

## ALGUNOS ASPECTOS DE LA NUTRICION

### EN BOVINOS LECHEROS

Prof. Dr. Pablo Colucci <sup>1</sup>

#### INTRODUCCION

Anatómicamente el tracto digestivo de los ruminantes difiere del de otras especies de mamíferos. La naturaleza compleja de los pre-estómagos crea una / serie de dificultades en relación al entendimiento de la dinámica metabólica de estas especies. Una consecuencia de la arquitectura gastrointestinal única es que la verdadera dieta del ruminante no es lo que el animal come, sino que es una combinación de productos de fermentación y material dietético que esca pa a la acción del rumen.

Los cambios más salientes que se producen en la dieta son por un lado la conversión de la proteína dietética en proteína microbiana y la conversión de los glúcidos en una gama variada de compuestos no glucídicos. El rol que cumple el ruminante como transformador de alimentos no aptos para el consumo humano en productos de alto valor biológico ( carne, leche, lana, etc.) radica // principalmente en el hecho de que la celulosa y otros polímeros estructurales relacionados a la misma en la pared celular vegetal, constituyen la fuente // primaria de energía. La energía contenida en estos polímeros no es disponible para los animales superiores dado que no existen las enzimas necesarias para su digestión. Un número elevado de bacterias son capaces de digerir la pared celular vegetal; y los herbívoros de todos los tipos han adoptado estas bacte rias anaeróbicas como fuente de celulasas y hemicelulasas.

Una eficiente producción requiere siempre una buena conversión del alimento en productos animales. Una buena conversión alimenticia será solo lograda sí el animal durante su ciclo es capaz de obtener del alimento un margen /

---

<sup>1</sup> Profesor de la Cátedra de Nutrición Animal  
Facultad de Veterinaria - Montevideo - Uruguay.

substancial de nutrientes en relación a las pérdidas metabólicas obligadas. Un problema serio es el de lograr una reducción en la proporción de la dieta que es destinada a requerimientos de mantenimiento. El método más sencillo al respecto (por lo menos teóricamente) es incrementar la cantidad total de alimento consumido.

La vaca lechera ofrece una serie de problemas particulares referidos al aporte de materiales proveedores de energía y proteínas. El turnover de metabolitos que un animal con una producción de leche alta debe de realizar es realmente elevado. Un buen ejemplo, es el comparar la cantidad de materia seca contenida en el total de leche producida en una lactancia, con la materia seca de una vaca de X Kgs.. (Tabla 1). Con estos valores podemos estimar que un animal con este peso corporal y produciendo esta cantidad de leche, elimina en una lactancia 2,4 veces la cantidad de materia seca contenida en el organismo de la vaca. Esto nos da una idea del stress que soportan animales con niveles de producción como los mencionados.

La producción de leche es en general más intensiva que la producción de carne o de lana, y demanda o requiere un consumo mayor y por tanto forrajes de mayor calidad. El aspecto de calidad del forraje es una de las razones de la adaptación de las explotaciones lecheras a zonas templadas. Las leguminosas son superiores a las gramíneas ya que contienen menor cantidad de pared celular, un factor fundamental en la eficiencia y en el consumo voluntario. Una excepción es el rye grass perenne adaptado a Gran Bretaña y noreste de Europa. En ese caso la selección del forraje está marcada por razones económicas de fertilización nitrogenada.

Es importante tener presente el tipo y cantidad de forraje necesario para aportar los requerimientos de nutrientes para un tipo particular de animal. El ganado lechero en ese sentido tiene los requerimientos mayores, seguido de cerca por la oveja preñada, mientras que la vaca de carne en / lactancia tiene requerimientos menores. Los requerimientos menores corresponden a vacas maduras secas. La vaca lechera en lactancia y la oveja preñada presentan una susceptibilidad especial para sufrir problemas nutricionales y cetosis, ya que en muchas circunstancias no pueden derivar sus requerimientos energéticos del alimento. En esta figura se muestra la capacidad relativa de varios forrajes. Las leguminosas se presentan como superiores ya que son consumidas a niveles más altos y contienen niveles mayores de proteína.

#### PRODUCCION DE LECHE

La cantidad de leche que produce una vaca (figura 2) resulta de la interacción de factores que determinan por un lado la capacidad fisiológica para producir leche y por otro la cantidad de nutrientes disponibles para el animal. Los primeros incluyen, constitución genética, historia nutricional y período de lactancia. El nivel de nutrición y el tipo de dieta ejercen una acción sobre los nutrientes disponibles para la producción de leche. Estos dos últimos factores pueden ser manipulados de forma de obtener mayor cantidad de leche. En la medida que la selección animal ha logrado obtener animales con mayor potencial de producción lechera, nuevos problemas se van presentando. Hoy en día el problema más frecuente es el de falta de energía, debido a que la vaca es incapaz de consumir suficiente cantidad de alimento para mantener los altos niveles de producción. En esta charla trataremos de discutir algunos puntos más salientes (de acuerdo a nuestro criterio) / en la alimentación del ganado lechero, aspectos tales como control de consumo voluntario de alimentos por los ruminantes, así como algunos aspectos concernientes a la calidad de los alimentos.

## CONSUMO VOLUNTARIO

El consumo de alimentos es un aspecto fundamental de la nutrición, dado que marca el ingreso de nutrientes y de esa forma determina la respuesta animal. Al comienzo de la lactancia el animal no puede consumir lo que necesita de acuerdo a la producción de leche. Un entendimiento de los factores que regulan el consumo de materia seca es de fundamental importancia.

Los factores de mayor importancia en la regulación del consumo son, / el tamaño corporal y el estado fisiológico del animal, la composición química y la forma física del alimento y el tiempo de acceso al mismo. En el caso de animales en pastoreo el consumo está también dependiendo de ciertas condiciones ambientales y de la pastura.

Tamaño corporal

El tamaño o peso corporal del animal es crítico ya que determina el volumen de la cavidad abdominal, la que a su vez limita la expansión máxima / del rumen. Con dietas altas en concentrados esto sería secundario, pero se vuelve de fundamental importancia con dietas de forrajes.

Desde el punto de vista matemático dos expresiones son usadas cuando // se hace referencia a consumo: consumo por unidad de peso o tamaño metabólico ( $BW \text{ Kg}^{0.75}$ ) y como un porcentaje del peso corporal ( $100 \text{ Kg}^1$ ). El uso de la primera forma de expresión se justifica al asumir que los requerimientos metabólicos están relacionados al tamaño metabólico. (\*)

En este momento me gustaría apartarme un poco del tema de consumo voluntario y dar algunos conceptos que creo de interés. Decíamos que los requerimientos de los animales homeotérmicos están relacionados al tamaño // metabólico, una relación que en general es proporcional a la potencia  $3/4$  del peso corporal. La misma se aplica a animales homeotérmicos de distintas especies. La relación es descrita por la ecuación de Brody

$$M = 0.035 W^{0.75}$$

donde M son los requerimientos metabólicos (Kg. de nutrientes digestibles). La consecuencia de esto es que los homeotermos de pequeño tamaño tienen un costo mayor de mantenimiento por unidad de peso corporal.

Con este planteamiento es entonces interesante considerar la relación entre capacidad gastrointestinal con el peso corporal. Para que la relación entre peso corporal y necesidades de mantenimiento se mantengan, la capacidad gastrointestinal debería variar en proporción al tamaño metabólico (potencia  $0.7$  o cercana). Si así fuera, la capacidad gastrointestinal sería mayor (proporcionalmente) cuando el peso corporal disminuye. De otra forma / el status nutricional en los animales más pequeños debería estar balanceado por tasas de digestión y de pasaje de la digesta mayores. En esta figura se ve que el contenido gastrointestinal o capacidad gastrointestinal va ría directamente con el peso corporal. Más aún, los ruminantes y los herbívoros no ruminantes caen en la misma línea.

La transformación logarítmica en este caso es necesaria para establecer la potencia relacionada a la capacidad digestiva. La pendiente de la / función (potencia) es mayor que  $1$ , aunque muy cercano. Este valor ligeramente superior a  $1$  significa que en la medida que el tamaño del animal disminuye, el tamaño relativo del tracto gastrointestinal (% del peso corporal) / también disminuye. Es interesante señalar que la misma tendencia se observa cuando se relaciona el contenido fermentativo con el peso corporal. Las consecuencias de este tipo de relación podrían servir para establecer límites de tamaño óptimo para especies herbívoras. Lo paradójico de esto es que

(\*) La expresión directa es más sencilla de usar y está basada en el hecho de que existen resultados experimentales [22] que indican que existe una relación muy pequeña entre consumo y peso metabólico.

los animales herbívoros se encuentran en una situación tal en que en la medida que el tamaño disminuye los requerimientos energéticos por unidad de peso se incrementan y el contenido gastrointestinal total así como la masa fermentativa por unidad de peso disminuye (figura 5).

#### Mecanismos fisiológicos de la regulación del consumo

Los ruminantes presentan problemas especiales en el estudio de la respuesta que ocasiona el consumo de alimento en relación a su regulación. En animales monogástricos una teoría favorecida por muchos investigadores, es la glucostática que implica un aumento de la glucemia luego de la ingestión de alimentos, esta elevación de la glucemia estimula centros reguladores en el hipotálamo que dan lugar a señales que causan el cese de la ingestión de dieta. Estos sistemas de control se basan en el concepto de saciedad, el animal come hasta que sus requerimientos metabólicos son satisfechos. El exceso de un nutriente, tal como la glucosa actúa como el mecanismo "disparador" que causa el cese de ingestión de alimento.

En el caso de los ruminantes, existen 2 problemas. 1) El rumiante funcional no presenta una elevación de la glucemia postalimenticia, y esto es independiente de la cantidad de carbohidratos digeribles consumidos. Esto no es sorprendente, dado que la mayor parte de los azúcares y el almidón // consumidos son fermentados en el rumen y transformados en AGV y bacterias; los requerimientos de glucosa del animal deben de derivar de los mecanismos de gluconeogénesis a partir de otros metabolitos. Una versión adaptada (proveniente de los estudios en monogástricos) es de que el ácido acético u otro metabolito es el "disparador" que causa el cese de ingestión. 2) El otro problema es el referente a la respuesta a dietas de baja densidad calórica, es decir dietas de calidad baja en general. En este caso existen varias alternativas tales como el concepto de distensión gastrointestinal o ruminal que ejercería su efecto a través de disconfort u otros mecanismos / fisiológicos. En ciertos casos factores dietéticos pueden limitar el consumo al causar fermentaciones ruminales lentas, donde los requerimientos bacterianos no son satisfechos.

#### Influencia de deficiencias dietéticas

El problema de consumo voluntario es discutido frecuentemente en conexión a dietas de distinta densidad calórica. Sin embargo, la concentración y el consumo adecuado de ciertos nutrientes (minerales, nitrógeno), tiene una influencia directa en el consumo global de materia seca y en las funciones del animal. Si la calidad o valor nutritivo de la dieta es muy pobre, de forma tal que los requerimientos específicos de la micropoblación ruminal no // son satisfechos, esta deficiencia ejerce su efecto sobre el animal. Generalmente este efecto es adverso. Un ejemplo, es el caso de deficiencia de N, // donde se constata una disminución del consumo asociada a dietas de bajo contenido en N. La depresión se asocia con un contenido de nitrógeno menor del 7%. Este nivel está por debajo de los requerimientos de la micropoblación // ruminal. El punto de inflexión de la gráfica representa el nivel crítico por debajo del cual el animal presenta una verdadera deficiencia de nitrógeno // que no alcanza a ser compensada por los mecanismos de reciclaje. Respecto a este problema específico ha existido cierta controversia en relación al verdadero mecanismo que estaría limitando el consumo. Como habíamos dicho antes puede deberse a un retardo en la fermentación ruminal debido a insuficiencia de N, o alternativamente que con este tipo de dieta la cantidad de proteína que el animal recibe es inadecuada. Si bien se ha demostrado un aumento del // consumo al suplementar con aminoácidos colocados directamente en el tracto / digestivo bajo, esto no es evidencia concluyente para distinguir el rol limitante de la fermentación bacteriana de los requerimientos de aminoácidos del animal. Con este tipo de suplementación aumenta la cantidad de N que es reciclado tanto a través de la pared ruminal como por la saliva.

### Distensión gastrointestinal

Existe considerable evidencia de que el volumen dietético limita el / consumo por problemas de capacidad de distensión del tracto digestivo. Esto ha sido demostrado de varias formas: administrando dietas de baja densidad, desplazamiento de espacio gastrointestinal con materiales inertes, etc. Incluso es bien sabido que el molido fino y el peleteado tiene un efecto positivo al incrementar el consumo. Para un mejor entendimiento de este punto sería interesante considerar algunos aspectos de la dinámica digestiva del rumiante.

El proceso digestivo del rumiante es un sistema dinámico que consta de la entrada de alimento al rumen y pasaje de líquidos y bacterias y residuos del alimento no digeridos hacia el omaso. A través de su curso, varios productos son absorbidos, por ejemplo AGV en el rumen, mientras que los aminoácidos y ácidos grasos de cadena larga son absorbidos posteriormente. En // forma sucesiva en el tracto digestivo bajo, la digestión enzimática (abomaso duodeno, etc.) es seguida de fermentación en el ciego y en el intestino grueso de aquellas fracciones que resistieron o escaparon a la acción digestiva previa. Esta secuencia digestiva puede ser fraccionada en una serie de compartimentos, el primero y mayor corresponde al reticulorumen. Funcionalmente existe una tendencia a considerar el tracto digestivo de los rumiantes como formado por dos ~~compartimentos~~ matemáticos: el reticulorumen y el tracto bajo.

El alimento y el agua ingerida desaparecen de un compartimento de dos formas: a través de los procesos digestivos y subsecuente absorción y por / pasaje a otro compartimento. En este contexto la tasa de eliminación o desaparición dentro de un compartimento será la suma de las tasas de pasaje o tránsito y de digestión. La tasa de pasaje o velocidad de tránsito de la digestión está referida en un sentido matemático al pasaje de material no digerido. Tránsito y digestión son procesos competitivos en la remoción de la digesta. La tasa relativa de digestión comparada o enfrentada a la velocidad de tránsito determinará el grado de digestión dentro del rumen y en términos generales en todo el TGI. Este concepto es fundamental para poder entender la respuesta negativa que se observa en los valores de digestibilidad al aumentar el consumo de alimento. A su vez permite explicar el efecto también negativo sobre los valores de digestibilidad que causa el molido y el peleteado de los alimentos.

### Densidad calórica

La relación entre digestibilidad de la dieta y consumo de la misma puede ser positiva o negativa y esto dependerá del rango en los valores de digestibilidad considerados, es decir, cuáles son los niveles de digestibilidad.

Si asumimos que los animales comen hasta saciarse, el consumo de una / dieta de baja digestibilidad deberá ser mayor que el de una dieta de alta digestibilidad para obtener el número requerido de calorías. De esta forma se postula una relación negativa entre ambos parámetros.

Los alimentos de baja calidad, con valores bajos de digestibilidad con tienen (o mejor dicho no contienen) factores que limitan el consumo, dentro de estos tenemos el volumen o algún tipo de deficiencia. En este caso la relación sería positiva. Estos dos conceptos contrastan pero pueden ser tomados en conjunto y de ellos derivarse un modelo de regulación del consumo voluntario. Los factores de saciedad o metabólicos operarían con dietas de elevada calidad o de elevada densidad calórica, mientras que las dietas pobres, de baja densidad calórica, dan lugar a operación de tipo físico (figura 8). El pico o zona de consumo de materia seca máximo estaría ubicado a valores de digestibilidad cercanos al 67%. Este valor ha sido derivado de da

tos obtenidos con ganado de leche con dietas de grano y alfalfa. Sin embargo este valor no sería tan fijo, sino que dependería más de la demanda energética requerida por el animal. Ante una dieta con una densidad calórica determinada los animales con mayores exigencias energéticas deberán consumir una mayor cantidad de materia seca y así el llenado del rumen deberá aumentar.

Para alimentos con valores de digestibilidad entre 52 y 66% el consumo se incrementa con aumentos en la digestibilidad, en este caso los factores // que limitan el consumo serían: el peso corporal (que refleja la capacidad o volumen digestivo), los residuos no digeridos y su flujo en el tracto gastrointestinal por unidad de peso corporal (esto refleja el tránsito o pasaje de la digesta) y por último la digestibilidad de la materia seca u orgánica. Para raciones comprendidas entre 67 y 80% el consumo descende con incremento en los valores de digestibilidad y en este caso el consumo parecería ser en función del tamaño metabólico, nivel de producción y digestibilidad de la // dieta. Es decir que con los niveles bajos de digestibilidad la variación del consumo respecto al peso corporal está relacionado a la potencia 1 (o mayor) mientras que con dietas de alta digestibilidad el exponente es 3/4.

Usando el modelo de Baumgart, se ha demostrado que el producto de digestibilidad de la materia seca por densidad predice mejor o de forma más adecuada el consumo tanto de forrajes enteros como molidos y peleteados. Esto no suena ilógico ya que a un nivel dado de digestibilidad un alimento con una // densidad mayor (heno molido y peleteado contra heno entero; grano contra forraje) tendrá: 1) Una velocidad o tasa de digestión mayor; 2) velocidad de // tránsito mayor y 3) ocupa menos espacio en el TGI por unidad de peso.

Los mismos autores encontraron que el consumo de materia seca con raciones con valores de digestibilidad menores al 67% (DMS) están relacionados // con el exponente 1 del peso corporal. Esto concuerda con lo discutido anteriormente ya que el tracto digestivo llenado a su máxima capacidad o volumen representa una proporción constante del peso de la vaca y habíamos visto que la constante que relacionaba al peso corporal y volumen del GI es 1. Para // las raciones en las cuales el "llenado" no es una limitante (en este caso // por encima del 67% de DMS) el exponente sería 0.75 o cercano.

En una discusión sobre mecanismos de control del consumo voluntario de alimentos puede ser considerada una pregunta similar a la del huevo y la gallina: Las vacas lecheras producen porque comen o comen porque producen? Conrad y col. concluyen en forma certera: "...nuestro análisis evidencia que a niveles bajos de digestibilidad las variaciones en la producción de leche // son una consecuencia o reflejo de las variaciones en el consumo de alimento. A niveles altos de digestibilidad la condición inversa es verdad; es decir // que la producción de leche determina el consumo de alimento."

#### Efecto del consumo sobre la digestibilidad.

Una consecuencia obligada del aumento del consumo de materia seca es un incremento en la velocidad de paso de la digesta y una reducción en el tiempo de digestión ruminal. Al incrementarse la velocidad de paso es lógico esperar que aparezcan efectos depresivos sobre la digestibilidad o extensión // de la fermentación ruminal, esto si admitimos o consideramos que el pasaje // de la digesta está en competencia con las tasas de digestión. El consumo diario de materia seca de un forraje (I) es digerido a una velocidad o tasa determinada de digestión ( $k_d$ ) y los residuos no digeridos se mueven a través // del TGI a una tasa o velocidad dada ( $k_p$ ). La cantidad de forraje digerido está determinada por el  $k_d$  y por el tiempo en que los residuos son sujetos a digestión (tiempo de residencia,  $1/k_p$ ). La fracción digerida es igual a la proporción que desaparece por digestión dividido por las fracciones que desaparecen por la suma de digestión y pasaje,  $k_d/(k_d + k_p)$ . Por tanto, la digestibilidad (fracción digerida) de un forraje es una función de ambas constantes,  $k_d$  y  $k_p$ .

Por otra parte las fracciones que teóricamente escaparían a la digestión

(E) serán:

$$E = \frac{K_p}{k_d + k_p}$$

A partir de esta ecuación se puede apreciar que si las tasas de pasaje y de digestión son iguales, la mitad de la materia potencialmente digestible escapará en las heces. Teniendo en cuenta que las tasas de digestión están generalmente limitadas y su valor depende mucho de la naturaleza intrínseca / del sustrato, la cantidad que escapa a la digestión depende de las variaciones en la velocidad de paso, que a su vez está controlada por el nivel de / consumo . Por tanto el incremento en el consumo de cualquier ingrediente alimenticio incrementa la probabilidad de escape ruminal y el efecto será // más significativo con las fracciones menos solubles y de digestión lenta. El escape será beneficioso en aquellos casos tales como el de proteínas y en / general detrimental en el caso de carbohidratos estructurales. En el primer caso, la digestión post-ruminal de las proteínas será más eficiente que la del rumen, mientras que en el caso de los carbohidratos estructurales, el escape del rumen dejará poca oportunidad para una utilización posterior.

La mejora en la productividad animal como consecuencia del molido y peleteado de forrajes depende en gran parte de un incremento en el consumo de energía digestible. El molido, más (sumado) al aumento en el consumo produce una velocidad de tránsito mayor y la declinación en la digestibilidad se refleja principalmente en la fracción de carbohidratos estructurales. En el caso de bovinos lecheros en lactancia se observa una depresión tanto en la digestibilidad de las fracciones estructurales del vegetal como también del almidón, en el caso de que la dieta tenga niveles elevados de grano.

#### Predicción en el consumo voluntario de alimentos.

Dada la gran cantidad de factores implicados en el control del consumo de alimentos y sus interrelaciones con la regulación del balance energético de un animal, las ecuaciones de predicción son en el mejor de los casos solo generalizaciones. Su aplicación a situaciones específicas serán o servirán solo como una guía. El consumo de forrajes, si bien en un sentido amplio está relacionado a su digestibilidad y al tamaño del animal, está a su vez regulado por otros factores algunos de los cuales son muy difíciles de cuantificar. Un caso típico, es el de palatabilidad.

En el Boletín técnico N° 13 (1975) del Ministerio de Agricultura y Pesca y de Alimentos de Gran Bretaña (Energy Allowances and Feeding Systems // for Ruminants) la siguiente fórmula es considerada adecuada como predictor aproximado del consumo de materia seca de raciones mixtas durante las etapas medias y tardías de la lactancia.

$$CMS = 0,025BW + 0,1L$$

donde CMS = consumo de materia seca, kgs./día

BP = peso corporal, kgs.

L = producción de leche, kgs./día

Este modelo simple sugiere un límite probable de consumo. La ecuación sugiere un consumo de 12.5 Kgs. para una vaca seca de 500 Kgs., valor que se incrementa en 3 Kgs. o aproximadamente 25% cuando la producción de leche alcanza a los 30 Kgs./día. Esta ecuación no toma en cuenta la composición de la ración ni los cambios en peso corporal de la vaca.

Dado que en las etapas primarias de lactancia (primeras 6 a 10 semanas) el consumo voluntario se encuentra reducido, los valores derivados de la // fórmula deberían disminuirse en unos 2 o 3 Kgs.

Existen modelos más complejos que toman en cuenta no solo el peso corporal y la producción de leche, sino que también los cambios en peso corporal (ganancia o pérdida de peso), porcentaje de grano de la ración, como es el caso de la fórmula desarrollada en la estación experimental de Georgia:

$$Y = 5.380 + 0.008BW + 0.359 M + 4.719 WG - 0.028 \%G$$

donde Y = consumo de materia seca, lb/día

BW = peso corporal, lb/día

M = producción de leche, lb/día

WG = ganancia o pérdida de peso, lb/día

%G = porcentaje de grano en la ración

Una fórmula similar a la británica, similar a los parámetros considerados es la desarrollada por Conrad y col. en Ohio. Ella da una idea de la ingestión máxima de alimento.

$$IMA = 10.7 \times \frac{W}{1000} + 0.058 W^{0.73} + 0.33 \text{ leche} + 0.53$$

Obsérvese que en este caso el peso corporal está elevado a la potencia 0.73. En la siguiente tabla (tabla 6) hemos calculado los valores de ingestión de alimento derivados del uso de la fórmula británica y de la de Ohio.

## PROBLEMAS ESPECIALES DE LAS VACAS LECHERAS

### Lactancia temprana

Inmediatamente luego del parto, la producción de leche aumenta rápidamente y generalmente hace un pico entre los días 35 y 50. El consumo de alimentos también se incrementa luego del parto, pero, a una tasa menor en términos de insumos energéticos que las tasas de incremento de egresos energéticos en leche. Por lo tanto, en la lactancia temprana, la vaca lechera pierde considerable peso corporal que es luego ganado durante la lactancia tardía, cuando la producción de leche cae y el nivel de consumo permanece alto. Este desfase entre los picos de lactancia y de consumo de alimentos es mayor en la primera lactancia que en subsecuentes. Se han constatado desfases de 8 semanas en el caso de vaquillonas alimentadas ad libitum, pero estos valores se reducen a alrededor de 4 semanas en vacas mayores.

La reducción es debida principalmente a que los animales maduros hacen un pico en el consumo de forrajes antes. Analizando un gran número de resultados en la bibliografía, hemos encontrado que el momento en que ocurre el pico de consumo es muy variable y puede localizarse entre la semana 5 y la 36, con una media aproximada de 16.

La movilización de tejidos corporales para cubrir los requerimientos de lactancia es un proceso biológicamente ineficiente (lo veremos enseguida). Desde hace años (y actualmente) se están buscando medios que permitan cubrir las necesidades de energía de la vaca directamente del alimento y de esa forma maximizar el pico en la producción de leche. La importancia del pico de producción surge de resultados que indican que una mejora de 1 kg. de leche/día en el momento que el animal hace el pico, significa una mejora de alrededor de 150 a 200 kgs en la performance global de la lactancia.

Algo que no está claro aún es la razón por la cual el consumo de alimento en las etapas tempranas de la lactancia se incrementa lentamente en relación al egreso de energía por la leche. La remoción del feto y tejidos asociados en el parto seguramente incrementan en forma efectiva el volumen del abdomen, que, a su vez permitirá un llenado mayor del rumen. Sin embargo, es necesario también que la grasa depositada dentro del abdomen sea movilizada antes de poder lograrse una distensión máxima del rumen. El consumo de una vaca excesivamente gorda es sustancialmente menor que el de una vaca en estado adecuado. Este efecto puede estar causado por una combinación de mecanismos físicos y fisiológicos.



Nivel de alimentación

Un concepto fundamental de importancia es el hecho de que la producción de leche de una vaca cambia con cambios en el nivel de consumo. En la figura 11 se muestra un modelo de cambios en la producción de leche y en la ganancia de peso como respuesta al plano de nutrición. En este caso el alimento es el factor o variable independiente y se expresa como cantidades absolutas y no en relación a la unidad de leche producida. El conjunto de curvas describe la respuesta de animales con constitución genética distinta (no todas las vacas responden igual a un tratamiento nutricional determinado). La respuesta en la producción de leche muestra un efecto de retornos decrecientes al aumentar el nivel de consumo, este efecto es menos pronunciado en los animales que muestran una alta producción de leche. Un efecto inverso se encuentra en el caso de la ganancia de peso. De esta figura / podríamos especular de que una vaca con una producción de 20 Kgs./día podría ser un animal sobrealimentado de 17 Kgd./día o uno subalimentado de 23 Kgs./día. Esto se puede esclarecer en forma más o menos acertada por los cambios de peso vivo.

El nivel de alimentación impuesto no debe de ser considerado sin tener en cuenta el estadio de lactancia, a medida que nos movemos en la curva, la respuesta a los cambios de alimentación difiere. El comienzo de la lactancia tiene una importancia fundamental en la producción total de leche. Es decir que un nivel alto en el arranque aumenta la probabilidad (si las condiciones se dan) de lograr una producción alta de leche. Si el nivel de arranque es / bajo los resultados a incrementos posteriores en el nivel alimenticio son relativamente menores. Algunos resultados son interesantes de considerar, por ejemplo los de Broster (1972) que son mostrados en la tabla 8. El efecto inmediato de estos tratamientos impuestos en las semanas 8 - 12 se cuadruplican a lo largo de la lactancia. Estos resultados pueden ser interpretados / de la siguiente forma: la variación de 1 Kg. de leche en el pico de la lactancia origina una variación en la producción de leche total de alrededor / de 150 a 200 Kg. de leche.

Moviéndose dentro de las fases iniciales de la lactación el momento / justo en el uso del alimento suplementario es importante. Recientemente Broter (1975) mostró que el efecto a largo plazo al administrar alimento extra dentro de las primeras 16 semanas post-parto, el 75% corresponde a las primeras 4 semanas y lo restante al segundo período de 4 semanas.

En el caso de animales en crecimiento la relación entre consumo de alimento y ganancia de peso está altamente correlacionada. En el caso de animales lactantes esta relación se complica por los cambios dinámicos en los tejidos corporales que ocurren al mismo tiempo en que la leche es sintetizada. Un ejemplo ya clásico es el trabajo de Flatt (1965) quien demostró lo inadecuado del peso corporal como medida de la cantidad de tejido graso movilizado. En este experimento una vaca cuyo consumo fue de 6X mantenimiento, la / cantidad de energía perdida correspondió a 9 veces las necesidades de mantenimiento por un período de 6 semanas durante las cuales la producción de leche fue mayor de 45 Kg/día y el peso corporal se mantuvo constante. Especialmente en este caso el tejido corporal fue reemplazado por agua.

Los experimentos de Broster y col. han demostrado por un lado que las / reservas corporales son críticas en la determinación o cantidad de leche producida durante el pico de la lactancia. Y al mismo tiempo demostraron claramente la fuerte relación entre producción en el pico y producción total en / 305 días. Este mismo grupo de investigadores han demostrado que la respuesta a incrementos en la alimentación durante la lactación en términos de producción de leche es variable. Un nivel bajo de consumo fue suplementado con un nivel alto en 3 estadios de la lactancia. La respuesta fue máxima en el caso de animales en los comienzos de la lactancia, la misma declina a medida / que nos movemos en la curva.

Desde el punto de vista de la eficiencia energética es interesante tener presente el trabajo de Moe y col. (1971). Decíamos que el proceso de //

lactación es mucho más complicado que el de ganancia de peso, ya que a la// producción se agrega la movilización de los tejidos corporales en los animales de alta producción. Todas estas funciones operan con distinta eficiencia (figura 13).

#### Nivel de alimentación durante el período seco.

Errores en la nutrición y en el manejo durante el período seco son causa (al menos parcialmente) de ciertos desórdenes metabólicos en la lactancia siguiente.

En los últimos años los programas de alimentación han cambiado en forma radical, respecto a lo que se solía recomendar en el pasado. El nivel de alimentación debe ser tal que la vaca mantenga su estado a diferencia de lo que se solía recomendar anteriormente, que era hacer ganar peso en forma desmedida. Una de las razones para este cambio estratégico es debido a los trabajos de Beltsville (en el USDA) donde compararon la eficiencia energética en la / conversión de la energía metabolizable (EM) del alimento en tejidos corporales durante la lactancia y durante el período seco. La eficiencia de esta // conversión es del orden del 75% en la lactancia y del 59% para animales secos (ver figura 13).

Considerando que la eficiencia en convertir la EM de los tejidos en leche es del 82%, la eficiencia global de la conversión energética del alimento en tejidos corporales y luego a leche será del 61.5% para el caso de vacas en lactancia y del 48% para vacas secas. La eficiencia de la conversión directa de la EM del alimento a leche es del orden del 64% en el animal en lactancia.

Un problema que puede ser encontrado con cierta frecuencia en cierto tipo de explotación, o con ciertas condiciones climáticas y de disponibilidad de alimentos, es el de animales demasiado gordos, con exceso de grasa. Este tipo de animal está más expuesto a padecer cierto tipo de desórdenes metabólicos tales como cetosis, fiebre de la leche, o el síndrome de vaca caída.

Siguiendo con el tema de nivel de consumo durante el período seco creo interesante considerar en detalle los resultados obtenidos por Farries (1977) en Alemania. En este trabajo se investigó la influencia de niveles altos de alimentación durante el período seco sobre parámetros tales como producción de leche, metabolismos energéticos y fertilidad. Se usaron 60 vacas holando/ que fueron alimentadas con distintos niveles durante el período seco y el comienzo de la lactancia. De este ensayo surge que la preparación excesiva de los animales lecheros durante el período seco para la próxima lactancia no es recomendable ni desde el punto de vista económico, ni desde el punto de vista fisiológico. Una acumulación excesiva de grasa traerá como resultado un / aumento en cuerpos cetónicos los que causan a su vez una disminución en el / consumo de materia seca.

\* \* \*

## RESUMEN

En el presente trabajo se discuten los factores que regulan el consumo voluntario de alimentos en ruminantes. Se resalta el caso de la vaca lechera, dado que en esta categoría de ganado normalmente la limitante principal es un bajo consumo durante los primeros estadios de la lactancia. Se discuten también algunas estrategias en el uso de los recursos alimenticios: nivel de alimentación durante el período seco y momento óptimo de suplementación en la lactancia.

## SUMMARY

In This paper the regulation of the voluntary intake of feed in ruminants is discussed. The case of milking cows is stressed, given that in this type of animal the main constraint is a low feed intake during the first steps of lactation. Moreover, some strategic uses of feed resources are discussed, namely the level of nutrition during the dry period and optimum time for supplementation during lactation.

\* \* \*

Tabla 1. Relación entre el contenido de materia seca en el organismo de una vaca de 600 kgs y en 5000 kgs de leche

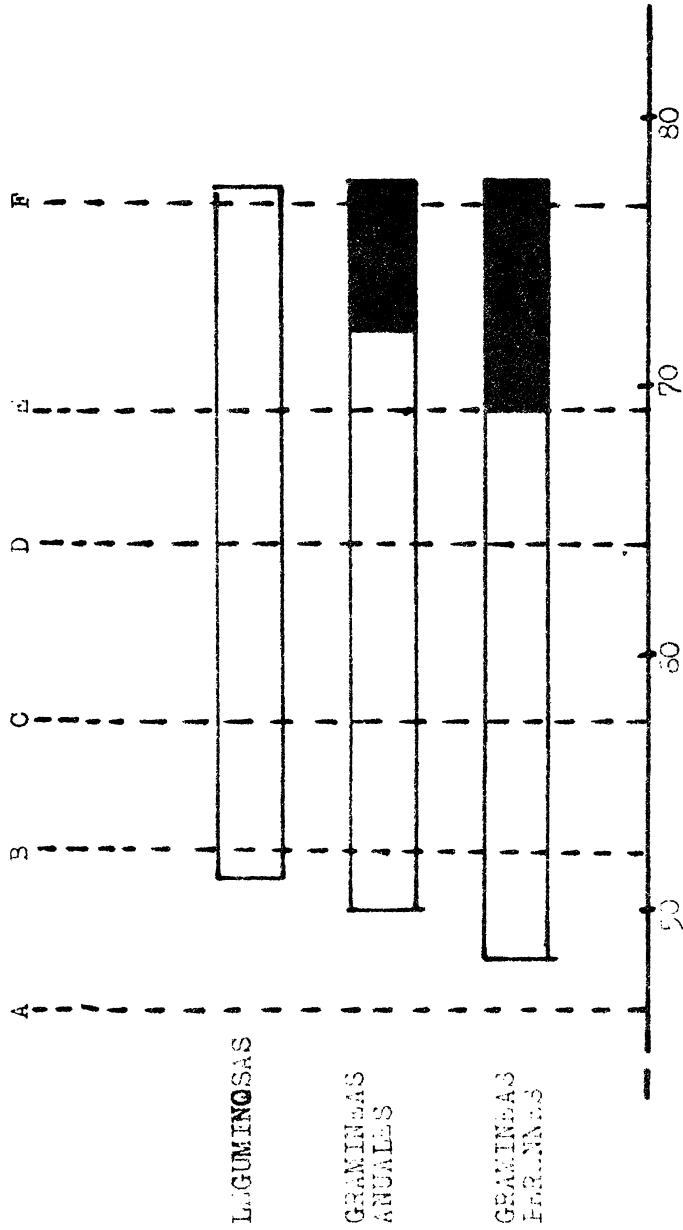
---

5000 kgs de leche . . . . .	12	. . . . .	650
Vaca de 600 kgs . . . . .	45	. . . . .	270

---

Relación: MS en leche/ MS en vaca . . . . . 2.4

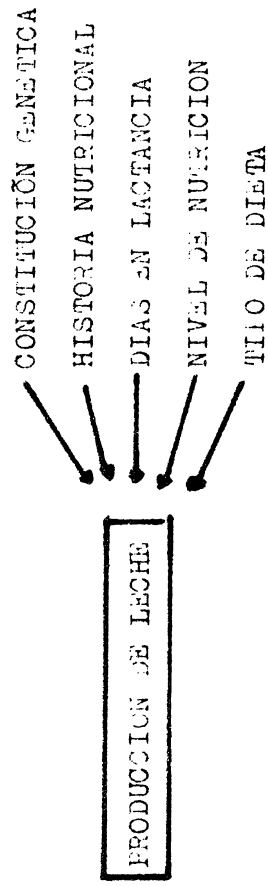
---



D I G E S T I B I L I D A D

Relaciones entre la digestibilidad de distintas clases de forrajes y los requerimientos nutritivos de bovinos y ovinos. A, Bovinos mantenimiento; B, Vacas secas ganando estado, C, mantenimiento ovinos; C, Vaca de carne con ternero; D, Oveja en lactancia, vaquillona ler. parto; E, Novillo de 200 kg ganando 3.7 kg/día, oveja con mellizos, o corderos nuevos; F, Vaca lechera, 22 kg leche/día. Los niveles más altos de digestibilidad para las gramíneas solo durante la primavera. (P. Van Soest, no publicado)

Fig. 2. FACTORES QUE DETERMINAN LA PRODUCCIÓN LECHERA



(Moe y Tirrel, 1975)

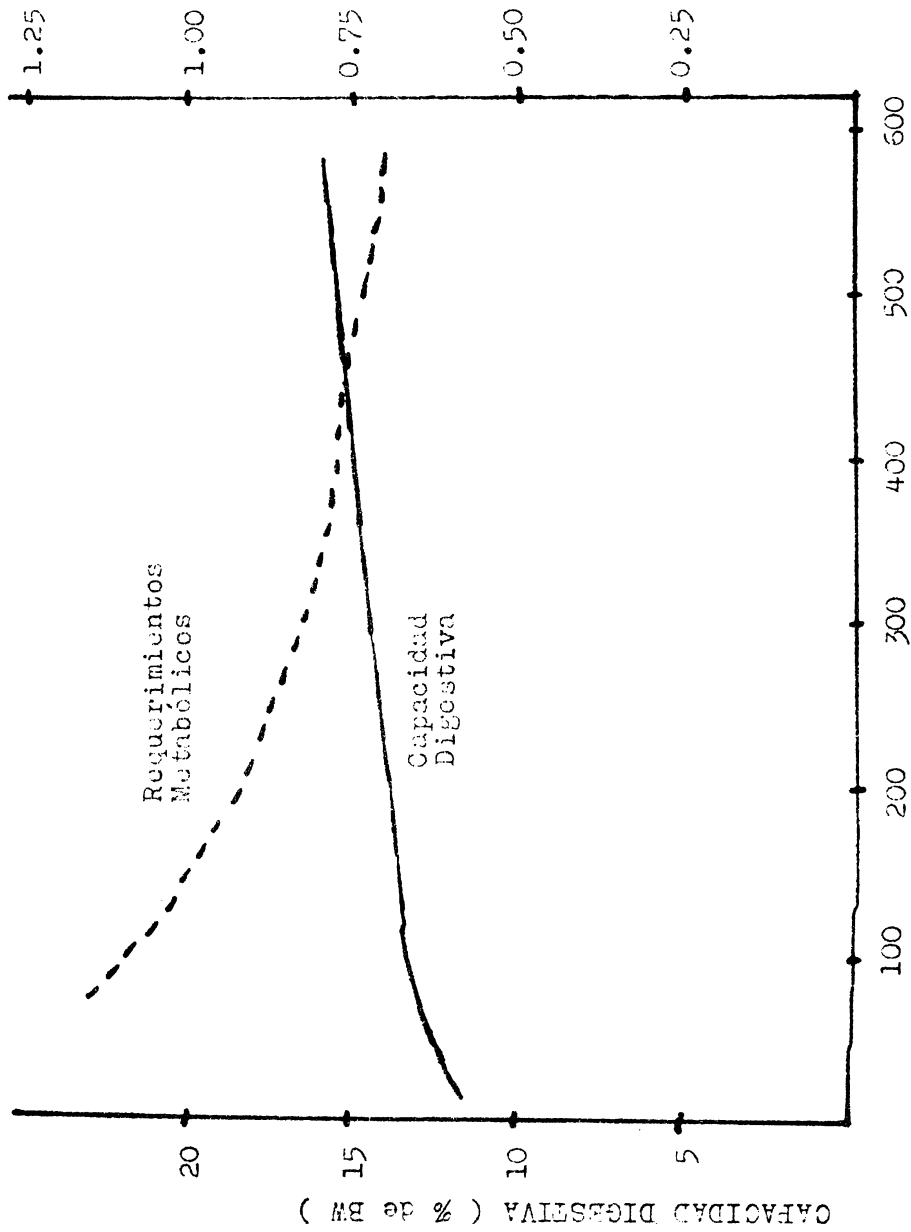


Fig. 5. Variación de la capacidad gastrointestinal y de los requerimientos metabólicos en relación al peso vivo.

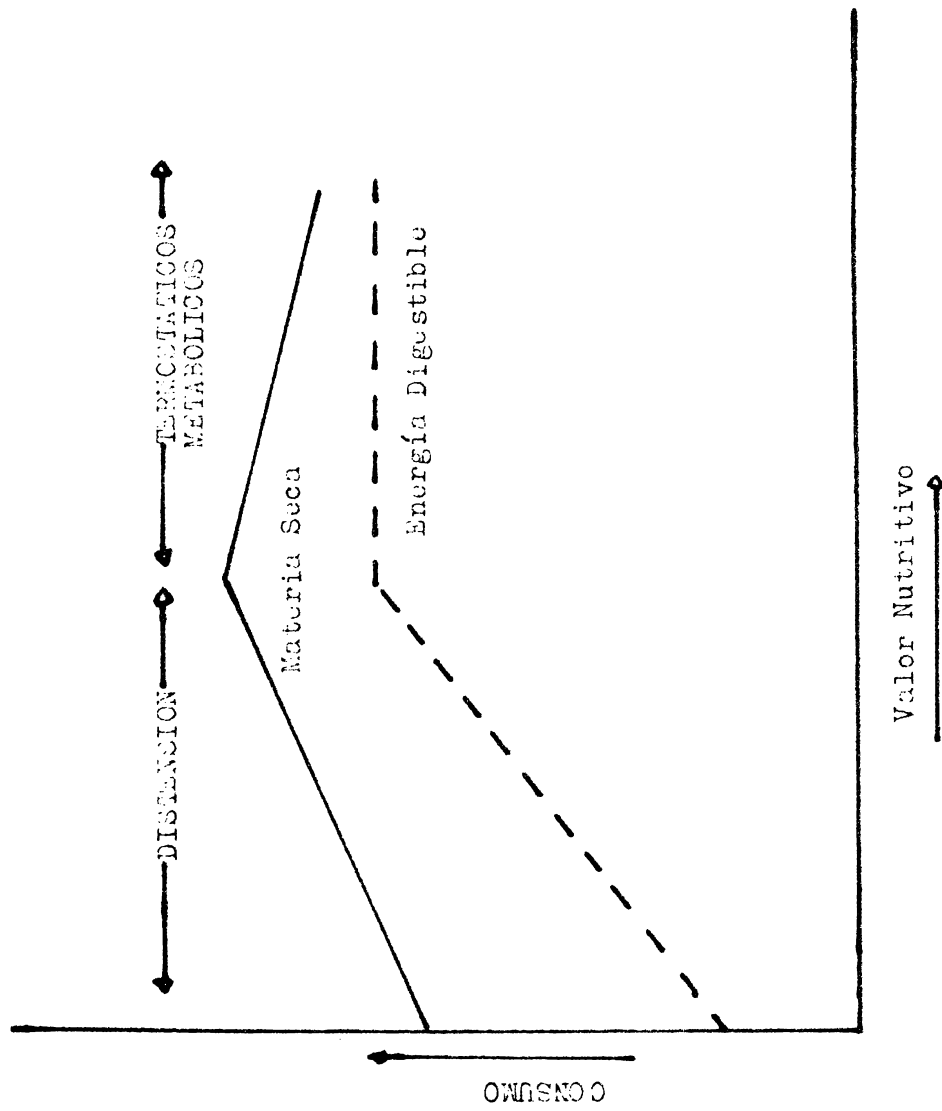
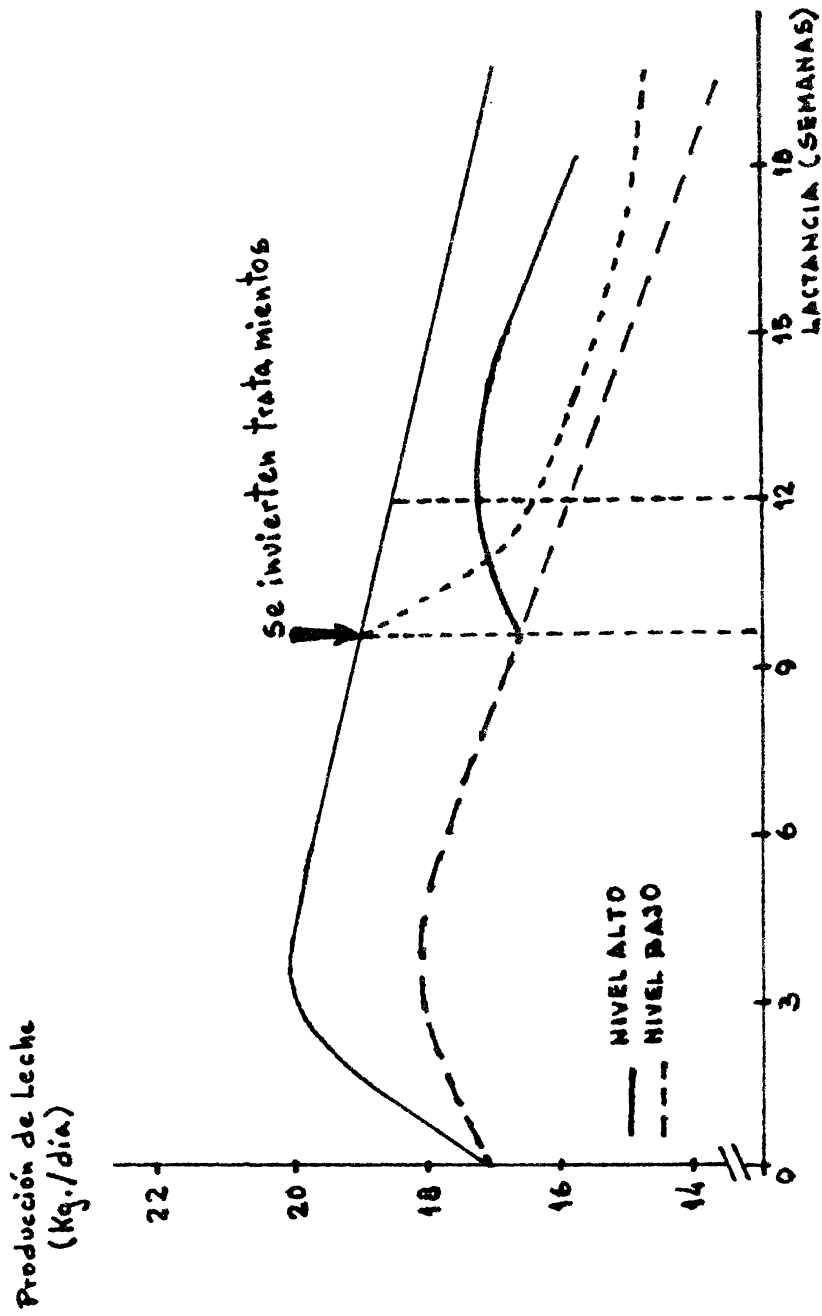


Fig. 8. Relación entre densidad calórica y consumo de materia seca y energía digestible (Baumgart, 1970)





(De Broster y col., 1969)

Influencia de cambios en el nivel de alimentación en la lactancia avanzada sobre la producción de leche. En el punto de inversión en el nivel de alimentación el grupo con nivel bajo es cambiado a alto y el alto al bajo (Broster, 1970)

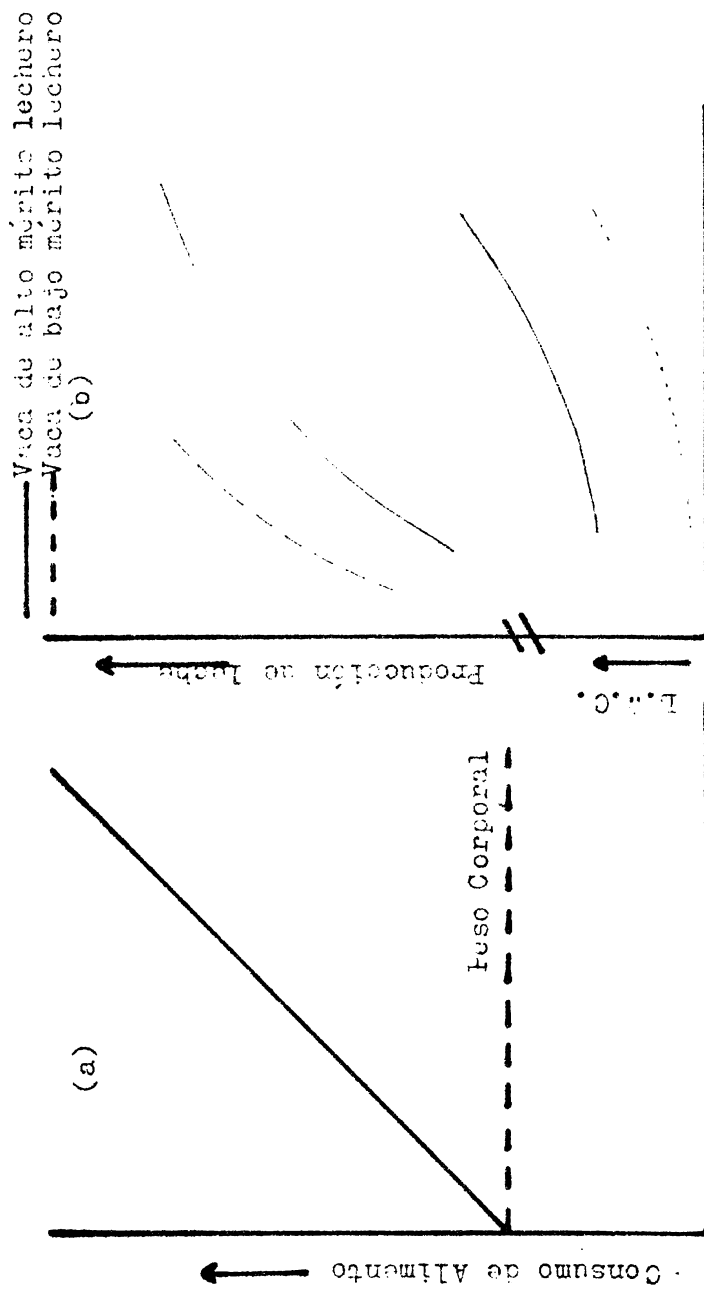
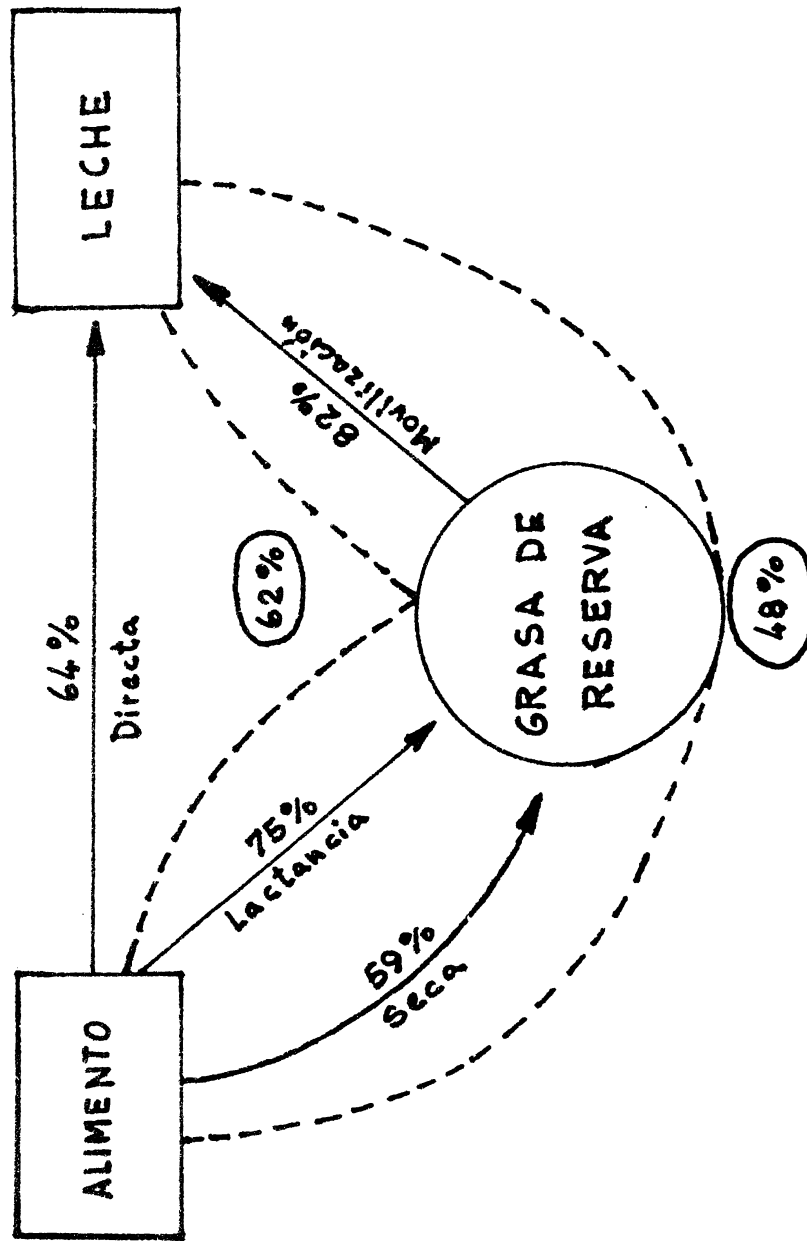


Fig. 11. Modelos simplificados que describen las relaciones entre el alimento, la leche y el peso corporal en vacas lecheras (a) de acuerdo a los requerimientos y (b) de acuerdo a la respuesta al nivel de consumo. El efecto de retornos decrecientes es causado por dos factores: disminución en la proporción de energía digestible que se convierte en leche (aumenta la deposición de energía en el cuerno); depresión de la digestibilidad a cada aumento en el nivel de consumo.

Fig. 13. Eficiencia energética de la deposición y movilización del tejido graso (Moe y col., 1971)



# PREGUNTAS FORMULADAS AL DR. PABLO COLUCCI

## AL FINALIZAR EL DESARROLLO DEL TEMA

PREGUNTA: (Dr. Angel A. Tamagnini) El tamaño de la partícula alimenticia influye en el porcentaje de grasa butirométrica? si es así cual es el mecanismo que lo explica.

RESPUESTA: Si, influye negativamente en la medida que disminuye el tamaño de las partículas del alimento, disminuye el porcentaje de grasa de la leche. El mecanismo es un aumento de ácido propiónico.

PREGUNTA: (Dr. R. De Izaguirre) Que datos tiene Ud. de la influencia de la alimentación en la producción de grasas en momentos de verde muy digestivo.

RESPUESTA: Hay un aumento de las fracciones solubles del forraje y una disminución de fibra, teniendo un efecto de aumento en la producción de ácido propiónico por consiguiente baja el porcentaje de grasa.

PREGUNTA: (Dr. Carnero) La alimentación en los dos últimos meses de la lactancia no acarrea problemas en el secado de la vaca?

RESPUESTA: El nivel de alimentación no aumenta en términos absolutos sino -- que que el aumento es relativo dado que la producción de leche está disminuída . No, acarrea problemas.

PREGUNTA: (DR. Miguel Rossi) Qué manejo daría a la vaca seca (promedio 500- kgs. 2 meses antes del parto) en su plano alimenticio, disponiendo de praderas de leguminosas y otras de gramíneas?

RESPUESTA: Preferencial gramíneas; las leguminosas presentan valores mayores de digestibilidad y menor proporción de pared celular vegetal (de fibra), los que originan aumento mayores en el consumo excesivo de materia seca.

PREGUNTA: (Dr. Felipe Figueredo) 1°) En caso de tener que triturar forrajes toscos, de que tamaño recomendaría hacerlo para que tenga un nivel bueno de digestibilidad.  
2°) Incidencia de enfermedades metabólicas en vacas con un elevado plan nutricional pre-parto.

RESPUESTA: Existen dos conceptos: a) al disminuir el tamaño de las partículas disminuye la digestibilidad de la fibra. b) Existe un efecto positivo en el consumo de materia seca si asociamos estos dos tipos de respuestas, el resultado neto es que se eleva el consumo total de energía digestible.  
La segunda pregunta fue dada durante la exposición.

PREGUNTA: (DR. Andresen) Ud. señala una disminución progresiva la digestibilidad del forraje a medida que se reduce el tamaño de las partículas. de nuestra experiencia en el Perú, alimentando vacas con pasto de tallo grueso (maíz verde, sorgo o pasto elefante) resulta que la digestibilidad mejora al reducir el tamaño de los trozos de tallo, hasta llegar a 2-3 cm. de largo, de bajo del cual vuelve a desmejorar la digestibilidad.  
Por favor sus comentarios.

RESPUESTA: El tamaño ese de partícula, de 2-3 cm., más que molido es resultado de trozado. El efecto positivo de los valores de digestibilidad observado puede ser resultado de mecanismos no asociados a la fermentación ruminal.