimentos pueden ser estimados mediante la expresión: $CNF = 100 - (\text{fibra neutro detergente} + \text{proteína bruta} + \text{cenizas} + \text{extracto etéreo})$ (Stern et al. 1994).

Por su parte, Nocek y Russel, (1988) proponen una relación CNF:FND de 0,9 a 1,2 para maximizar la producción de leche y Jimeno (1995), señala que el nivel de CNF deseable en raciones para vacas lecheras debe situarse entre el 35 y el 40% sobre materia seca. En pastoreo esta relación es muy difícil conseguirla (salvo mayor aporte de concentrado), sobre todo en verano (pastos más lignificados) o invierno (alimentación con ensilados). En nuestras condiciones encontramos diferencias entre meses; así, en primavera (Marzo a Mayo) se sitúa cerca del 22% en base a la materia seca de la ración, descendiendo en verano hasta 16,6%, atribuible a factores químicos (mayor contenido en FND y un descenso de la proteína bruta del pasto) y de crecimiento de hierba (menor cantidad de materia seca en oferta). El descenso de CNF de la dieta durante este período lleva aparejada una reducción de la producción lechera y contenido protéico de la leche, puesto que los CNF son fermentados más rápidamente en rumen y conducen a la formación de ácido propiónico, que es más eficaz energéticamente que el ácido acético, favoreciendo la formación de glucosa para utilizar como precursor de cadenas de aminoácidos (aumento de proteína en leche). Así, Balch y Argamentería (1994) concluyen, que el descenso de proteína láctea que ocurre durante los meses de verano (Julio - Agosto) en la zona norte de España puede tener su origen en un problema alimenticio. En nuestras condiciones los porcentajes de proteína resultan inferiores en los meses de Junio y Julio

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

(Figura 8); por el contrario, durante los meses de otoño la proporción resulta intermedia (18,5%) entre la primavera y verano.

2.2.4.4.- Proteína bruta

El racionamiento protéico de las vacas lecheras ha tenido grandes avances en los últimos años, sobre todo en cuanto a la disponibilidad y calidad de la proteína absorbida en el intestino para síntesis de proteína en leche. La suplementación con proteína no degradable en rumen (PNDR) está justificada, porque las vacas de alta producción requieren más proteína que la proporcionada por los microbios ruminales, aunque a veces, la síntesis de proteína microbiana se ve reducida por la sustitución de fuentes de menor degradabilidad que deprimen la adecuada disponibilidad de N a los microbios ruminales (Aldrich et al., 1993).

En la Cornisa Cantábrica, la hierba de pradera representa el recurso forrajero más importante en la dieta del vacuno lechero durante la mayor parte del año, que contribuye a cubrir parte de las necesidades de proteína. Cuando se aprovecha en pastoreo, el contenido proteico es alto (Stakelum, 1984; Nuño et al., 1990; Salcedo y Sarmiento, 1994a); además, muy degradable (Stakelum, 1984; Salcedo, 2000a), por lo que cabe pensar en un flujo bajo de proteína indegradable que llega al intestino delgado, debiendo corregirse parte de aquella con suplementos proteicos de baja degradabilidad, máxime cuando el contenido en proteína de la leche ha sido incorporado como factor de valoración económica.

Este desequilibrio entre la fracción degradable e indegradable da lugar a desajustes nutricionales, que pueden ocasionar alteraciones en la disponibilidad de nutrientes para síntesis de componentes lácteos, principalmente proteína. Así, el NRC (1989) señala, que las necesidades de proteína no degradable en rumen (PNDR) para vacas lecheras de alta producción o al principio de lactación debe situarse entre 39 y 42% de la proteína total.

Los trabajos de Rogers et al., (1979, 1980); Salam, et al., (1996) indican mejoras sustanciales en la utilización del N de la dieta sobre la producción y composición química de leche, cuando el suministro de aminoácidos al intestino delgado se incrementa, bien sea, por estimulación de la síntesis de proteína microbiana a través de los carbohidratos no estructurales o bien por el suministro de proteínas de baja degradabilidad; por el contrario, Zerbini et al., (1988) no observan respuestas significativas con añadir PNDR extra a dietas de vacas lecheras. Además, niveles altos

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

de proteína indegradable en rumen pueden deprimir la síntesis de origen microbiano (Cunningham et al., 1994).

Por otro lado, el elevado consumo de proteína bruta y proteína degradable en pastoreo afecta directamente a la concentración de urea en leche (González y Vázquez, 1997). Así, Nagel (1994) sobre 16.000 muestras de leche encuentra una gran variabilidad (150 a 300 mg de urea por kg de leche) y entre sistemas de alimentación Carlsson et al., (1995) aprecian un menor contenido en sistemas estabulados que en pastoreo.

El porcentaje medio de proteína bruta de la ración (incluido concentrado) en el período (1991-2002) de nuestro experimento fue del 17,4% para una producción media de 19,66 kilos cabeza y día. La estación donde se registran los mayores porcentajes del pasto corresponde a los meses de otoño (20-25% sms), lo que equivale a una concentración media de proteína en la dieta durante esta fase de la lactación al 18,53% (incluido el ensilado de hierba suplementado). Esto supera en un 45% a las necesidades teóricas señaladas por el (NRC, 1989) atribuido entre otros a factores tales como menor producción de leche (estado avanzado de lactación) donde los requerimientos son menores; a un estado de madurez de la hierba más joven (en esta fase del año, las hierbas tienen menor crecimiento y por lo tanto la relación hoja:tallo es mayor) y por último a un mayor porcentaje de trébol blanco presente en la pradera (la competencia con el sol disminuye).

Anteriormente se señaló que uno de los inconvenientes de la proteína del pasto es su elevada degradabilidad en rumen, dando lugar a pérdidas importantes de proteína en heces y orina; así, los resultados de Argamentoría et al., (1993) con vacas lecheras en jaulas de metabolismo, administrando solamente hierba de primavera, encontraron valores de 21,4%, 44,1% y 22,6% de N excretado en heces, orina y leche, respectivamente, y un consumo de N equivalente a 404 g cabeza y día (2,52 kg de proteína bruta). Por el contrario, cuando las vacas son suplementadas con concentrados a base de harina de cebada y harina de pescado (esta última prohibida actualmente) la ingestión de N aumentó hasta 489 g (3,06 kg de proteína), pero las pérdidas a través de las heces y orina fueron reducidas de forma importante, lo que cabe pensar en una utilización mayor de la proteína a nivel ruminal por la cebada y una mayor eficacia via intestino delgado del pescado.

Una posible solución práctica a nivel de racionamiento en pastoreo pasa por suministrar alimentos energéticos como pulpa de remolacha, maíz, cebada, melazas, etc., que optimicen el exceso de amoníaco acumulado en panza y promover el máximo síntesis

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

de proteína microbiana entrada al intestino, y la inclusión de fuentes de proteína de menor degradabilidad (gluten feed, soja tratada con lignosulfato, soja tratada con calor, etc.). La proteína microbiana tiene un coeficiente de eficacia del 85% para la absorción de aminoácidos en el intestino delgado (ID), lo que da una idea de su alto valor biológico de este tipo de proteína.

En el Cuadro 16 se resumen los requerimientos de proteína para una vaca de 600 kg produciendo 10, 30, y 50 kilos, con un porcentaje en grasa y proteína bruta del 3,68 y 3% respectivamente, asumiendo que no existe cambio de peso (NRC, 1989, y ARC, 1984).

En nuestra experiencia, para una vaca de 19,66 kilos de leche la ingestión de PDR y PNDR equivalen a 75,44% y 24,56% sobre la proteína bruta de la materia seca ingerida respectivamente, coincidentes con el ARC (1984) quien señala unas necesidades para la citada producción de leche a 76,71% para la PDR y 23,29% para la PNDR.

La relación proteína bruta : energía, esta última expresada en forma de Energía Neta Leche (ENL en Mcal/kg MS), se sitúa en niveles relativamente altos frente a los teóricos, 112,9 vs 89 g PB/Mcal ENL, de donde se deduce que el pasto tiene proporcionalmente más proteína que energía; de ahí, la necesidad de suplementar a vacas lecheras en pastoreo con alimentos energéticos.

Salcedo (2000c) desarrolló una experiencia en la Unidad de Producción de Leche en el I.E.S. "La Granja", utilizando veinticuatro vacas Frisonas con partos agrupados a la salida del invierno fueron distribuidas en tres grupos de 8, según un diseño en cuadrado latino 3x3: 3 concentrados de diferente contenido en proteína indegradable, denominados concentrado de cebada-pescado (CP: 48,6%), cebada-soja (CS: 37,7%) y cebada-algodón (CA: 42,5%), durante tres períodos experimentales de 35 días cada uno con siete de adaptación a la nueva dieta al inicio de cada período experimental para estudiar los efectos sobre la producción y composición química de la leche, suero sanguíneo y líquido ruminal en condiciones de pastoreo. Cada una de las fuentes de proteína iba incluida en 4,5 kg de materia seca por vaca y día. Los resultados más sobresalientes de dicho experimento son comentados a continuación.

2.2.4.4.1.- Ingestión de nutrientes

La ingestión de nutrientes aparece reflejada en el Cuadro 17. Se consideró un consumo de pasto semejante para los tres lotes (todas las vacas pastan conjuntamente en el mismo prado), estimado a partir de la hierba en oferta menos rechazos más el

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

crecimiento diario del pasto. A partir de la ingestión de materia seca, se estimó el balance de energía neta de lactación, siendo similar entre tratamientos, aunque ligeramente negativo en CS (-1,73 Mcal/d) y -0,82 Mcal/d en CA.

Para la proteína bruta ingerida no se apreciaron diferencias significativas entre concentrados y períodos, pero sí en las fracciones degradable (PDR) e indegradable (PNDR); para ésta última, resultó ser 38,5%, 30,41% y 32,10% en CP, CS y CA respectivamente, todos expresados en tanto por ciento sobre la proteína ingerida e inferiores a las señaladas por el NRC (1989) excepto en CP.

La ingestión de carbohidratos no estructurales (CNF), resultó mayor en CP, siendo CA el de menor aporte, imputable al mayor contenido de FND del algodón (Cuadro 17). Para los estructurales (FND) y según Moe y Tyrrel (1979); Mertens y Loften (1980) y Mertens (1983) fueron adecuados para maximizar la producción de leche, obteniéndose proporciones de 1,2 kg/100 kg de peso vivo en CP; 1,27 con CS y 1,29 en CA.

2.2.4.4.2.- Producción y composición química de la leche

La producción de leche no fue diferente entre concentrados (Cuadro 18), pero sí, en el experimento completo cuando se corrige al 4% graso. Los resultados aquí obtenidos son coincidentes con los señalados por Salam et al., (1996) con vacas en pastoreo y suplementadas con concentrados proteicos de alto contenido en PNDR. Los trabajos de Christensen et al., (1993) no apreciaron incrementos significativos con incluir en los concentrados fuentes de proteína de menor degradabilidad; aunque otros, como Van Horn y Harris (1993) señalan aumentos de un kilo de leche al sustituir parte de la harina de soja por harina de pescado. En el presente trabajo, el concentrado que incluye harina de pescado, se obtuvo 0,94 kilos más con respecto al de soja.

La eficiencia bruta expresada en kilos de leche corregidos al 4% graso por kilo de materia seca ingerida no fue diferente entre tratamientos, obteniéndose valores de 2,2; 2,17 y 2,23 kilos para CP, CS y CA respectivamente. De igual forma, el rendimiento individual por vaca durante el período experimental (126 días de lactación) no fue diferente entre fuentes de PNDR (Cuadro 17).

El contenido graso de la leche del experimento completo fue mayor en CA (Cuadro 18), atribuido a un mayor consumo de fibra neutro detergente. Así, Sharon et al., (1983) señalan un descenso en grasa cuando disminuye la ingestión de fibra, en ocasiones, con aumento de sólidos no grasos (SNG); además, estos autores aprecian

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

incrementos de glucosa a nivel sanguíneo. Además, el mayor contenido de grasa registrado en CA coincide con la máxima concentración de urea sérica, aunque sin diferencias significativas entre tratamientos, coincidente con Ismael et al., (1995), quienes señalan una correlación positiva entre ambas.

Los porcentajes de proteína bruta, caseína y nitrógeno proteico no variaron según la fuente de PNDR suplementada (Cuadro 18); de igual forma, el N caseínico resultó semejante entre tratamientos, obteniéndose valores medios de 78,4%, 78,7% y 79,01% en CP, CS y CA respectivamente, coincidentes con los obtenidos por Rodríguez et al., (1997) y Calsamiglia et al., (1997) y ligeramente inferior a los señalados por Salam et al. (1996). Por el contrario, la concentración de urea en leche fue mayor en CA, no apreciándose diferencias entre CP y CS. Por su parte, Roth et al., (1996) aprecian diferencias cuando comparan vacas alimentadas con pasto frente a raciones totales mezcladas. Así, Coustumier (1996) indican que los niveles altos de urea en leche pueden ser debidos a desequilibrios entre el N y la energía y, en particular, al exceso de nitrógeno degradable en rumen (NDR), señalando como niveles aceptables los comprendidos entre 240 y 330 mg/l. En el presente experimento pudo apreciarse una relación lineal positiva entre las concentraciones de urea en sangre y la urea en leche ($r^2= 0,92$; $P<0,001$) (Figura 6), lo que demuestra que la concentración de urea en leche es una buena herramienta de predicción del contenido de urea en sangre, para el racionamiento proteico de vacas lecheras en pastoreo.

En primavera las vacas lecheras alimentadas con pasto ingieren elevadas sumas de N, eliminándose gran parte por la orina y, en menor medida, a través de las heces, Salcedo (2002b). Bajo este aspecto, la eficiencia del N, estimada como la relación entre el N total presente en leche y el consumido, desciende cuando se incrementa la ingestión de N (Figura 7). Atendiendo a la degradabilidad del tipo de proteína incluida en el concentrado, las mejores respuestas se obtienen con la harina de pescado (Cuadro 17), coincidente con las apreciaciones de Wright et al., (1998) y Dinn et al., (1998) en dietas de diferente concentración proteica y suplementadas con metionina y lisina. Estos autores concluyen, que es posible hacer más eficiente el uso de la proteína bruta de la dieta con incluir aminoácidos protegidos.

2.2.4.5.- Minerales

De los análisis obtenidos, la ingestión de **fósforo** presenta niveles más uniformes a lo largo del año; por el contrario, los del calcio y el magnesio son más variables. El Cuadro

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

l recoge el contenido en P, Ca, Mg y K del pasto aprovechado en forma de pastoreo rotacional, con valores medios de 0,30%; 0,69%; 0,26% y 2,20% sobre materia seca.

La deficiencia en fósforo es un estado habitual en los rumiantes alimentados en pastizales (Underwood, 1983). El consumo de fósforo para vacas en pastoreo y mínima suplementación con concentrados de nuestro experimento son ligeramente inferiores a las necesidades teóricas, sobre todo en primavera cuando la producción de leche es mayor. Esta deficiencia es compensada a partir de agosto, cuando las vacas son suplementadas con ensilado de hierba, dando lugar a un aumento en el consumo de materia seca. De este modo, la ingestión media anual de fósforo fue de 47,8 g cabeza y día, frente a los 48,4 de las necesidades medias anuales.

Para el **calcio** el mayor consumo se registra en otoño (147,87 g) que en invierno (97,5 g cabeza y día), e intermedio con 112 g en primavera. En cualquier caso, comparando la ingestión de calcio respecto a las necesidades teóricas del NRC, (1989) y para las producciones de leche obtenidas, resultan superiores.

La relación **Ca/P** interanual resultó ser 2,4 y dentro de los niveles recomendados por Wise et al., (1963). Por estaciones, en invierno (cuando las vacas están secas) desciende a 1,86, ó 17,7% más con respecto a las necesidades teóricas señaladas por el NRC (1989); 2,22 en primavera; 2,74 en verano y 2,61 en otoño. Estas relaciones son algo elevadas, atribuibles a la basicidad del suelo de nuestras praderas (pH 6,7-7; 1569 ppm de Ca) y al bajo contenido en fósforo (4,76 ppm).

La ingestión de **magnesio** fue aumentando en el tiempo, debido al empleo continuado de fertilizantes nitrogenados en la pradera que, entre otros efectos, incrementa la concentración de Mg en las plantas (Robinson et al., 1987) y su mayor presencia en los concentrados. Así, el Mg interanual resultó ser de 35,96 g cabeza y día frente a los 31,7 g teóricos. En primavera la ingestión se sitúa muy al límite (29 g) para que los animales sufran hipomagnesemia. Varios son los factores que la originan: altos contenidos de potasio en la dieta (Robinson et al., 1987) y elevado pH ruminal. Este último es debido a la acumulación de amoníaco en la panza, causado por la alta degradabilidad proteica de la hierba, que incide negativamente sobre la absorción de Mg (Wilcox et al., 1974). Kemp y t'Hart, (1957) demostraron que cuando el cociente $K/(Ca+Mg)$ en el forraje era inferior a 2,2 se presentan pocos casos de hipomagnesemia; en nuestra experiencia no apreciamos ningún caso clínico, aunque suponemos que algún caso subclínico tuvo que darse, sobre todo al principio de primavera y durante los primeros años del proyecto.

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

Con respecto a la ingestión de **potasio**, supera en un 113,4% las necesidades teóricas.

Como complemento a la alimentación de minerales resumimos un experimento llevado a cabo por Salcedo (1998d) con vacas lecheras paridas al final del invierno, cuyo objetivo fue determinar cómo afecta la ingestión creciente de minerales en la concentración sérica a lo largo de la lactación (incluido período seco) respecto al Ca, P y Mg. La alimentación antes de la salida al pasto consistió en ensilado de hierba, ensilado de maíz (2,24, 1,12 y 0 kg. de MS cabeza y día) con tres suplementos de Ca, P y Mg (82, 16,25 y 18 g para el tratamiento 1; 71, 13 y 11,4 para el tratamiento 2 y 56, 10 y 5,4 cabeza y día para el 3 respectivamente, todos ellos incluidos en el concentrado, (5 kg. cabeza y día) y 200 g de CO₃HNa; después, durante el pastoreo, se siguió con la misma suplementación de ensilado de maíz y 2,5 kg. de concentrado.

En cuanto al **calcio**, la concentración en los diferentes tratamientos aparece reflejada en el Cuadro 19, apreciándose diferencias significativas entre fases de lactación, pero no entre tratamientos.

Al avanzar la lactación, el calcio sérico incrementó, registrándose el máximo durante la fase seca de la vaca (10,54 mg/dl) e independientemente del calcio suplementado. Como consecuencia de la mayor producción de leche al principio de lactación, la concentración sérica descendió respecto a otras fases de la misma y, dentro de ella, Salcedo, (1997b) aprecia menores contenidos en vacas de mayor número de partos, atribuido a unas necesidades de crecimiento inferiores (Larson et al., 1980; Fossier, 1981; Roussel et al., 1981 y 1982; Agnes et al., 1985; Gibson et al., 1987) y a la capacidad que tienen los rumiantes de aumentar la absorción de Ca en el intestino y la reabsorción de Ca de los huesos (Velásquez et al., 1997). Por su parte, Goof et al., (1991b) resumen que el número de receptores de la hormona 1.25-(OH)₂ D en el intestino disminuye con la edad.

Según el NRC (1989) las necesidades de calcio en el período seco deben situarse al mínimo para no favorecer la aparición de fiebre vitularia. En el presente trabajo, las vacas que recibieron mayor cantidad no mostraron tal efecto. La ingestión más alta de Ca, no reflejó niveles superiores en suero, posiblemente por la acción de la calcitonina, que reduce el nivel. En dietas de bajo contenido en Ca, el ganado vacuno absorbe un mayor porcentaje de lo ingerido; por el contrario, si es elevado, su absorción disminuye (ARC, 1965; NRC, 1978).

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

Los valores aquí obtenidos son semejantes a los señalados por (Miller y Stake, 1974; NRC, 1978; Kincaid, 1988; Hays y Swenson, 1984 y Hoffsis et al., 1989) en ganado vacuno y siempre por encima de 8 mg/dl como nivel crítico establecido por (McDowell, 1985).

Respecto al **fósforo**, se apreciaron diferencias significativas entre fases de lactación y tratamiento. Los valores medios fueron 4,98; 4,89 y 4,87 mg/dl para los lotes 1, 2 y 3 respectivamente, (Cuadro 20). Estos resultaron inferiores a los señalados por Miller y Stake, (1974b) y Cote y Hoff, (1991), atribuidos al bajo contenido en P de las praderas (Salcedo y Sarmiento, 1994a), puesto que su absorción está directamente relacionada con su consumo (Reinhardt et al., 1988), y superiores a los de Hoffsis et al., (1989) y Velásquez et al., (1997).

La menor concentración se registró al inicio de la lactación y el máximo durante el período seco. En cualquier caso, estos resultados están por encima de 4,5 mg/dl señalado por McDowell (1988) como nivel crítico.

Por lo que se refiere al **magnesio**, las concentraciones en el suero sanguíneo resultaron significativas según la fase de lactación y tratamiento ($P < 0,001$). Los valores medios fueron 2,12; 2,06 y 1,98 mg/dl para los lotes 1, 2 y 3 respectivamente Cuadro 21.

El menor nivel de Mg en las vacas del tratamiento 3 puede tener su origen en el menor consumo, tal y como señalan Salcedo y Remón (1993) en vacas que pastan con una mínima suplementación de concentrados; además, otros factores que afectan a la absorción de Mg son los niveles de K, N, energía y ácidos grasos. En el presente trabajo, al ser la dieta mayoritariamente de gramíneas, el consumo de K fue elevado (278, 269,7 y 268 g cabeza y día para los lotes 1, 2 y 3 respectivamente), impidiendo la máxima absorción a nivel ruminal, ocasionando cambios en las cargas electro-químicas o la inhibición de la enzima Na, K-ATPaA, cuya función es transportar el Mg a través de la pared del rumen (Meyer and Zentek, 1990).

En cualquier caso, los resultados aquí obtenidos son superiores a los señalados como críticos por McDowell (1988), salvo en las vacas del tratamiento 3 que están cerca del límite.

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

3.- Producción y composición química de la leche

Más atrás se señaló que nuestro objetivo en la producción de leche, está basado en la intensificación de la pradera mediante el manejo del pastoreo, la fertilización, agrupación de partos y el racionamiento del concentrado para conseguir altas eficiencias de pasto a leche y a bajo coste. Dicha eficiencia fue estimada a partir del aporte energético del pasto (como nutriente limitante de la producción lechera en dietas basadas mayoritariamente en forrajes). Con este criterio, la eficiencia media en el período 1991-2002 fue del 86,3%; es decir, de cada 100 kg de leche producidos, 86,3 kg corresponden al forraje (pasto y ensilado). Este alto porcentaje es atribuible al bajo consumo de concentrado (0,13 kg/kg de leche producido) y a una utilización del pasto cercana al 90% (pasto en oferta menos el pasto rechazado).

Los rendimientos medios por vaca y hectárea en el citado período resultaron ser 5.684 y 14.027 kilos, respectivamente, registrándose la mayor producción en el año 2001 con 16.259 kg de leche por hectárea. En términos porcentuales, la producción de leche por hectárea desde el 1991 al 2002 fue del 193,7% y el 234,8%; 220,2%; 204% y 199,8% para la grasa, extracto seco útil, proteína y sólidos no grasos por hectárea respectivamente.

Respecto a los incrementos en producción de leche por hectárea en el período anteriormente citado, cabe destacar unos aumentos anuales de 123, 380 y 546 kg de leche por vaca, la debida al forraje y forraje+concentrado por hectárea respectivamente, atribuidos al mérito genético y al manejo del pastoreo.

El incremento de la carga ganadera fue 68,8% hasta 1996, a partir del cual hubo que disminuirla, para que la producción individual por vaca no se viese afectada; además, era necesario un mayor aporte de concentrados. Este aumento de carga fue debido entre otros al aporte creciente de fertilizantes nitrogenados, al mayor número de pastoreos por hectárea (lo que permite ofrecer un alimento de alta digestibilidad) y recolectar hierba para ensilado antes del inicio del espigado. Cuando se eleva la carga ganadera origina un descenso en la producción de leche por vaca, pero un incremento por hectárea (Mosquera y González, 1993). En nuestra experiencia se apreció semejante hecho, sobre todo desde 1992 hasta 1995, pero el repunte de 1997 es atribuido a un verano lluvioso, que permitió alargar el pastoreo y, al aporte de ensilado de maíz durante la primavera y parte de verano.

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo ***Salcedo, G.***

Sanchez y Argamentaría (1989) concluyen que en la zona costera asturiana deben producirse 10.000 kg/ha y año, a base de solo forrajes, con una carga anual de 2,5 vacas/ha. En nuestro experimento se consiguió un 19,6% más de leche con un 2,4% menos de carga ganadera anual. Estos resultados son semejantes a las señaladas por González et al., (1987) suplementando con 677 kg de concentrado por vaca y año, y superiores a las obtenidas por Gonzalez (1997) con 450 kg de concentrado y 240 kg de N/ha en un experimento a tres años bajo condiciones de Galicia; esto puede tener su origen, en una menor carga ganadera (2,2 vacas/ha) que la utilizada en nuestra experiencia. De este modo, el potencial lechero que cabe esperar de praderas con alta proporción de *Lolium pereme* y *Trifolium pratense* en nuestras condiciones es de 15.000 kilos para la proteína y solo 9.818 con la energía.

Los porcentajes de grasa y proteína de la leche por mes y año aparecen reflejados en las figuras 8 y 9 respectivamente. Para la proteína, puede apreciarse que los porcentajes más bajos se localizan a finales de primavera y principios de verano, posiblemente originados por factores nutricionales, tales como menor contenido energético del pasto, debido a la temperatura que acelera los procesos de lignificación, dando como resultado un descenso en la digestibilidad de la materia orgánica; por otro lado, la disminución de proteína de la hierba, también actúa como colimitante. Otra posible causa puede tener su origen en bajo consumo de proteína indegradable mencionado anteriormente.

4.- Conclusiones

Después de un breve repaso de las posibilidades del pasto desde los aspectos nutricionales, de suplementación, producción y calidad de la leche, creemos que una pradera bien manejada mediante el uso del pastoreo rotacional, puede ser interesante de cara a rebajar los costes de producción en el sistema actual de cuotas lecheras. Por otra parte, no es un sistema donde se alcancen altas producciones de leche por vaca, por las causas anteriormente expuestas; pero sí, es un sistema de producción a bajo coste.

El objetivo perseguido es la eficacia en la utilización de los nutrientes del pasto para la producción de leche. Entre otros factores, la suplementación de concentrados, el manejo, la fertilización, la agrupación de partos, la reserva para ensilado y el uso de cargas altas favorecen más los rendimientos por unidad de superficie.

La suplementación de concentrados debe ir encaminada a compensar los nutrientes deficitarios del pasto. Ente ellos, la energía, la proteína *bypass*, el fósforo y el

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

magnesio son los más representativos. Este criterio personal debe entenderse cuando el pasto ofrecido a los animales sea de calidad, hecho no cierto en muchas explotaciones de la Cornisa Cantabria, donde la hierba se siega en estado avanzado de madurez; en este caso, otros nutrientes como la proteína y azúcares son responsables de la limitación en la producción de leche.

En nuestro sistema, la producción media es de 5.684 kilos de leche/vaca y año, con una carga ganadera anual de 2,44 VL/ha. Para conseguirlos son necesarios 4548 kg de MS vaca y año de forraje (pasto + ensilado) y 730 kg de concentrado; así, la eficiencia bruta resulta de 1,07 litros por kg de MS. Los 5.278 kg de MS ingeridos por una vaca al año se reparten de la manera siguiente: 51,2% pasto; 35% ensilado y 13,8% concentrado, apareciendo un déficit de 243 kg de MS/VL y año. Esto supone producir 10475 kg de pasto neto (pasto+ensilado) con una eficacia de utilización del 93% (MS oferta - MS rechazada).

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

BIBLIOGRAFIA

- AGNES, T.; TOZZI, F., 1985. Livelli sierici di macro de oligoelementi in bovine da latte durante la gravidanza e la lattazione. *Atti della Societa italiana della Scienze Veterinarie*. **XXXIX**:522-524.
- AGNEW, R.; YAN T.; GORDON F. 1998. Nutrition of the genetic merit dairy cowenergy metabolism studies. In: Garnsworthy P.C. and Wiseman J: (eds). *Recen Advances in Animal Nutrition*. Nottingham: Nottingham University Press. Pp 181-208.
- AKIN, D.E. 1979. Microscopic evaluation of forages digestion by rumen microorganisms. A review. *J. Anim. Sci.* **48**, 701-710.
- ALDRICH, J.; MULLER, L.; VARGA, G., 1993. Nonstructural carbohydrate and protein effects on rumen fermentation, nutrient flow, and performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* **76**:1091-1105.
- ARC. 1965. The nutrient requirements of farm livestock, N° 2. Ruminants. ARC, London.
- ARC. 1980. The nutrient requirements of ruminant livestock. Technical review by an Agricultural Research Council Working party. Commonwealth Agriculture Bureaux.
- ARC, 1984. Report of the protein group of the Agricultural Research Council working party on tehe nutrient requirements of ruminants. Commonw. Agric. Bur., Slough, Engl.
- ARGAMENTERIA, A.; SANCHEZ, L.; GARCIA, J.A.; de la ROZA, B.; MARTINEZ, A., SANZ, E.; MODROÑO, S.; FERNANDEZ, O. 1993. Optimización de sistemas de producción de leche con pastos agrupados a la salida del invierno, en base exclusivamente a hierba o a hierba y concentrado. *Memoria CIATA* 85-91.
- ARGAMENTERIA, A.; SANCHEZ, L.; GARCIA, J.A.; de la ROZA, B.; PAJARES, G.; MARTINEZ, A.; MODROÑO, S.; FERNANDEZ, O. 1994. *Mejora CIATA* 1900-1994. pág.: 125-127.
- ARGAMENTERIA, A.; de la ROZA, B.; MARTINEZ, A., SANCHEZ, L.; FERNANDEZ, O. GARCIA, J.A.; MEDINA, C.; PAJARES, G. 1995. Mejora en la utilización del nitrógeno de la hierba por vacas lecheras. *Memoria CIATA* 73-76.
- ARGAMENTERIA, A.; de la ROZA, B.; MARTINEZ, A.; SÁNCHEZ, L.; FERMANDEZ, O.; GARCIA, J.A.; MEDINA, C.; PAJAJRES, G. 1996. Complementación de hierba de pradera aprovechada en pastoreo durante junio-julio con ensilado de raigrás italiano. *Memoria CIATA*, 65-69.
- BALCH Y ARGAMENTERÍA, A. 1994. Detección de problemas nutricionales en explotaciones lecheras a partir de condición corporal y contenido de proteína de la leche. *Frisona Española*. Mayo/Junio. N° **81**: 108-110.
- BARGO, F.; L. D. MULLER; J. E. DELAHOY; T. W. CASSIDY. 2002^a. Milk response to concentrate supplementation of high producing dairy cows grazing at two pasture allowances. *J. Dairy Sci.* **85**:177-1792
- BARBEITO, F. 1995. Explotacións de vacun de leite en Galicia. Manexo técnico e resultados económicos. Xunta Galicia Santiago.
- BAUMGARD, B. R. 1970. Control of feed intake in the regulation of energy balance. In physiology of digestion and metabolism in the ruminant. (De. A.T. Phillipson) pp:235-253, Oriel Pres, Newcastle Upon Tyne.
- BEEVER, D.E. 1993. Rumen function. Page 187-215 in Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. J. M. Forbes and J. France, ed. CAB International, Oxon, UK.
- BELA, B.; G. NAGY and I. VINCZEFFY. 1995. The influence of grazing on milk production and productive lifetime. Debreen Agricultural University, Dept. of Anim. Breeding and Nutrition. Prague, Germany.
- BRODERIC, G.; CLAYTON, M. 1997. A statistical evaluation of animal an nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. *J. Dairy Sci.* **80**:2964-2971.
- BRYANT A.M.; DONNELLY P.E. 1974. Yield and composition of milk from cows fed pasture herbage supplemented with maize and pasture silage. *New Zeland J. Agric.* **17**:299-304.
- BRYANT, A. 1978. Summer supplementary feeding. Proceedings of the Ruakura Farmer's Conference Week, 1978, Article 163.
- CALSAMIGLIA, S.; CAJA, G.; GAFO, C; PERIS, S.; TORRE, C.; GINER, G. 1997. Efecto del nivel de concentrado y degradabilidad ruminal de la proteína en la producción y composición de leche en el vacuno lechero. *ITEA*. VII Jornadas sobre Producción Animal. Vol. Extra, N° **18**-Tomo 1, 70-72.
- CARLSSON, J.; BERGSTROM, J.; PERHSON, B. 1995. Variations and breed, age, season, yield, stage of lactation and herd in the concentration of urea in bulk milk and individual cows milk. *Acta Veterinaria Scandinavica*, **36**:2, 245-254.
- CHRISTENSEN, R.; LYNCH, G.; CLARK, J.; YU, Y. 1993. Influence of amount and degradability of protein on production of milk and milk components by lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* **76**:3490.

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

- CLARK, D.A.; V. R. KANNEGANTI. 1998. Grazing management systems for dairy cattle. Page 331 in *Grass for Dairy Cattle*. Cherney, J. H., and D.J.R. Cherney, eds. CAB International.
- CONRAD, H.R.; PRAT, A.D.; HIBBS, J.W. 1964. *J. Dairy Sci.* **47**:54
- COUSTUMIER, J.; LE-COUSTUMIER, J. 1996. Il en dit pas tout sur l'équilibre de la ration. *Production-Laitiere-Moderne* N° **261**, 96-97.
- COTE, J.; HOFF, B. 1991. Interpretation of blood profiles in problem dairy herds. 24 th annual conference American Association of Bovine practitioners. Orlando, Florida 7-10.
- CRESSMAN, S.G.; D.G. GRIEVE; G.K. MACLEAD; E.E. WHELER; L. G. YOUNG. 1980. Influence of dietary protein concentration on milk production by dairy cattle in early lactation. *J. Dairy Sci.* **63**:1839-1847.
- CUNNINGHAM, K.; CECAVA, M.; JOHNSON, T. 1994. Flows of nitrogen and amino acids in dairy cows fed diets containing supplemental feather meal and blood meal. *J. Dairy Sci.* **77**:3666.
- DEMARQUILLY, C. 1989. The feeding value of forages. *XVI International Grassland Congress*: 1817-1823.
- DEMARQUILLY, C.; JARRIGE, R. 1971. The digestibility and intake of forage from artificial and natural grassland. *Proceeding of the 4 th. General Meeting. European Grassld. Federation (EGF)*, 34-41.
- DAVIS, C.; BROWN, R. 1970. Low milk fat syndrome. Page 545 in *Physiology of digestion and metabolism in the ruminant*. A.T. Phillipson, ed. Oriel Press Ltd., Newcastle Upon Tyne, England.
- DINN, N.; SHELFORD, J.; FISHER, L. 1998. Use of the Cornell Net Carbohydrate and Protein System and rumen protected lysine and methionine to reduce nitrogen excretion from lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* **81**: 1, 229-237.
- FERRER, C.; A. SAN MIGUEL Y L. OLEA. Nomenclátor básico de pastos en España. *Pastos*, XXIX (2), 7-44.
- FERRIS, C.; PATTERSON, D.; GORDON, F.; KILPATRICK D. 2000. The effects of incorporating small quantities of straw in grass/grass silage-based diets for dairy cows. *Grass and Forage Science*, **55**, 146-158.
- FOSSIER, P. 1981. Profils métaboliques et production bovine: étude critique. Thèse Doctorale. École Nationale Vétérinaire d'Alfort.
- FREER, M. 1981. The control of feed intake by grazing animals. En: *Grazing Animals*, 105-125 Ed. F.H. W. MORLEY. ELSEVIER. Amsterdam (Holanda)
- GIBSON, J.P.; FIELD, A.D.; WIENER, G. 1987. Concentrations of blood constituents in genetically high and low milk-production lines of British Friesian and Jersey cattle around calving and in early lactation. *Anim. Prod.*, **44**:183-199.
- GAGLIOSTRO, G.; LAVENDERA, S.; SANTINI, F.; FERNANDEZ, H. 1996. Supplementing barley and corn based concentrates to grazing dairy cows in spring: milk yield and composition, plasma metabolite and insulin concentration and responses to hormonal signals. *Argentina de Producción Animal* **16**:2, 101-117.
- GIBB, M. J.; C. A. HUCKLE; R. NUTHALL; A.J. ROOK. 1997. Effect of sward surface height on intake and grazing behavior by lactating Holstein Friesian cows. *Grass Forage Sci.* **52**:309-321.
- GIBB, M. J.; C. A. HUCKLE; R. NUTHALL. 2002. Effects of level of concentrate supplementation on grazing behaviour and performance by lactating dairy cows grazing continuously stocked grass swards. *Anim. Sci.* **74**:319-335.
- GLEEN, P.B.; WALDO, D.R.; VARGA, G.A.; HUNTINGTON, G.B. 1987. Duodenal nutrient flow in growing steers fed alfalfa and orchard grass silage at two intakes. *Proceedings of the 8th Silage Conference*, 67-68. IGAP. Hurley (U.K.)
- GONDA, H.L., M. EMANUELSON, AND M. MURPHY. 1996. The effect of roughage to concentrate ratio in the diet on nitrogen and purine metabolism in dairy cows. *Animal Feed Science and Technology* **64**:27-42.
- GONZALEZ, A. y VAZQUEZ, O. 1997. Determinación de la urea en leche como indicador del contenido protéico de la ración del vacuno lechero. *Buiatría española*, Vol. 7, N° 2, 279-284.
- GONZALEZ, A. 1996. La calidad del pasto, clave para la producción de leche. Actas de la XXXVII R.C. de la SEEP. Sevilla 411-417.
- GOFF, J.; REINHARDT, T.; HORST, R. 1991b. Enzymes and factors controlling vitamin D metabolism and action in normal and milk fever cows. *J. Dairy Sci.* **74**:4022.
- GORDON, F.; FERRIS, C.; PATTERSON, D.; MAYNE, C. 2000. A comparison of two grassland-based systems for autumn-calving. Dairy cows of high genetic merit. *Grass and Forage Science*, **55**, 83-96.
- GRAINGER, C.; MATHEWS, G. 1989. Positive relation between substitution rate and pasture allowance for cows receiving concentrates. *Aust. J. Agric.* **29**, 355-360.

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

- HA, Y. L.; J. STORKSON and M. W. PARIZA. 1990. Inhibition of benzo(a)pyrene-induced mouse forestomach neoplasia by conjugated dienoic derivatives of linoleic acid. *Cancer Res.* **50**: 1097-1101.
- HAYS, V.; SWENSON, M. 1984. Minerals and bones. En: Dukey's physiology of domestic animals. *10 de Melvin j: Swenson. Cornell university Press*, London, 449-466.
- HERMANSEN, J.E., S. OSTERSEN, N.C. JUSTESEN, AND O. AAES. 1999. Effects of dietary protein supply on caseins, whey proteins, proteolysis and renneting properties in the milk from dairy cows grazing clover or N fertilized grass. *J. Dairy Resch.* **66**:193-205.
- HERRERA-SALDANA, R.; R. GOMEZ-ALARCON, M. TOBRADI, T. HUBER. 1990. Influence of synchronizing protein and starch degradation in the rumen on nutrient utilization protein synthesis. *J. Dairy Sci.* **73**:142-148.
- HODGSON, J.; I. M. BROOKES. 1999. Nutrition of grazing animals. Page 117 in Pasture and Crop Science. J. White, and J. Hodgson, eds. Oxford University Press, Auckland, Z.Z.
- HOFFIS, G.; SAINT-JEAN, G.; RINGS, D. 1989. Hypomagnesemia in ruminants. Compendium Continuing Education, **11**: 519-524.
- HOFFMAN, K.; L. D. MULLER, S. L. FALES and L. A. HOLDEN. 1993. Quality evaluation and concentrate supplementation of rotational pasture grazed by lactating cows. *J. Dairy Sci.* **76**: 2651-2663.
- HOLDEN, L.; L.D. MULLER; T. LYKOS ; T. CASSIDY. 1995. Effect of corn silage supplementation on intake and milk production in cows grazing grass pasture. *J. Dairy Sci.* **78**:154-160.
- HUTTON, J.B.; J.A. DOUGLAS. 1975. Growing and using maize on the dairy farm. Page 3 in Proc. of the 27 th Ruakura Farmers' Conf., Hamilton, NZ. Dairying Research Corporation, Ltd., Hamilton, NZ.
- ISMAEL, A.; DIAB, K.; HILLERS, J. 1995. Effect of selection for milk yield and dietary energy on yield traits bovine somatotropin, and plasma urea nitrogen in dairy cows. *J. Dairy Sci.* **79**:682-688.
- IP, C.; S. F. CHIN; J. A. SCIMECA and M. W. PARIZA. 1991. Mammary cancer prevention by conjugated dienoic derivative of linoleic acid. *Cancer Res.* **51**: 6118-6124.
- IP, C.; J. A. SCIMECA and H. THOMPSON. 1994. Conjugated linoleic acid: a powerful anticarcinogen from animal fat sources. *Cancer.* **74**: 1050-1054.
- JAHREIS, G.; J. FRITSCH and H. STEINHART. 1997. Conjugated linoleic acid in milk fat: high variation depending on production system. *Nutr. Res.* **17**: 1479-1484.
- JIANG, J., L. BJOERCK, R. FONDEN and M. EMANUELSON. 1996. Occurrence of conjugated cis-9, trans-11 octadecadienoic acid in bovine milk: effects of feed and dietary regimen. *J. Dairy Sci.*, **79**: 438-445.
- JIMENO, V. 1995. Estrategias actuales en el racionamiento de ganado vacuno lechero. Fundación de Estudios Lácteos. Ganado vacuno de leche; producción y contaminación. Madrid: 109-119.
- JOURNET, M.; DEMARQUILLY, C. 1979. Grazing. In: Broster W.H. and Swan H (eds) Feeding strategy for the high yielding dairy cow. Granada, Publishing. 295-321.
- KAWASS, J.; SHAVER, R.; WOODFORD, J.; KORGENSEN, N.; ROHWEDER, F. 1983. Forage quality for dairy cattle. proc. Minnesota Nutr. Conf., Univ. Minnersota, St. Paul.
- KEADY, T.W.J., C.S. MAINE, AND M. MARSDEN. 1998a. The effects of concentrate energy source on silage intake and animal performance with lactating dairy cows offered a range of grass silages. *Anim. Sci.* **66**:21-33.
- KELLAWAY, R.; S. PORTA. 1993. Feeding concentrates supplements for dairy cows. Dairy Research and Development Corporation. Australia.
- KEMP, A.; tHART, M. L. 1957. Grass tetany in grazing milking cows. *Netherlands J. Agric. Sci.*, **5**:4-17.
- KELLY, M. L.; J. R. BERRY, D. A. DWYER, J. M. GRINARI, P. Y. CHOUINARD, M E. VAN AMBURTGH and D.E. BAUMAN. 1998^a. Dietary fatty acids sources affect conjugated linoleic acid concentrations in milk from lactatingdairy cows. *J. Nutr.* **128**: 881-885.
- KELLY, M. L.; E. S. KOLVER, D. E. BAUMAN, M. E. VAN AMBURGH and L. D. MULLER. 1998b. Effect of intake of pasture on concentrations of conjugated linoleic acid in milk of lactating cows. *J. Dairy Sci.*, **81**: 1630-1636.
- KETELAARS, J.; TOLKAMP, B. 1992. Toward a new theory of feed intake regulation in ruminants 1. Causes of differences in voluntary feed intake: critique of current views. *Livest. Prod. Sci.* **30**:269-296.
- KINCAID, R., 1988. Macro elements for ruminants. In the Ruminat Animal Digestive Physiology and Nutrition. De. Prentice Hall, pp: 326-341.
- KNOWLTON, K.; DAWSON, T.; GLENNN, B.; HUNTINGTON, G.; ERDMAN, R. 1998. Glucose metabolism and milk yield of cows infused abomasally or ruminally with starch. *J. Dairy Sci.* **81**:3248-3258.
- KOLVER, E. S.; L. D. MULLER. 1998a. Performance and nutrient intake of high producing Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *J. Dairy Sci.* **81**: 1403-1411.

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

- LAFUENTE, A. 1989. Importancia de la fibra en la calidad del forraje y en las dietas del vacuno lechero. Jornadas Técnicas sobre producción de leche de vacuno. Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo, La Coruña 19 al 21 de Abril: 109-115.
- LARSON, L.; MABRUCK, H.; LOWRY, S. 1980. relationships between early postpartum blood composition and reproductive performance in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, **63**:283-289.
- MAYNE, S. 1996. Can grazed grass provide? : High vs medium genetic merit cows, pages 17-22 Proceedings of the British Grassland Council. University of Reading, Berkshire, England, Malvern, England.
- LEAVER, J.; CAMPLING, R.; HOLMES, W. 1968. Use of supplementary feeds for grazing dairy cows. *Dairy Sci. Abts.* **30**, 335-361.
- LEAVER, J. 1982. Grass height as an indicator for supplementary feeding of continuously stocked dairy cows. *Grass and Forage Science*, **37**, 285-290.
- MANGAN, J.L. 1982a. The characterisation of forage protein. En: Forage Protein in Ruminant Animal Production. pp. 25-40. E.D.D.J. Thompson, D.E. Beever y R. G. Gunn. B.S.A.P. Occ. Publ. N° 6. Edinburgh.
- MANGAN, J.L. 1982b. The nitrogen constituents of fresh forages. In: Forage Protein in Ruminant Animal Production, Occasional Publication No.6.(Eds. D.J.Thomson, D.E.Beever and R.G.Gunn). The British Society of Animal Production and The British Grassland Society. University of Leeds, UK.
- MAYNE, C.S. 1995. Extending the grazing season, a research review. In Extending the grazing Season, Discusión Meeting, British Grassland Society, Reseaheath College, Nantwich, Cheshire.
- MAYNE, C.S.; LAIDLAW, A.S. 1995. Extending the grazing season, a resechar review. In extending the grazing season, discusión Meetin, British Grassland Society, Resealheath College, Nantwich, Cheshire.
- MCDOWELL, L. 1985. Nutrition of grazing ruminants in warm climates. Academic Press, NY.
- MEIJS, J.; HOEKSTRA, J. 1984. Concentrate supplementation of grazing dairy cows. 1. Effect of concentrate intake and herbage allowance on herbage intake. *Grass and Forage Sci.* Vol **39**. 59-66.
- MEIJS, J. 1986. Concentrate supplementation of grazing dairy cows. 2. Effect of concentrate composition on herbage intake and milk production. *Grass and Forage Sci.* Vol **41**. 229-235.
- MERTENS, D.R. 1983. Application of theroreetical models to cell wall digestion and forage intake in ruminants. Ph. D. Dissertation. Cornell Univ.
- MERTENS, D.R. 1992. Nonstructural and structural carbohydrates. In: Van Horn H.H. and Wilcox C.J. (eds) *Large Dairy Herd Management*. Champaign, IL: American Dairy Society Association. P. 210.
- MERTENS, D. R.; LOFTEN, J. R. 1980. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics in vitro. *J. Dairy Sci.* **63**:1437-1446.
- MEYER, H.; ZENTEK, J. 1990. Magnesium in animal nutrition. In: H. Sigel and A. Sigel (Eds.) Metal ions in Biological systems. Compedium on magnesium and its role in biology, nutrition, and physiology. 57-81. Marcel Dekker Inc., NY.
- MILLER, W.; STAKE. 1974b. Proc Ga. Nutr. Conf. Feed Ind. 25-43.
- MIYARES, L.; ARGAMENTERIA, A. 1989. Producción de leche a bajo coste: comparación de tres sistemas de producción de leche en pastoreo. Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo, La Coruña 19 al 21 de Abril: 109-115.
- MOE, P. W.; TYRRELL, H.F. 1979 Methane production in diary cows. *J. Dairy Sci.* **62**:1583:1586
- MOSQUERA, R.; GONZALEZ, A. 1993. La presión de pastoreo en un sistema de producción animal. 1. Efecto sobre la producción del pasto. Actas de la XXXIII RC de la SEEP. Ciudad Real, 553-561.
- NOCET, J.E. y GRANT, A.L. 1987. Characterisation of "in situ" nitrogen and fiber digestion and bacterial nitrogen contamination of hay crop forages preserved at different dry matter porcentajes. *J. Anim. Sci.*, **64**, 552-564.
- NAGEL, S. 1994 Feeding diagnosis from milk. *Neue-Landwirtschaft.*, N° **5**, 63-65.
- NOCET, J.E.; J.B. RUSSELL. 1988. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial síntesis an milk production. *J. Dairy Sci.* **71**:2070-2107
- NRC. 1978. Nutrient requirements of dairy cattle. 5 th rev. de. Natl. Acad. Sci. Washington, D.C.
- NRC. 1989. Nutrient requirements of dairy cattle. 6th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
- NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
- NUÑO, I.; SANCHEZ, L.; de la ROZA, B.; MARTINEZ, A.; ANTUÑA, A.; CORNEJO, E.S.; ARGAMENTERIA, A. 1990. Evolución de la producción y valor nutritivo de praderas naturales y sembradas aprovechadas en pastoreo rotacional en la zona costera de Asturias. Actas de la XXX R.C. de la S.E.E.P. San Sebastián, 419-425.
- O'BRIEN, B.; CROSSE, S.; DILLON, P. 1996. Effects of offering a concentrate or silage to grazing dairy cows in late lactation on animal performance and on milk processability. *Irish Journal of Agric. And Food Research*, **35**:2, 113-125.

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

- OSORO, K.; CEBRIAN, M. 1986. Predicción de la digestibilidad e ingestión de la materia seca del pasto por parámetros químicos. *Inv. Agr. Prod. Sanid. Anim.*, **1** (3), 187-199.
- PARODI, P. W. 1977. Conjugated octadecadienoic acids of milk fat. *J. Dairy Sci.*, **60**: 1550-1553.
- PEROJO, A.; OREGUI, L. 2001. Influencia del tiempo de permanencia en la pradera y de las características del concentrado sobre la producción de leche en oveja Latxa: Datos preliminares. *IX Jornadas sobre Producción Animal ITEA*, Vol. Extra, N° 22-1, 262-264.
- PEYRAUD, J.; GONZALEZ, A. 2001. Relations between grass production, supplementation and intake in grazing dairy cows. *Grassland Science in Europe* Vol. **5**; 269-282.
- PEYRAUD, J. L.; L. DELABY. 2001. Ideal concentrate feeds for grazing dairy cows responses to supplementation in interaction with grazing management and grass quality. Page 203 in *Recent Advances in Animal Nutrition*. Garnsworthy, P. C., and J. Wiseman, eds. Nottingham University Press.
- PHILLIPS, C. 1993. Nutritional behaviour. Page 75 in *Cattle Behavior*. C.J.C. Phillips, ed. Farming Press., UK.
- PHILLIPS, C.; LEAVER, J. 1985. Supplementary feeding of forage to grazing dairy cows. 2. Offering grass silage in early and late season. *Grass and Forage Science*, **40**, 193-199.
- PHILLIPS, C. 1988. The use of conserved forage as a supplement for grazing dairy cows. *Grass Forage Sci.* **43**:215-230.
- PHILLIPS, C. 1989. Partial storage feeding for autumn and spring calving dairy cows. *Research and Development in Agriculture*. **6-3**, 151-159.
- POLAN, C.E., y WARK, W.A. 1997. High moisture corn, dry ground corn and zero supplement for grazing cows compared to TMR for milk and composition. *J. Dairy Sci.* **80** (Suppl. 1):159. (Abstr.).
- PORTELA, E. 2000. Feeding for milk composition. ANEMBE. VI Congreso Internacional de Medicina Bovina. Santiago de Compostela, 163-172.
- PRATES, E.R.; THIAGO, L.R.S.; GILL, M.; THEODORON, M. 1986. The effect of conservation method and frequency of feeding on rumen microbial activity. *Proceeding of the Nutrition Soc.*, **45**, 95^a
- REARTE, D.; BERARDINO, J.; MELANI, G. 1990. Performance of dairy cows grazing pasture and supplemented with corn silage. *J. Dairy Sci.* **73**: Suppl. 1, 240.
- REIL, R.R. 1963. Physico-chemical characteristics of Canadian milk fat: unsaturated fatty acids. *J. Dairy Sci.* **46**: 102-106.
- ROBERTS, D.; LEAVER, J. 1986. Supplementary feeding of forage to grazing dairy cows. 3. The effect of three day time stocking rates on the performance of cows offered grass silage overnight. *Grass and Forage Science* **41**, 71-78.
- ROBINSON, D.; KAPPEL, L. BOLLING, J. 1987. Nitrogen fertilization influences on gulf regrass yields, quality, and nitrogen recovery from olivier silt loam soil. *Louisiana Agric. Exp. Sta. Bull.* N° 784.
- RODRIGUEZ, L.; STALLINS, C.; HERBEIN, J.; MCGILLIARD, M. 1997. Effect of degradability of dietary protein and fat on ruminal blood, and milk components of Jersey and Holstein cows. *J. Dairy Sci.* **80**:353-363.
- ROGERS, A.; BRYANT and McLEA, L. 1979. Silage and dairy cow production. III Abomasal infusion of casein, methionine, and glucose on milk yield and composition. *New Zealand J. Agri. Res.* **22**, 533-541.
- ROGERS, A.; PORTER, R.; CARKE, T; STEARDT, J. 1980. Effect of protected casein supplements on pasture intake, milk yield and composition of cows in early lactation. *Aust. J. Agric. Res.* **31**, 1147-1152.
- ROGERS, G.; ROBINSON, R. 1980. Comparison of high moisture and wilted silage as supplements to pasture for cows in late lactation. Ellinbank Dairy Research Station Annual Report, 1980, Victoria Department of Agriculture, pp. 63-64.
- ROOK, A.J. 2000. Principles of foraging and grazing behaviour. Page 229. in *Grass: Its Production and Utilization*. A Hopkins, ed. Blackwell Science, Boston, MA.
- ROOK, A.; HUCKLE, C.; P. D. PENNING. 1994. Effects of sward height and concentrate supplementation on the ingestive behaviour of spring-calving dairy cows grazing grass-clover swards. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **40**:101-112.
- ROOK, A.; HUCKLE, C.; WILKINS, R. 1994. The effects of sward height and concentrate supplementation on the performance of spring calving dairy cows grazing perennial ryegrass-white clover swards. *Animal Production* **58**, 167-172.
- ROUSSEL, J.; ARANAS, T.; SEYBT, H. 1981 Metabolic profile testing in Holstein cattle in Louisiana: Reference values. *Am. J. Vet. Res.*, **43**:1658-1660.
- ROTH, A.; GUSTAFSSON, A.; EMANUELSON, M.; BERTILSON, J. 1996. The urea concentration in milk and its aid to milk production. *Fakta-Husdjur* N° **14**, 4 pp.
- RUST, J. W.; C. C. SHEAFFER; V. R. EIDMAN; R. D. MOON and R. D. MATHISON. 1995. Intensive rotational grazing for dairy cattle feeding. *American Journal of Alternative Agriculture*. **10**: 147-151.

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

- SALAM, R.; KOOL, A.; MACBETH, F.; HOUTERT, M.; VAN HOUTERT, M.; WILSON, G. 1996. Amino acids for lactating dairy cows. Proceedings of the 48 Meeting of dairy farmers, Canterbury, New Zeland 27-29 My, **48**:150-158.
- SALCEDO, G.; REMÓN, J. 1993. Estudio de las necesidades de ganado vacuno lechero en pastoreo. Actas de la XXXIII R.C. de la S.E.E.P. Ciudad Real: 511-518.
- SALCEDO, G., SARMIENTO, M. 1994a. Evolución de la producción de hierba y leche en un sistema de pastoreo rotacional en la zona costera de Cantabria. Actas de la XXXV Reunión Científica de la SEEP. Santander: 371-375.
- SALCEDO, G. 1994b. Como influye la alimentación en la calidad de la leche en un sistema basado en el aprovechamiento del pasto. *Frisona Española*. Mayo/Junio 98-105.
- SALCEDO, G. 1995. Intensificación de la producción de leche con el aporte creciente de concentrados. Inédito.
- SALCEDO, G. 1997a. Degradabilidad en ensilados de hierba con y sin adición de ácido fórmico a nivel de explotación. Seminario sobre: Uso de aditivos para ensilados. Valor nutritivo, estabilidad aeróbica y control medioambiental. Villavicisosa, Asturias.
- SALCEDO, G. 1997b. Perfil metabólico de vacas en pastoreo con mínima suplementación de concentrado. *AYMA* Vol. **37**, Nº 4-5- Pág:3-8.
- SALCEDO, G. 1998c. Efectos del ensilado de maíz suplementado al pasto a vacas lecheras sobre la digestibilidad, producción y composición química de la leche. *AYMA*. Vol. **38**, Nº 6, pág.: 3-11.
- SALCEDO, G. 1998d. Ianograma de vacas lecheras en pastoreo. Actas de la XXXVIII R.C. de la SEEP. Soria. 303-306.
- SALCEDO, G. 1999. Efecto de la suplementación con ensilado de maíz sobre la producción y calidad de la leche de vacas frisonas alimentadas en base a pasto. *ITEA*, Vol. **95** A Nº 1, 17-31.
- SARMIENTO, M., SALCEDO, G., GONZALEZ, L.M. 1996. Calidad de los ensilados de hierba en la Comunidad Autónoma de Cantabria. Actas de la XXXVI R.C. de la SEEP, Logroño, 337-340.
- SALCEDO, G. 2000a. Degradabilidad ruminal de la hierba en praderas aprovechadas bajo pastoreo rotacional, en la zona costera de Cantabria. *Invest. Agr.: Prod. Sanid. Anim.* Vol. **15** (3) 125-135
- SALCEDO, G. 2000b. El pasto en la alimentación de vacas lecheras. Ponencia del VI Congreso Internacional de Medicina Bovina (ANEMBE), Santiago de Compostela 92-109.
- SALCEDO, G. 2000c. Efectos del tipo de proteína suplementada a vacas de leche en pastoreo sobre la producción y composición química de la leche. *ITEA*, **96**^a Nº 2, 126-142.
- SALCEDO, G. 2002a. Efectos de la combinación del maíz deshidratado con diferentes fuentes de proteína en el comportamiento productivo y estatus ruminal de vacas lecheras en pastoreo. *Producción Animal*. Nº **182** 67-90.
- SALCEDO, G. 2002b. Estimación de las pérdidas de nitrógeno en vacas lecheras alimentadas con pasto o ensilados de hierba con mínimo aporte de concentrados. *Producción Animal*. Nº **174** 16-42.
- SALCEDO, G. 2002c. Efectos de la sustitución parcial del tiempo de pastoreo por ensilado de hierba a dos niveles de concentrados sobre la producción y composición química de la leche. *ITEA*, **98**^a Nº 3.
- SHARON, R.; JAMES, W.; RAKES, A.; LINNERU, A.; BRITT, J. 1983. Effects of methionine hidroxy analog on milk secretion an ruminal and blood variables of dairy cows fed a low fiber diet. *J. Dairy Sci.* **66**:2084-2092.
- SATTER, L. 2001. Milk production of fall-calvin dairy cows during summer grazing of grass or grass-clover pasture. *J. Dairy Sci.* **84**:1166-1173.
- SODER; K.J.; ROTZ, C.A. 2001. Economic and environmental impact of four levels of concentrate spplementation in grazing dairy herds. *J. Dairy Sci.* **84**:2560-2572.
- STAKELUM, G. 1984. Grass as a feed for the diary cow. Moorepark Farmer's Conference, 59-81.
- STERN, M.D., CALSAMIGLIA, S. Y ENDRES, M.I. 1994. Dinámica del metabolismo de los hidratos de carbono y del nitrógeno del rumen. X Curso de Especialización FEDNA, Madrid 10-11/11/1994 : 179-194.
- ST-PIERRE, N. R. 2001. Integrating quantitative findings from múltiple studies using mixed model methodology. *J. Dairy Sci.* **84**:741-755.
- STOCKDALE, C.; KING, K.; PATTERSON, Y.; RYAN, D. 1981. Hay supplements to overcome underfeeding of dairy cows. 1. Early lactation. *Aust. J. Agric.* **21**, 148-156.
- STOCKDALE, C.; BEAVIS, G. 1994. Nutritional evaluation of whole plant maize ensiled at three chop lengths and fed to lactating diary cows. *Aust. J. Agric.* **34**, 709-716.
- STOCKDALE, C. 1995. Maize silage as a supplement for pasture-fed dairy cows in early and late lactation. *Aust. J. Agric.* **35**, 19-26.
- STOCKDALE, C. 1996. Substitution and productin responses when lactating dairy cows graze a white clover pature supplemented with maize silage. *Aust. J. Agric.* **36**, 771-776.

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

- STOCKDALE, C. 1997a. Influence of energy and protein supplements on the productivity of dairy cows grazing white clover swards in spring. *Aust. J. Agric.* **37**:151-157.
- STOCKDALE, C. 1997b. Supplements improve the production of siry cows grazin either white clover or paspalum-dominant pastures in late lactation. *Aust. J. Agri.* **37**, 295-302.
- STOCKDALE, C. 2000b. Levels of pasture substitution when concentrates are fed to grazing dairy cows in northern Victoria. *Aust. J. Exp. Agric.* **40**:913-921.
- THOMAS, P.C. 1982. Utilization of conserved forages. En: *Forage Protein in Ruminant Animal Production*, 66-77. Ed P.J. THONSON; D.E. BEEVER; JUN, R.G. B.S.A.P. Occ. Publication n° 6. B.S.A.P Thames Ditton. (R.U.).
- THOMAS, C. 1991. Higher milk margins from lower inputs. *Farmers-Weekly*, N° **114**:19-59.
- TYRRELL, H.F. y REID J.T. 1965. Prediction of the energy value of cow's milk. *J. Dairy Sci.* **48**, 1215-1233.
- UNDERWOOD, E. 1983. Los minerales en la nutrición del ganado. Edi. Acribia.
- VAN HORN, H.; HARRIS, B. 1993. Selecting different feedstuffs to provide the indegradable intake protein needs of high producing dairy cows. Page 13 in Proc. 4 th Florida Ruminant Symp. Univ. Florida, Gainesville.
- VAN SOEST, P.J. 1982. Nutritional ecology of the druminant. Corvallis, Oregon. O&B. Books Inc.
- VAN SOEST, P.J. 1994c. Nitrogen metabolism. Page 290-311 in *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2nd ed. P.J. Van Soest, ed. Comstock Publishing Associates, Cornell University Press, Ithaca, NY.
- VELÁSQUEZ, J.; MCDOWELL, L.; CONRAD, J.; WILKINSON, N.; MARTIN, F. 1997. Nivel mineral existente en suelos, forrajes y ganado bovino en Nicaragua. II. Macrominerales y composición orgánica de forrajes. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. **14**: 91-110.
- VÉRITÉ, R.; JOURNET M. 1970. Influence de la teneur en eau et de la déshidatation de l'herbe sur sa valeur alimentaire pour les vaches laitières. *Ann. Zootech.*, **19**, 255-268.
- WADE, M.; J. L. PEYROUD; G. LEMAIRE; E. A. COMERON. 1989. The dinamics of daily area and depth of grazing and herbage intake of cows in a five-aday paddock system. Page 1111 in Proc. 16th Int. Grassland Congress, Nice, France.
- WALTERS, R.J.K. 1971. Variation in the relationship between *in vitro* digestibility and voluntary dry matter intake of different grass varieties. *J. of Agric. Sci. (Camb.)*, **76**, 243-252.
- WELCH, J. G. AND SMITH, A. M. 1969. Influence of forage quality on ruminantion time in sheep. *J. Anim. Sci.* **28**:813.
- WHITE, S.L.; G. A. BENSON, S.P. WASHBURN, and J. T. GREEN, Jr. 2002. Milk production and economic measures in confinement or pasture systems using seasonally calved Holstein and Jersey cows. *J. Dairy Sci.* **85**:95-104.
- WILCOX, G. E.; HOFF, J. E.. 1974. Grass tetany: and hipotesis concerning its relationship with ammonium nutrition of spring grass. *J. Dairy Sci.* **57**: 1085-1089.
- WRIGHT, T.; MOSCARDINI, S.; P.H. LUMES; SUSMEL, P.; MCBRUIDE, B. 1998. Effects of rumen undegradable protein and feed intaek on nitrogen balance and milk protein production in dairy. *J. Dairy Sci.* **81**: 784-793.
- ZEA, J.; DIAZ, M^a D. 1996. Utilización de pastos y ensilados en la producción de carne de vacuno. *Pastos XXVI* (2): 129-173.
- ZERBINI, E.; POLAN, C.; HERBEIN, J. 1988. Effect of dietary soybean meal and fish meal an protein digeste flow in Holstein cows duraing early and midlactation. *J. Dairy Sci.* **71**:1248.

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

Cuadro 1
Composición químico-bromatológica de la hierba
aprovechada en pastoreo por año

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	Media
MS*	16,24	14,85	16,79	14,9	17,83	16,96	16,58	17,15	16,66	18,12	16,6
ENL**	1,55	1,47	1,49	1,47	1,47	1,46	1,51	1,59	1,58	1,57	1,51
EM***	10,85	10,34	10,47	10,42	10,41	10,32	10,47	10,97	10,92	10,84	10,60
PB*	20,49	18,61	18,77	22,81	20,22	16,78	19,93	19,24	19,12	18,77	19,47
FAD*	25,63	30,28	27,43	27,86	27,27	31,19	30,09	29,16	29,44	17,12	27,54
FND*	44,21	48,93	53,01	56,3	57,61	58,79	56,43	54,12	53,21	52,10	53,47
CNF*	22,03	19,02	7,48	7,48	8,99	10,81	10,15	13,03	14,3	15,61	12,89
MODv*	67,82	64,67	65,48	65,15	65,08	61,12	62,69	64,53	64,27	63,78	64,45
Ca*	0,68	0,64	0,62	0,72	0,74	0,72	0,75	0,64	0,66	0,71	0,69
P*	0,33	0,32	0,27	0,3	0,3	0,31	0,3	0,29	0,31	0,32	0,30
Mg*	0,19	0,2	0,21	0,26	0,27	0,35	0,25	0,28	0,29	0,30	0,26
K*	2,76	2,5	2,29	2,16	2,08	2,16	1,98	1,97	2,09	2,10	2,20

MS: Materia seca; ENL: Energía Neta leche; EM: Energía Metabolizable; PB: Proteína Bruta; FAD: Fibra Ácido Detergente; FND: Fibra Neutro Detergente; CNF: Carbohidratos No Fibrosos; MODv: Materia Orgánica Digestible *in vitro*; Ca: Calcio; P: Fósforo; Mg: Magnesio; K: Potasio.

* Expresado en % sobre materia seca; ** Mcal/kg de MS, *** Mj/kg de MS; MODv: digestibilidad de la materia orgánica determinada *in vitro*.

Cuadro 2
Predicción de la composición química (Y %) del pasto a partir del uno de enero (d)

Variable dependiente	Y = a + bx	R ²	ES	n
MS	Y = 3,08 + 0,14 d	0,64	3,30	352
EM*	Y = 12,66 - 0,025 d	0,82	0,35	352
PB	Y = 50,39 - 0,28 d	0,83	3,76	352
FAD	Y = 7,82 + 0,19 d	0,88	2,18	352
FND	Y = 18,30 + 0,25 d	0,86	3,16	352
MOD	Y = 84,4 - 0,17 d	0,82	2,38	352

* Mj/kg de MS; d: días

Cuadro 3
Degradación de la materia seca y proteína *in situ* del forraje bajo
condiciones de pastoreo

Valor	Mes										Significación		
	Mz	Ab	My	Jn	Jl	Ag	Se	Oc	No	Año	Mes	AxM	Vaca
	MS												
ams	48.36	42.21	40.40	39.89	37.77	38.24	44.43	49.45	51.87	ns	0.001	0.001	ns
bms	46.30	40.61	39.37	38.80	38.45	37.47	43.87	43.62	43.48	0.001	0.001	0.001	ns
cms	0.131	0.125	0.112	0.106	0.110	0.103	0.123	0.134	0.140	0.03	0.001	0.001	0.03
Dems	80.05	69.67	66.08	64.83	65.42	62.02	73.94	79.62	82.38	0.001	0.001	0.001	0.02
Dpms	94.66	82.82	79.77	78.56	78.23	76.05	88.30	93.07	95.34	0.01	0.001	0.001	0.04
	PB												
apb	43.73	41.62	40.46	38.17	40.47	39.39	46.25	50.29	53.30	ns	0.001	0.001	0.01
bpb	46.23	43.53	42.37	42.18	41.36	40.60	48.27	48.76	46.30	0.01	0.001	0.001	ns
cpb	0.137	0.129	0.118	0.110	0.116	0.109	0.127	0.139	0.146	0.001	0.001	0.001	ns
Depb	75.9	71.1	68.5	65.4	67.8	65.5	78.8	84.3	85.9	0.001	0.001	0.001	ns
Dppb	89.96	85.16	82.84	80.30	81.84	79.99	94.52	99.05	99.46	ns	0.001	0.001	ns

MS: materia seca; PB: proteína bruta; a: fracción rápidamente degradable; b: lentamente degradable; c: ritmo de degradación horaria; De: degradabilidad efectiva para un paso K=6%; Dp: degradabilidad potencial

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

Cuadro 4
Composición químico-bromatológica de la hierba

	ABRIL	MAYO	JULIO	AGOSTO	OCTUBRE	NOVIEMBRE
PB (%)	18,2c	17,5d	16,2e	15,1f	22,1b	24,1a
FAD (%)	24,3c	29,5b	32,8a	33,1a	22,6d	19,4e
FND (%)	42,3d	50,4c	56,1b	54,5a	41,6d	38,7e
MOD vitro (%)	74,9c	70,7d	60,8e	57,3f	79,3b	81,3a

a,b,c,d: Valores acompañados de distinta letra en cada fila difieren P<0.05

Cuadro 5
Resultados del balance nutricional

	ABRIL	MAYO	JULIO	AGOSTO	OCTUBRE	NOVIEMBRE
Kg (PV)	605,6	612	605	611	597,7	617
Nº vacas	3	3	3	3	3	3
Leche (kg/d)	15,7	15,2	13,05	13,36	11,43	10,98
% Proteína leche	3,14	3,09	2,85	2,86	3,12	3,29
Kg MSi	14,3	13,7	12,4	12,3	14,9	14,5
gr MS/kg pv ^{0,75}	117	113,3	101,6	100,08	123,2	117,1
% MS PV	2,36	2,23	2,04	2,01	2,49	2,35
MOD vivo (%)	77,4	71,8	62,4	59,3	80,7	81,1
DMS (%)	77,3	72,1	65,1	62,3	83,2	83,3
EM vivo/kg MS	12,15	11,29	9,8	9,31	12,67	12,73
Kg PB VL y día	2,6	2,4	2,01	1,85	3,29	3,49
kg PDR/día	2,09	1,65	1,29	1,21	2,68	3,04
kg PB Soluble /día	1,27	0,99	0,79	0,73	1,64	1,89
MJ/día	173,7	154,6	121,5	114,5	188,7	184,6
Gr NDR/MJ EM	1,92	1,7	1,69	1,69	2,27	2,63
kg FND/100 kg PV	0,99	1,12	1,15	1,09	1,14	0,91

Kg (PV): kg peso vivo por vaca; **Kg MSi:** kg Materia Seca Ingerida; **gr MS/kg pv^{0,75}:** gr Materia Seca por kg de peso metabólico; **MOD vivo (%):** Materia Orgánica Digestible *in vivo*; **Kg PB VL y día:** kg Proteína Bruta por vaca lechera y día; **kg PDR/día:** kg Proteína Degradable en Rumen por día; **MJ/día:** Megajulios de Energía Metabolizable por vaca y día; **NDR/MJ EM:** gr de Nitrógeno Degradable en Rumen por MJ de Energía Metabolizable; **kg FND/100 kg PV:** kg de Fibra Neutro Detergente por 100 kg de peso vivo

Cuadro 6
Ingestión de nutrientes

	(kg Ensilado Maíz /cabeza y día)			Significación		
	2,24	1,12	0	EMz	Año	EM*A
MSTi (Kg)	15,91	15,15	14,57	*	NS	NS
MSPi	11,03	11,39	11,93	*	NS	NS
ENL (Mcal/día)	25,14	24,05	23,22	*	NS	NS
EM (MJ/día)	175,7	168,5	163,04	*	NS	NS
PB (Kg)	2,63	2,61	2,61	NS	***	NS
PB/ENL (gr PB/Mcal de ENL)	110,6	108,5	112,7	NS	***	*
PDR (Kg)	1,74	1,72	1,76	NS	***	NS
PNDR (Kg)	0,85	0,89	0,85	NS	***	NS
NDR/MJ EM	1,57	1,64	1,72	**	***	NS
FAD (Kg)	4,54	4,27	4,05	*	*	NS
FND (Kg)	8,86	8,36	7,96	*	*	NS
MOD (kg)	10,3	9,9	9,5	**	NS	NS
Almidón (kg)	1,81	1,57	1,31	***	NS	**
Ca (g)	156,3	151,2	142,9	*	NS	*
P (g)	55,4	45,4	53,5	NS	*	NS
Mg (g)	41,1	36,9	32,9	***	***	***

MSTi: Materia Seca Total ingerida; **MSPi:** Materia Seca Pasto ingerida; **ENL:** Energía Neta de lactación; **EM:** Energía Metabolizable; **PB:** Proteína Bruta; **PDR:** Proteína Degradable en Rumen; **PNDR:** Proteína No Degradable en Rumen; **PB/ENL:** Relación Proteína bruta/Mcal de ENL; **FAD:** Fibra Acido Detergente; **FND:** Fibra Neutro Detergente. *** P<0.001; ** P<0.01; * P<0.05; NS: no significativo

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

Cuadro 7
Producción y composición química de la leche

	Kg Ensilado Maíz/cabeza y día			Significación		
	2,24	1,12	0	EMz	Año	EMz*A
Leche (l/día)	22,85	19,83	24,21	***	***	*
Grasa (%)	3,87	3,98	3,89	NS	NS	NS
Proteína (%)	3,17	3,09	2,93	***	***	***
Kg grasa / día	0,88	0,79	0,94	***	***	*
Kg proteína / día	0,72	0,61	0,71	***	***	NS
Lactosa (%)	4,67	4,62	4,73	NS	NS	NS
Magro (%)	8,41	8,54	8,40	*	NS	NS
Relación Grasa:Proteína	1,22	1,28	1,32	*	NS	NS
Mj ingerido/litro leche	7,95	8,69	6,81	***	***	*
Eficacia (%)*	65,5	70,3	76,6	***	NS	NS
Litros/kg concentrado	1,88	1,71	2,18	***	***	NS
Litros/kg pasto	1,38	1,26	1,61	***	***	NS
Mj ingerido/litro leche	7,95	8,69	6,81	***	***	*
Litros/kg ensilado	1,37	1,16	-	*	NS	NS
Litros/Mcal Enl	0,95	0,86	1,10	***	NS	NS
Litros leche totales (180 d)	4071	3528	4314	***	***	***

(*) % de leche producido con el forraje (pasto + ensilado de maíz) calculado a partir del consumo de Energía neta leche. *** P<0,001; ** P<0,01; * P<0,05; NS: no significativo

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

Cuadro 8
Ingestión de nutrientes

Maíz (kg/d)	Fuente de proteína	Período	MS (kg/d)	EM (Mj/d)	PB (kg/d)	PDR (kg/d)	PNDR (kg/d)	NDR/MJ (g/MJ)	FND (kg/d)	Almidón (kg/d)	N leche: N ingerido (%)	Energía Bruta Leche (MJ/d)	Energía Bruta Leche/EM ingerida
4	CG	1	17,6ab	193ab	3,63a	2,2abc	0,96	2,2ab	7,9ab	3,17abc	19,5c	64,88b	0,34c
	CS	2	18,5a	198a	3,28a	2,7a	1,05	1,78c	8,49a	3,37ab	25,27a	83,08a	0,42b
	CP	3	18,0ab	195ab	3,10a	2,05c	1,04	1,66c	8,22a	3,05bcd	20,88abc	64,25b	0,33c
2	CG	1	17,18ab	185ab	3,14a	2,13bc	1,01	1,83c	8,21a	3,67de	19,99abc	60,77b	0,33c
	CS	2	17,11ab	187ab	3,65a	2,69a	0,95	2,3a	7,63ab	2,77ed	24,22ab	89,32 ^a	0,48a
	CP	3	17,57ab	191ab	3,3a	2,2abc	1,08	1,82c	8,06a	2,89cd	20,09abc	61,06b	0,32c
0	CG	1	16,62ab	181ab	3,24a	2,2abc	1,01	1,93bc	7,87ab	2,31e	21,17ab	68,34b	0,38bc
	CS	2	16,0b	172b	3,09a	2,1bc	0,97	1,95bc	7,9ab	3,54a	20,94abc	62,61b	0,37bc
	CP	3	16,29ab	181ab	3,72a	2,72a	0,98	2,41a	7,12b	2,28e	18,09c	63,22b	0,35c
		Std	0,16	1,85	0,05	0,04	0,02	0,02	0,09	0,04	0,40	0,82	0,057
	MD x FP		***	***	**	***	NS	***	*	***	***	***	***
4			18,1a	196a	3,25	2,21	1,03	1,79c	8,26a	3,18a	22,2a	70,99a	0,36a
2			17,2b	187b	3,27	2,24	1,02	1,9ab	8,07ab	2,91b	20,8ab	65,98b	0,36a
0			16,2c	177c	3,26	2,26	0,99	2,02a	7,77b	2,76b	20,4b	64,47b	0,37a
Std			0,16	1,85	0,05	0,04	0,02	0,02	0,09	0,04	0,40	0,82	0,057
P<			***	***	NS	NS	NS	***	*	***	*	**	NS
	CG		17,0	185	3,25	2,25	1	1,92	9,34	2,62c	20,4b	64,4b	0,35b
	CS		17,0	184	3,26	2,26	1	1,95	8,25	3,37a	22,9a	74,07a	0,40a
	CP		17,6	191	3,27	2,22	1,04	1,85	8,33	2,87b	20,1b	62,95b	0,33b
	Std		0,16	1,85	0,05	0,04	0,02	0,02	0,09	0,04	0,40	0,82	0,057
	P<		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	***	***	***	***
		1	17,02	187	3,66a	2,69a	0,96	2,30a	7,55b	2,74b	20,61	72,47a	0,39a
		2	17,56	190	3,27b	2,22b	1,05	1,84b	8,14a	2,86b	22,18	70,83a	0,38a
		3	17,06	184	3,11b	2,10b	1,01	1,81b	9,12a	3,1a	20,61	62,56b	0,34b
		Std	0,16	1,85	0,05	0,04	0,02	0,02	0,09	0,04	0,40	0,82	0,057
		P<	NS	NS	***	***	NS	***	*	***	NS	***	***

A, b, c, d, e, f, g, h, i = Diferen P<0,05

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

Cuadro 9
Producción y composición química de la leche

Maíz (kg/d)	Fuente de proteína	Período	Litros	Grasa (%)	Proteína (%)	Lactosa (%)	Magro (%)	Urea leche (mg/l)	Grasa (kg/d)	Proteína (kg/d)	Relación GB:PB	Cambio de peso vivo (g/d)	Litros kg MS	Urea sangre (mg/l)	Glucosa sangre (mg/l)
4	CG	1	20,9d	4,04abc	3,44a	4,88ab	9,01a	179,8h	0,84d	0,70c	1,18bcd	162a	1,16c	187,7e	62,5ab
	CS	2	27,1b	3,88bc	3,06cd	4,77cd	8,56d	184,4g	1,04b	0,83b	1,26abcd	161a	1,59a	192,1e	62,94a
	CP	3	20,5c	3,93abc	3,01d	4,83bc	8,67cd	171,1i	0,80e	0,61fg	1,30ab	167a	1,25bc	184,9e	62,59ab
2	CG	1	19,06i	4,04abc	3,06cd	4,72e	8,65cd	185,3f	0,76g	0,58g	1,31ab	140b	1,31bc	196,1cde	61,08cd
	CS	2	28,6a	4,29a	3,25abc	4,83bc	8,94ab	197,5d	1,22a	0,93a	1,32ab	148b	1,14c	203,8dc	61,45abcd
	CP	3	19,47f	3,86bc	3,30ab	4,91a	8,96ab	192e	0,75i	0,64ef	1,16cd	142b	1,47ab	205,7c	61,5abc
0	CG	1	21,72c	4,07abc	3,14bcd	4,78cd	8,81bc	268,3b	0,88c	0,68cd	1,28abc	121c	1,16c	264,2b	60,12de
	CS	2	19,14h	4,21ab	3,07cd	4,65e	8,73cd	260c	0,79g	0,58g	1,36a	119c	1,23c	257,3b	48,01e
	CP	3	20,15f	3,77c	3,29ab	4,86ab	8,93ab	289a	0,75h	0,66de	1,14d	134b	1,15c	286,2a	59,05e
	MDxFP	Std	0,42	0,04	0,02	0,01	0,02	4,73	0,02	0,01	0,01	16,4	0,28	37,7	1,55
			***	*	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
4			22,88a	3,95	3,17	4,83a	8,75	178,4c	0,89b	0,71a	1,25	160a	1,26	185,5c	62,69a
2			22,4b	4,06	3,2	4,82a	8,85	191,6b	0,91a	0,71a	1,26	141b	1,22	202,1b	61,37b
0			20,34c	4,02	3,17	4,77b	8,82	272,4a	0,81c	0,64b	1,26	122c	1,27	268,9a	59,39c
Std			0,42	0,04	0,02	0,01	0,02	4,73	0,02	0,01	0,01	16,4	0,28	37,7	1,55
P<			***	NS	NS	***	NS	***	***	***	NS	***	NS	***	***
	CG		20,57b	3,86b	3,21	4,79b	8,82ab	211,1	0,83b	0,65b	1,26ab	141	1,21b	219,0ab	61,07
	CS		24,98a	4,12a	3,12	4,75b	8,74b	214	1,02a	0,78a	1,31a	142	1,37a	216,1b	61,13
	CP		20,06c	4,05a	3,20	4,87a	8,86a	217,4	0,73c	0,63b	1,20b	147	1,17b	224,3a	61,25
	Std		0,42	0,04	0,02	0,01	0,02	4,73	0,02	0,01	0,01	16,4	0,28	37,7	1,55
	P<		***	**	NS	***	*	NS	***	***	**	NS	***	***	NS
		1	23,24a	4,03	3,32a	4,86a	8,96a	222	0,94a	0,76a	1,21b	141	1,33a	225,9a	61,54
		2	22,78a	3,94	3,17b	4,82a	8,78b	214	0,89a	0,71a	1,23b	142	1,31a	220,6a	60,96
		3	19,58b	4,06	3,05c	4,73b	8,68b	205	0,78b	0,59b	1,32a	147	1,18b	213,8b	61,54
		Std	4,04	0,38	0,23	0,10	0,24	44,8	0,19	0,13	0,15	16,4	0,28	37,7	1,55
		P<	***	NS	***	***	***	NS	***	***	**	NS	***	***	NS

A, b, c, d, e, f, g, h, i = Diferen P<0,05

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

Cuadro 10
Ingestión de nutrientes

Pastoreo (horas)	Concentrado (kg/d)	MS (kg/d)	MS ensilado (kg/d)	MS pasto (kg/d)	EM (Mj/d)	PB (kg/d)	PDR (kg/d)	PNDR (kg/d)	NDR/MJ (g/MJ)	Almidón (kg/d)	FND (kg/d)	Energía Bruta Leche/ EM ingerida (%)	N leche / N ingerido (%)	Cambio peso (g/d)
Parcial	2	16,89b	6,63a	8,26c	175,9b	2,94b	2,15b	0,78b	1,95	1,7d	8,11a	38,5c	22,6b	149a
	4	17,46a	5,88b	8,15c	193,8a	3,16a	2,31a	0,85ab	1,91	2,65b	8,21a	35d	20,8c	162a
Completo	2	16c	2c	11,71a	169d	3,01b	2,09b	0,92a	1,97	2,38c	7,21b	52,6a	26,4a	84c
	4	16,5bc	2c	10,5b	180,3b	3,07ab	2,17b	0,89a	1,93	3,15a	6,9b	46,5b	24,4,a	110b
Std		0,099	0,22	0,16	1,28	0,021	0,02	0,01	0,013	0,06	0,077	0,77	0,29	0,017
Interacción		NS	***	***	***	***	*	*	NS	***	**	***	*	***
Parcial		17,17	6,25	8,20	184,9	3,05	2,23	0,81	1,93	2,18	8,16	37	22,7	150
Compelto		16,26	2	11,08	175,0	3,04	2,13	0,91	1,95	2,78	7,05	49,4	25,88	97
P<		***	***	***	***	NS	***	***	NS	***	***	***	***	***
	2	16,48	-	9,99	173,8	2,98	2,13	0,85	1,96	2,06	7,66	45,6	24,95	136
	4	16,95	-	9,20	186,6	3,10	2,23	0,87	1,91	2,89	7,56	40,8	23,65	116
P<		***	***	***	***	***	**	NS	NS	***	NS	***	***	***

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

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

Cuadro 11
Balance de nitrógeno y digestibilidad

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

a,b: valores acompañados de distinta letra dentro de cada columna difieren P<0,05

Std: error estandar de la media

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

Cuadro 12
Producción y composición química de la leche según el tiempo de pastoreo y concentrado

Pastoreo (horas)	Concentrado (kg/d)	Leche (kg/d)	Leche (kg al 4% grasa)	Grasa (%)	Grasa (kg/d)	Proteína (%)	Proteína (kg/d)	Lactosa (%)	SNG (%)	SNG (kg/d)	Urea (mg/l)	RCS*	Relación GB/PB	Energía Bruta Leche (MJ/d)
Parcial	2	20,8b	21,8b	4,41a	0,90b	3,39a	0,69b	4,82b	8,95a	1,85b	42,6a	164a	1,19a	62,28c
	4	21,2b	22,5b	4,49a	0,93b	3,40a	0,70b	4,85a	8,98a	1,89b	41,8a	130b	1,32a	68,18c
Completo	2	26,3a	25,8a	3,88c	1,02a	3,01c	0,78a	4,87a	8,71b	2,29a	35,9b	36c	1,29a	88,65a
	4	26,1a	26,5a	4,07b	1,07a	3,12b	0,81a	4,81b	8,86ab	2,31a	35,1b	46c	1,24b	83,97a
Std		0,23	0,23	0,098	0,009	0,013	0,006	0,004	0,03	0,023	0,50	4,99	0,006	1,06
Interacción		NS	NS	NS	NS	*	NS	***	NS	NS	NS	*	***	***
Parcial		21,0	22,1	4,45	0,91	3,39	0,70	4,84	8,97	1,87	42,2	147	1,31	68,23
Completo		26,2	26,2	3,97	1,04	3,06	0,79	4,84	8,79	2,30	35,5	41	1,26	86,21
P<		***	***	***	***	***	***	NS	***	***	***	***	***	***
	2	23,6	23,8	4,14	0,96	3,20	0,74	4,84	8,83	2,07	39,3	100	1,29	78,6a
	4	23,5	24,5	4,28	1	3,25	0,76	4,83	8,92	2,1	38,4	88	1,28	75,8b
P<		NS	NS	***	NS	**	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	***

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

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

Cuadro 13
ENL consumida en cada fase de la lactación

Estado de lactación	ENL (Mcal cab. y día)
Cabeza	24,65
Media	22,45
Cola	25,44
Seco	20,4

Cuadro 14
Consumo de nutrientes, producción y composición química de la leche

Item	5 kg	2,5 kg	0 kg
KG MS	14,82 ^a	13,54 ^b	12,57 ^c
ENL	24,89 ^a	21,72 ^b	19,31 ^c
PB (kg)	2,86 ^a	2,62 ^b	2,44 ^c
FND (kg)	7,77 ^a	7,40 ^{ab}	7,18 ^b
FND 100 kg pv	1,27 ^a	1,19 ^{ab}	1,18 ^b
MOD (kg)	10,18 ^a	8,92 ^b	8 ^c
PDR (kg)	1,94 ^a	1,85 ^{ab}	1,73 ^b
PNDR (kg)	0,90 ^a	0,76 ^b	0,61 ^c
Leche (t/c)	17,67 ^a	16,33 ^b	17,30 ^a
Grasa (%)	3,99 ^a	3,98 ^a	4,04 ^a
Proteína (%)	3,14 ^a	3 ^b	2,84 ^c
Lactosa (%)	4,54 ^a	4,39 ^b	4,42 ^b
Magro (%)	8,36 ^a	8,10 ^b	7,94 ^c
MS/kg pv	2,38 ^a	2,20 ^b	2,03 ^c

a,b,c: Valores acompañados de distinta letra dentro de cada fila difieren P<0,05

Cuadro 15
Margen bruto sobre concentrados

Item	5 kg	2,5 kg	0 kg
Eficacia (%) ¹	64,54 ^c	75,91 ^b	97,95 ^a
Litros/kg concentrado	0,83 ^b	1,17 ^a	0 ^c
Litros/kg pasto	1,10 ^b	1,18 ^b	1,35 ^a
Días de ordeño	277 ^a	271 ^b	247 ^c
Kg concentrado	1385 ^a	692 ^b	0 ^c
Litros en la lactación	5403 ^a	5057 ^b	4247 ^c
Pts litro leche ²	47,36	46,5	46,23
Pts kg concentrado	41,9	41,9	-
PB total	255886 ^a	235150 ^b	196338 ^c
MB sobre concentrados	197854 ^a	206155 ^a	196338 ^a

¹ Litros producidos con el pasto desde la energía ingerida.

² (incluye los descuentos y bonificaciones por grasa y proteína). Precios de 1995.

a,b,c: Valores acompañados de distinta letra dentro de cada fila difieren P<0,05

Cuadro 16
Necesidades de proteína degradable e indegradable y proteína bruta

	Producción de leche					
	10 l/día		30 l/d		50 l/d	
	NRC (1989)	ARC (1984)	NRC (1989)	ARC (1984)	NRC (1989)	ARC (1984)
PDR	906	919	1803	1725	2707	2546
PNDR	500	206	1098	531	1643	844
PB	1406	1125	2901	2256	4351	3391
(*)	64,4	75	62,1	76,4	62,2	75

(*) % de la PDR sobre la proteína total.

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

Cuadro 17
Ingestión de nutrientes

	Pescado	Soja	Algodón	sd
MS kg cab y día	16,63	16,44	16,51	2,29
ENI (Mcal/d)	27,98	27,75	27,26	4,08
CNF (kg/d)	3,5	3,5	2,56	0,77
PB (kg/d)	4,10	4,11	4,08	0,56
PB:ENL (g/Mcal)	145,9	148,9	148,09	13,15
FND (kg/d)	7,36	7,79	7,9	0,69
FAD (kg/d)	3,55	3,69	4,5	0,92
PDR (kg/d)	2,52	2,89	2,77	0,73
PNDR (kg/d)	1,58	1,25	1,31	0,32
Eficiencia bruta (litros leche 4% graso/kg MS ingerida)	2,2	2,17	2,23	0,15
Cambio peso (kg/día)	+0,124	+0,092	+0,136	***

*** (P<0.001); sd: desviación estandar

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

Cuadro 18
Producción y composición química de la leche y del suero sanguíneo

Periodos	Item	CP	CS	CA	sd	
Período 1	Litros leche	25,31	26,37	27,52	6,7	
	% Grasa	4,34	4,32	4,03	0,9	
	Grasa:Proteína (leche)	1,39	1,36	1,35	0,33	
	% Lactosa	4,86	4,76	4,87	0,18	
	% Magro	8,69	8,58	8,55	0,27	
	% Proteína (Nt x 6,38)	3,11	3,16	2,97	0,33	
	Caseína %	2,44	2,48	2,34	0,26	
	Urea leche (mg/l)	309	272	329	55	
	N Protéico % sobre N total	92,9	94,3	92,7	1,39	
	N Protéico %	2,89	2,97	2,75	1,39	
	Urea sérica (mg/dl)	26,7	30,4	31	2,80	
	Glucosa (mg/dl)	53,10	54,1	56,1	1,04	
	Proteína bruta sérica (g/dl)	6,74	6,85	6,74	0,17	
	Período 2	Litros leche	26,94	26,56	24,02	5,82
		% Grasa	3,89	3,91	4,49	0,87
Grasa:Proteína (leche)		1,24	1,30	1,39	0,30	
% Lactosa		4,83	4,92	4,87	0,20	
% Magro		8,63	8,62	8,66	0,32	
% Proteína (Nt x 6,38)		3,12	3,00	3,23	0,34	
Caseína %		2,45	2,36	2,55	0,27	
Urea leche (mg/l)		313	349	395	92	
N Protéico % sobre N total		93,37	92,41	91,81	2,01	
N Protéico %		2,91	2,77	2,96	2,01	
Urea sérica (mg/dl)		21,8	19,38	20,3	2,36	
Glucosa (mg/dl)		58,3	59,3	60,1	1,30	
Proteína bruta sérica (g/dl)		6,67	6,77	6,63	0,10	
Período 3		Litros leche	25,95	23,02	27,41	4,72
		% Grasa	3,42	3,82	3,64	0,49
	Grasa:Proteína (leche)	1,14	1,24	1,20	0,18	
	% Lactosa	4,83	4,87	4,85	0,19	
	% Magro	8,47	8,56	8,53	0,32	
	% Proteína (Nt x 6,38)	2,98	3,06	3,01	0,26	
	Caseína %	2,34	2,41	2,37	0,21	
	Urea leche (mg/l)	360	414	393	73	
	N Protéico % sobre N total	92,19	90,92	91,38	1,82	
	N Protéico %	2,74	2,78	2,75	1,82	
	Urea sérica (mg/dl)	20,9	25	27,8	2,12	
	Glucosa (mg/dl)	61,3	62,4	62,8	1,03	
	Proteína bruta sérica (g/dl)	6,79	6,88	6,96	0,14	

Experimento completo

Item	CP	CS	CA	Fuente Proteína
Litros leche	26,06	25,12	25,6	NS
Litros/vaca	3283	3165	3225	NS
Litros al 4% graso	25,17	25,43	26,4	*
% Grasa	3,75	3,98	4,21	*
Grasa:Proteína	1,22	1,30	1,35	*
% Lactosa	4,84	4,86	4,87	NS
% Magro	8,58	8,59	8,61	NS
% Proteína	3,06	3,06	3,11	NS
Caseína %	2,4	2,41	2,46	NS
Urea leche (mg/l)	329	329	379	**
NP % sobre N/t	92,88	92,19	92,05	NS
N Proteico %	2,84	2,82	2,86	NS
Eficiencia del N ²	23,13	19,3	19,25	*
Urea sérica (mg/dl)	24,12	26	29,9	NS
Glucosa (mg/dl)	58,1	59,2	60,3	NS
Proteína suero (g/dl)	6,82	6,85	6,81	NS

¹(N leche como el % de N consumido); * (P<0.05); ** (P<0.01); *** (P<0.001); NS: no significativo

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

Cuadro 19
Concentración de calcio en el suero sanguíneo (mg/dl)

Días ordeño	Lote		
	1	2	3
0-50	8,91±0,14	8,83±0,10	8,84±0,11
50-100	8,97±0,02	9,12±0,05	9,08±0,03
100-150	9,48±0,09	9,56±0,08	9,49±0,06
150-200	9,93±0,04	9,83±0,04	9,90±0,05
200-250	10,15±0,05	10,14±0,05	10,09±0,03
250-300	10,14±0,07	10,12±0,04	10,22±0,11
Secas	10,55±0,05	10,54±0,06	10,54±0,07
Medias	9,73a	9,74a	9,74a

Cuadro 20
Concentración de fósforo en el suero sanguíneo (mg/dl)

Días ordeño	Lote		
	1	2	3
0-50	4,73±0,03	4,82±0,01	4,78±0,04
50-100	4,60±0,03	4,67±0,06	4,75±0,12
100-150	4,74±0,14	4,68±0,09	4,68±0,07
150-200	4,72±0,02	4,55±0,03	4,66±0,08
200-250	4,75±0,09	4,68±0,06	4,65±0,10
250-300	5,03±0,06	4,98±0,12	4,85±0,08
Secas	6,07±0,12	5,86±0,05	5,78±0,04
Medias	4,98a	4,89b	4,87b

Cuadro 21
Concentración de magnesio en suero sanguíneo (mg/dl)

Días ordeño	Lote		
	1	2	3
0-50	2,11±0,01	2,05±0,02	1,98±0,04
50-100	2,10±0,03	2,08±0,01	2,04±0,02
100-150	1,97±0,01	2±0,02	1,88±0,07
150-200	2,04±0,02	2,02±0,01	1,96±0,02
200-250	2,15±0,04	2,09±0,07	1,96±0,01
250-300	2,20±0,06	2,07±0,02	1,99±0,01
Secas	2,29±0,16	2,14±0,02	2,10±0,07
Medias	2,12a	2,06b	1,98c

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

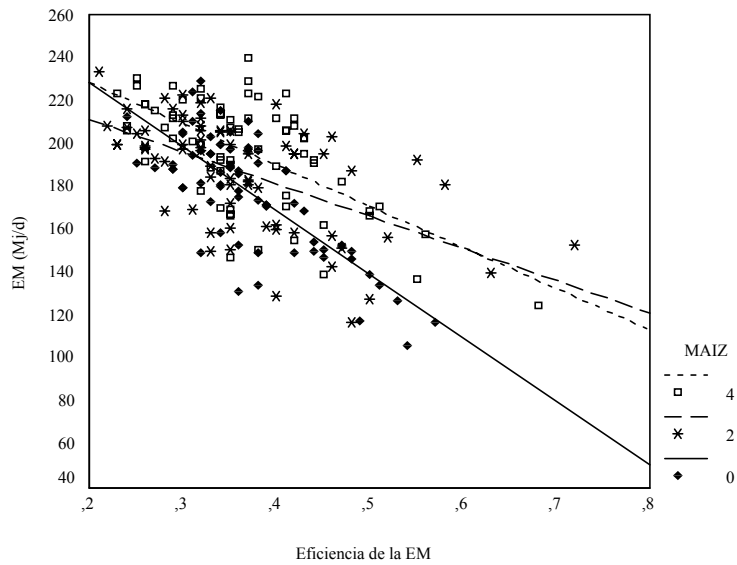
Cuadro 22
Producción de leche y sus componentes

AÑO	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Medias
Carga/ha	1,67	2,23	2,51	2,5	2,5	2,55	2,77	2,40	2,43	2,50	2,68	2,54	2,43
Concentrado/ha	1037	1485	1134	1600	2022	2035	3462	1620	1640	1688	1943	1727	1781
MS neta /ha	8383	12095	11269	11284	9882	12097	8274	9699	9874	9785	10245	11208	10341
Lt/vaca	4781	5551	5203	5335	5060	5658	5682	6186	6139	6460	6067	6090	5684
Litros/ha (forraje+concentr)	7985	12379	13060	13339	12650	15672	14527	15495	15347	16150	16259	15468	14027
Leche forraje (litros/ha)	6885	10652	11233	12867	11927	14083	10221	12456	12887	13727	13739	12857	11961
Eficiencia leche (%)	86,22	86,05	86,01	96,46	94,28	89,86	70,36	80,39	83,97	85,00	84,50	83,12	85,52
Efic. utilización pasto (%)	94,35	94,86	91,43	97,67	97,86	94,10	88,87	83,40	84,10	80,70	84,50	83,12	98,58
Kg Grasa láctea/ha	270	454	491	535	529	588	626	580	583	618	678	634	551
kg. ESU ¹ /ha	514	839	896	960	927	1047	1106	1036	1056	1127	1193	1132	986
Kg Proteína láctea/ha	244	385	405	425	398	458	480	455	472	508	515	498	436
Kg SNG/ha ²	674	1045	1111	1162	1087	1240	1380	1288	1299	1394	1418	1347	1210

¹ESU: Extracto Seco Útil (Grasa + Proteína); ²: Sólidos No Grasos por ha

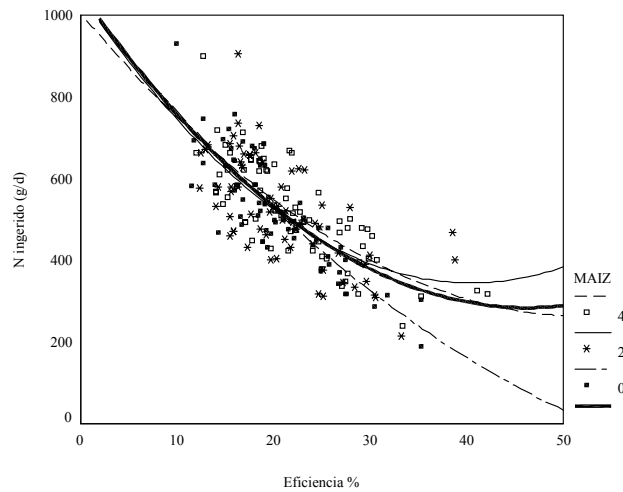
Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

Figura 1
Relación entre la eficiencia de utilización de la EM y la ingestión de EM



Y (%) para 4 kg MD = $0,76 - 0,002 \text{ EM (MJ/d)}; \pm 0,064; r^2=0,39$
Y (%) para 2 kg MD = $0,77 - 0,0022 \text{ EM (MJ/d)}; \pm 0,08; r^2=0,32$
Y (%) para 0 kg MD = $0,72 - 0,0019 \text{ EM (MJ/d)}; \pm 0,046; r^2=0,57$

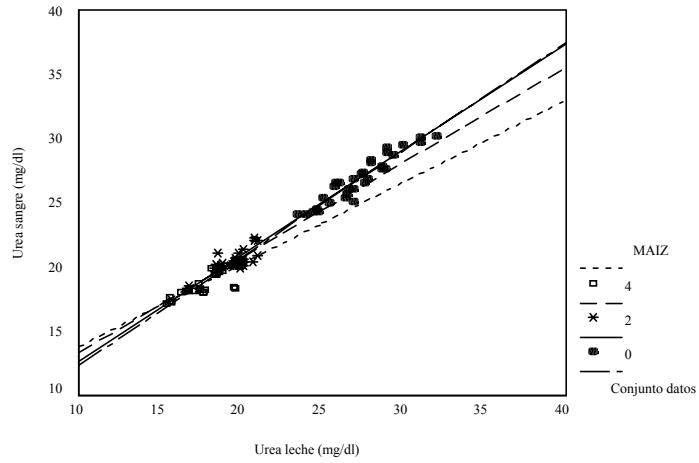
Figura 2
Eficiencia del N para la producción de leche



$Y = 52,69 + 0,000049 x^2 - 0,087 x; \pm 3,6; r^2 = 0,61$

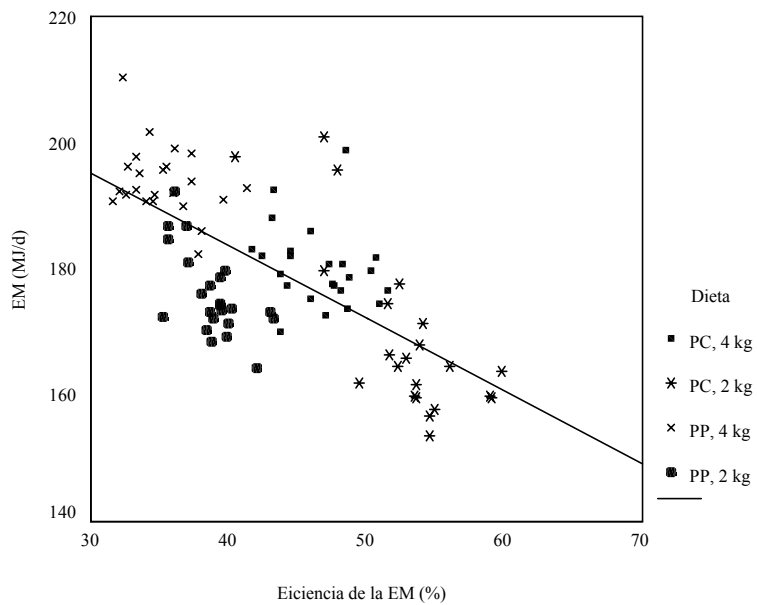
Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

Figura 3
Relación entre urea leche urea sangre



$$\text{Urea leche (mg/dl)} = 1,16 \times \text{Urea sangre (mg/dl)} - 4,2; \pm 1,31; r^2 = 0,91$$

Figura 4
Relación entre la eficiencia de utilización de la EM y el consumo de EM



Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

Figura 5
Relación entre la eficiencia de utilización del N y el consumo de EM

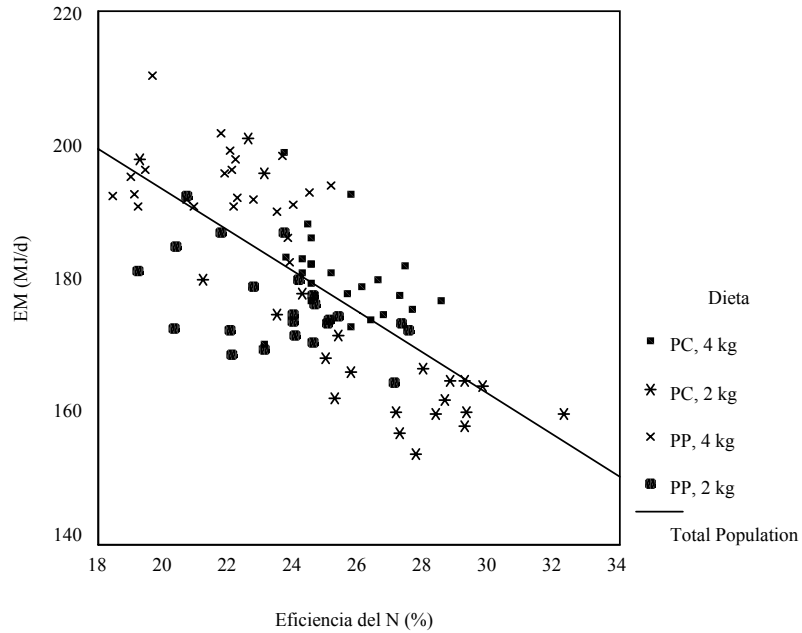
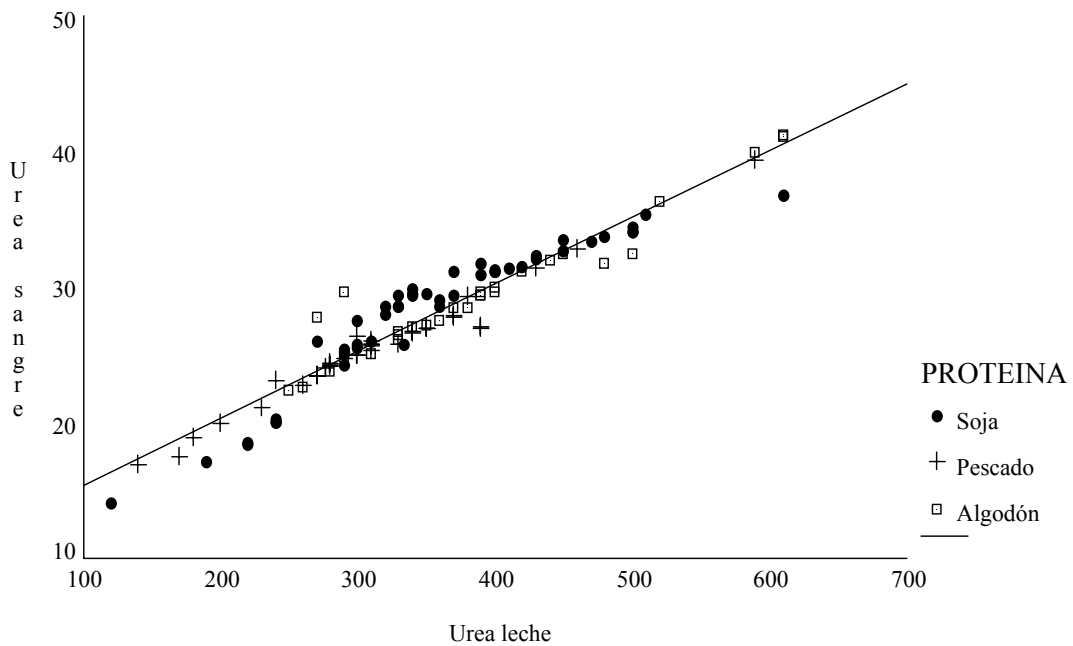


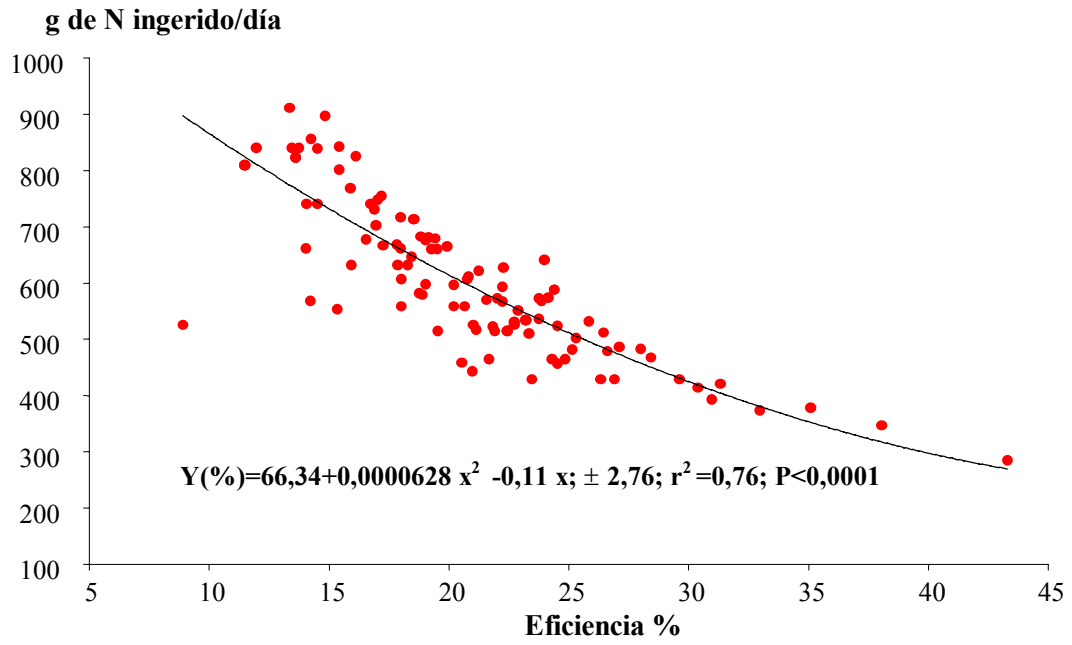
Figura 6
Relación entre urea leche y urea sangre



$$\text{Urea sangre (mg/dl)} = 10,47 + 0,049 \text{ urea leche (mg/l)}; r^2=0,92, P<0,001$$

Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

Figura 7
Eficacia del N para la producción de leche



Suplementación de vacas lecheras en pastoreo
Salcedo, G.

Figura 8
% de Proteína en la leche

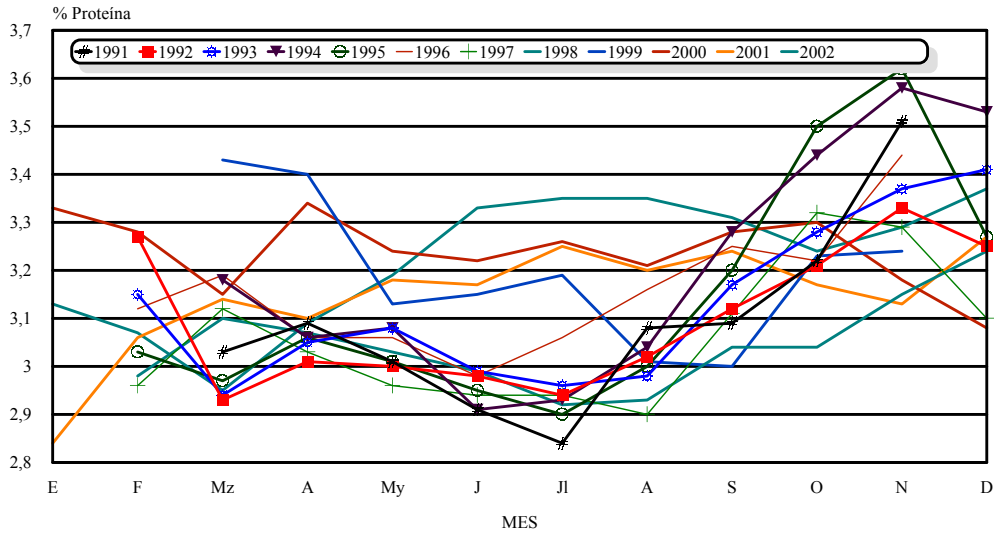


Figura 8
% de Grasa en la leche

