

- requirements of the early-weaned calf. *Animal Production* 16: 195.
- KOWALCZYK, J., ORSHOV, F.R., ROBINSON, J.J. and STEWART, C.S. 1977. Effect of fat supplementation on voluntary food intake and the rumen metabolism in sheep. *British Journal Nutrition* 37(1): 251.
- LEIBROIZ, J. 1975. Ground roughage in the diet of the early-weaned calf. *Animal Production* 20: 93.
- MAYNARD, L. 1968. En: *Sotomayor, F.* 1980. Utilización de suero de queso y grasa de cerdo en crianza de terneros. Tesis de grado. Universidad de Chile. Valdivia.
- MILLER, W.J. 1962. Comparison of lard, tallow, butter, and hydrogenated cottonseed oil in starved and of pelleted versus nonpelleted coastal Bermuda grass hay for calves. *Journal of Dairy Science* 45: 759.
- MONROYA, H. 1982. Niveles de incorporación de heno de alfalfa en raciones completas para terneros. Tesis de grado. Fac. de Cs. Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile.
- PALMQUIST, D.L. 1979. High fat rations for lactating dairy cows. *Feedstuffs USA* 51(18): 28-29.
- PALMQUIST, D.L. and CONRAD, H.R. 1980. High fat rations of dairy cows. Tallow and hydrolyzed blended fat at two intakes. *Journal of Dairy Science* 63: 391-395.
- PRESTON, 1965. En: *Sotomayor, F.* 1980. Utilización de suero de queso y grasa de cerdo en

- crianza de terneros. Tesis de grado. Universidad de Chile. Valdivia.
- RADOSTITS, O.M. and BELL, J.M. 1965. Digestibility by new born calves feeding a lucifer. *Canadian Journal of Animal Science* 293-302.
- ROBERTS, W.K. and MCKIRDY, J.A. 1964. Gains, carcass fat, characteristics and digestibility in steers as affected by flax seed oil, sunflower seed oil, and animal fat. *Journal of Animal Science* 23: 682.
- ROY, J.H.B. 1970. The nutrition of the veal calf. The effect of different levels of protein and milk substitutes diets. *British Journal of Nutrition* 24: 441-457.
- SHAWER, R. and MERTENS, D. 1985. How is related to forage quality? *Hoards Dairyman* May 10. The National Dairy Farm Meeting.
- STEWART, G.D. and SCHUNGBORNE, D.J. 1961. Evaluation of high starch and high fat rations for calves. *Journal of Dairy Science* 44: 603.
- STORRY, J.E. 1970. Reviews of the meat and Dairy Science. *Journal of Dairy Science* 53: 103-104.
- VIVIANI, R. 1970. Metabolism of long chain acids in the rumen. *Advances in Lipid Research* 8: 267-346.
- WOOD, D.R., BELL, M.C., GRANGER, E., TEBCELL, R.A. 1963. En: *Church, D.* 1963. *Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants* 1: 223. Corvallis, Oregon.

## MODELO DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN OVINA PARA EL ALTIPLANO DE PUNO, PERÚ

SHEEP SIMULATION MODEL FOR PUNO HIGH PLATEAU (PERÚ)

CLAUDIO AGUILAR G. Y RAÚL CAÑAS C.

Departamento de Zootecnia,  
Facultad de Agronomía,  
Pontificia Universidad Católica de Chile,  
Casilla 6177, Santiago de Chile.

### Summary

The production system on Puno high plateau (Perú) is a complicated system which makes difficult the selection of new productive options or economic investments. To study and solve this problem, a sheep simulation model was designed. The model was made suitable to describe dry ewes (pregnant) production systems, on native range with ewes. The most important components of such model are the calculation diagram and the relationships between elements of the model, which are described in great detail.

### PRODUCCIÓN

La producción ovina en el altiplano de puno es un sistema complicado que hace difícil la selección de nuevas opciones productivas o inversiones económicas. Para estudiar y resolver este problema se diseñó un modelo de simulación de producción de ovinos (preñados) en sistema de monte nativo con ovinos. Los componentes más importantes de este modelo son el diagrama de cálculo y las relaciones entre los elementos más relevantes, las cuales se encuentran detalladas en pequeños apartados y comentarios, haciendo difícil una experimentación que permita estudiar y resolver, simultáneamente, una multiplicidad de factores interrelacionados asociados a problemas productivos, económicos y sociales.

Una alternativa a esta disyuntiva es la utilización de modelos matemáticos de simulación, los cuales por sus características de generalidad permiten aptos para entender y cuantificar el

proceso de producción (Aguilar y Cañas, 1980). Además, una vez validados, permiten hacer experimentaciones y evaluar diferentes alternativas de proyectos de producción e inversiones, dentro de un contexto económico y social.

Dadas las características señaladas, se ha planteado un modelo de simulación con el objeto de estudiar y evaluar alternativas de producción e inversión en el sistema de producción ovina de la zona del altiplano de puno seco, en la región de Puno, Perú.

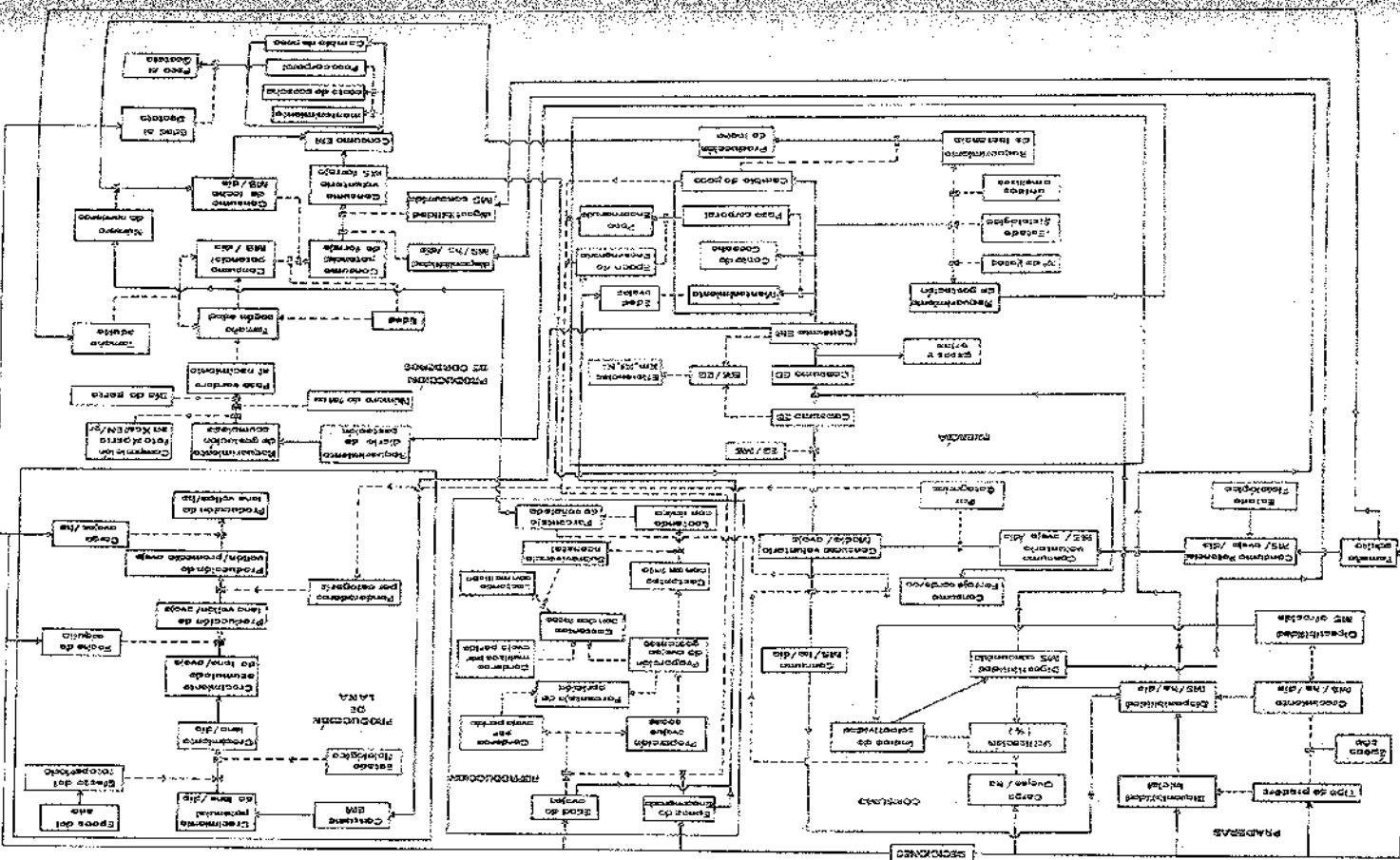
El algoritmo general del modelo de simulación se puede observar en la Figura 1. Se han definido en el modelo seis componentes principales: consumo, partición de la energía, reproducción, producción de lana, producción de conderos y crecimiento de pasturas.

Para facilitar la explicación de la estructura del modelo se expondrá el algoritmo del sistema de producción ovina tratando de seguir, en la medida que ello sea posible, el orden secuencial en que se relacionan los componentes mencionados.

Este estudio se realizó en el marco del Convenio Proyecto de Cooperación Científica con el INIA-Puno-Perú, financiado por el INIA-Puno-Perú y el INIA-Puno-Perú.

Este estudio se realizó en el marco del Convenio Proyecto de Cooperación Científica con el INIA-Puno-Perú, financiado por el INIA-Puno-Perú y el INIA-Puno-Perú.

Este estudio se realizó en el marco del Convenio Proyecto de Cooperación Científica con el INIA-Puno-Perú, financiado por el INIA-Puno-Perú y el INIA-Puno-Perú.



La descripción del modelo con el sistema real es directamente relacionada con la calibración de los parámetros que cada componente del modelo considerará, es decir, en la medida que se van conociendo los procesos que ocurren dentro del sistema. Por esta razón, para hacer estimaciones más fieles, se consideró adecuado dividir el rebaño en diferentes categorías, según el estado fisiológico. Estas categorías son:

- Crias**  
(Edad en años)
- Lactante
  - 0,5 - 1,0
  - 1,0 - 1,5
  - 1,5 - 2,0
  - 2,0 - 2,5

En el grupo reproductores, las ovejas se dividen en secas, gestantes y lactantes.

ción del consumo potencial son el peso vivo y el estado fisiológico (White *et al.*, 1979).

Por otra parte, el consumo potencial de forraje no está relacionado solamente con el peso vivo o con la edad del animal, sino que aparece más directamente relacionado con el estado de desarrollo del animal, es decir con su tamaño. Siendo este último una consecuencia de las medidas lineales del animal, nos da idea de volumen corporal.

De acuerdo con lo indicado, es probable que el consumo por unidad de peso esté más relacionado a la condición corporal que al peso y, en cambio, el consumo, en términos absolutos, aparece más relacionado al tamaño que al peso. Para estimar el consumo potencial en términos absolutos, el problema se reduce a definir el tamaño adulto de las ovejas. Si bien el tamaño se relaciona a medidas lineales, a efecto de cuantificar en el modelo, hay que definir un peso vivo que sea representativo del tamaño. Es así que el tamaño dependerá de la raza animal, habiéndose considerado para la raza comúnmente usada en Puno (Perú), que un peso de 35 kg es representativo del tamaño adulto, por ser el peso de las ovejas en buena condición corporal sin estar gordas. Este valor puede ser modificado para diferentes zonas ecológicas.

Considerando en el modelo que el potencial de consumo de las ovejas secas es de 90 g MS por kg de peso metabólico, y su tamaño es de 35 kg, el consumo potencial (CPO) de materia seca para esta categoría es:

$$CPO = 90 * TA \wedge 0,75 \quad (1)$$

donde:

CPO = Consumo potencial en g MS/día.

TA = Tamaño adulto en kg (para ovejas de Puno, 35 kg).

Los diferentes estados fisiológicos de las ovejas a través del año pueden modificar su capacidad potencial de consumo de forraje. En el modelo, con objeto de incluir este factor, se usa la ecuación (1) modificando el tamaño adulto (TA) por el peso promedio de la categoría.

Hadjipeteris y Holmes (1966) registraron que el consumo de ovejas estabuladas, alimentadas con dietas de buena calidad, no es alterado cuando gestan un solo feto, mientras que con 2 ó 3 fetos declina hacia las etapas más avanzadas de preñez.

El consumo potencial de forraje de las ovejas depende de su estado fisiológico, su capacidad de consumo de forraje y su capacidad de consumo de materia seca. En este nivel sólo serán considerados aquellos factores que aparecen como consecuencia de las mayores variaciones del potencial de consumo de forraje (Figura 1).

El consumo potencial de forraje de las ovejas depende de su estado fisiológico, su capacidad de consumo de forraje y su capacidad de consumo de materia seca. En este nivel sólo serán considerados aquellos factores que aparecen como consecuencia de las mayores variaciones del potencial de consumo de forraje (Figura 1).

El consumo potencial de forraje de las ovejas depende de su estado fisiológico, su capacidad de consumo de forraje y su capacidad de consumo de materia seca. En este nivel sólo serán considerados aquellos factores que aparecen como consecuencia de las mayores variaciones del potencial de consumo de forraje (Figura 1).

El consumo potencial de forraje de las ovejas depende de su estado fisiológico, su capacidad de consumo de forraje y su capacidad de consumo de materia seca. En este nivel sólo serán considerados aquellos factores que aparecen como consecuencia de las mayores variaciones del potencial de consumo de forraje (Figura 1).

El consumo potencial de forraje de las ovejas depende de su estado fisiológico, su capacidad de consumo de forraje y su capacidad de consumo de materia seca. En este nivel sólo serán considerados aquellos factores que aparecen como consecuencia de las mayores variaciones del potencial de consumo de forraje (Figura 1).

El consumo potencial de forraje de las ovejas depende de su estado fisiológico, su capacidad de consumo de forraje y su capacidad de consumo de materia seca. En este nivel sólo serán considerados aquellos factores que aparecen como consecuencia de las mayores variaciones del potencial de consumo de forraje (Figura 1).

El consumo potencial de forraje de las ovejas depende de su estado fisiológico, su capacidad de consumo de forraje y su capacidad de consumo de materia seca. En este nivel sólo serán considerados aquellos factores que aparecen como consecuencia de las mayores variaciones del potencial de consumo de forraje (Figura 1).

El consumo potencial de forraje de las ovejas depende de su estado fisiológico, su capacidad de consumo de forraje y su capacidad de consumo de materia seca. En este nivel sólo serán considerados aquellos factores que aparecen como consecuencia de las mayores variaciones del potencial de consumo de forraje (Figura 1).

El consumo potencial de forraje de las ovejas depende de su estado fisiológico, su capacidad de consumo de forraje y su capacidad de consumo de materia seca. En este nivel sólo serán considerados aquellos factores que aparecen como consecuencia de las mayores variaciones del potencial de consumo de forraje (Figura 1).

El consumo potencial de forraje de las ovejas depende de su estado fisiológico, su capacidad de consumo de forraje y su capacidad de consumo de materia seca. En este nivel sólo serán considerados aquellos factores que aparecen como consecuencia de las mayores variaciones del potencial de consumo de forraje (Figura 1).

El consumo potencial de forraje de las ovejas depende de su estado fisiológico, su capacidad de consumo de forraje y su capacidad de consumo de materia seca. En este nivel sólo serán considerados aquellos factores que aparecen como consecuencia de las mayores variaciones del potencial de consumo de forraje (Figura 1).

El consumo potencial de forraje de las ovejas depende de su estado fisiológico, su capacidad de consumo de forraje y su capacidad de consumo de materia seca. En este nivel sólo serán considerados aquellos factores que aparecen como consecuencia de las mayores variaciones del potencial de consumo de forraje (Figura 1).

El consumo potencial de forraje de las ovejas depende de su estado fisiológico, su capacidad de consumo de forraje y su capacidad de consumo de materia seca. En este nivel sólo serán considerados aquellos factores que aparecen como consecuencia de las mayores variaciones del potencial de consumo de forraje (Figura 1).

El consumo potencial de forraje de las ovejas depende de su estado fisiológico, su capacidad de consumo de forraje y su capacidad de consumo de materia seca. En este nivel sólo serán considerados aquellos factores que aparecen como consecuencia de las mayores variaciones del potencial de consumo de forraje (Figura 1).

El consumo potencial de forraje de las ovejas depende de su estado fisiológico, su capacidad de consumo de forraje y su capacidad de consumo de materia seca. En este nivel sólo serán considerados aquellos factores que aparecen como consecuencia de las mayores variaciones del potencial de consumo de forraje (Figura 1).

El consumo potencial de forraje de las ovejas depende de su estado fisiológico, su capacidad de consumo de forraje y su capacidad de consumo de materia seca. En este nivel sólo serán considerados aquellos factores que aparecen como consecuencia de las mayores variaciones del potencial de consumo de forraje (Figura 1).

El consumo potencial de forraje de las ovejas depende de su estado fisiológico, su capacidad de consumo de forraje y su capacidad de consumo de materia seca. En este nivel sólo serán considerados aquellos factores que aparecen como consecuencia de las mayores variaciones del potencial de consumo de forraje (Figura 1).

El consumo potencial de forraje de las ovejas depende de su estado fisiológico, su capacidad de consumo de forraje y su capacidad de consumo de materia seca. En este nivel sólo serán considerados aquellos factores que aparecen como consecuencia de las mayores variaciones del potencial de consumo de forraje (Figura 1).

El consumo potencial de forraje de las ovejas depende de su estado fisiológico, su capacidad de consumo de forraje y su capacidad de consumo de materia seca. En este nivel sólo serán considerados aquellos factores que aparecen como consecuencia de las mayores variaciones del potencial de consumo de forraje (Figura 1).

El consumo potencial de forraje de las ovejas depende de su estado fisiológico, su capacidad de consumo de forraje y su capacidad de consumo de materia seca. En este nivel sólo serán considerados aquellos factores que aparecen como consecuencia de las mayores variaciones del potencial de consumo de forraje (Figura 1).

El consumo potencial de forraje de las ovejas depende de su estado fisiológico, su capacidad de consumo de forraje y su capacidad de consumo de materia seca. En este nivel sólo serán considerados aquellos factores que aparecen como consecuencia de las mayores variaciones del potencial de consumo de forraje (Figura 1).

El consumo potencial de forraje de las ovejas depende de su estado fisiológico, su capacidad de consumo de forraje y su capacidad de consumo de materia seca. En este nivel sólo serán considerados aquellos factores que aparecen como consecuencia de las mayores variaciones del potencial de consumo de forraje (Figura 1).

El consumo potencial de forraje de las ovejas depende de su estado fisiológico, su capacidad de consumo de forraje y su capacidad de consumo de materia seca. En este nivel sólo serán considerados aquellos factores que aparecen como consecuencia de las mayores variaciones del potencial de consumo de forraje (Figura 1).

El consumo potencial de forraje de las ovejas depende de su estado fisiológico, su capacidad de consumo de forraje y su capacidad de consumo de materia seca. En este nivel sólo serán considerados aquellos factores que aparecen como consecuencia de las mayores variaciones del potencial de consumo de forraje (Figura 1).

El consumo potencial de forraje de las ovejas depende de su estado fisiológico, su capacidad de consumo de forraje y su capacidad de consumo de materia seca. En este nivel sólo serán considerados aquellos factores que aparecen como consecuencia de las mayores variaciones del potencial de consumo de forraje (Figura 1).

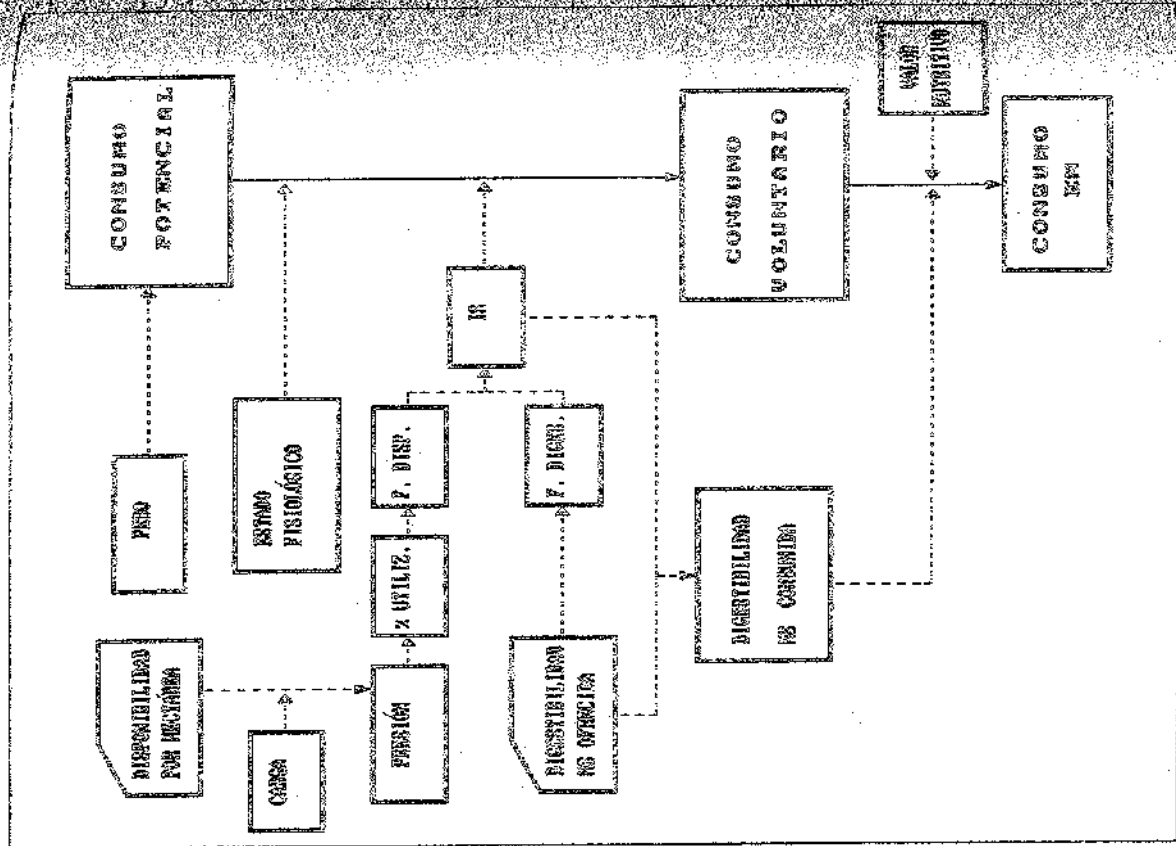


FIGURA 2  
DIAGRAMA DE FLUJO CONSUMO A PASTOREO  
Grassing consumption flux diagram

(Owe *et al.*, 1977) predice reducciones en el consumo durante el progreso de la gestación, como consecuencia del incremento en la tasa metabólica y estradiol y la disminución de la disponibilidad de nutrientes por el mayor volumen del feto. Se han registrado reducciones de hasta 30% del volumen del rumen, manteniéndose un nivel de consumo constante en las etapas tempranas del preñez, no existiendo una clara relación entre la reducción del volumen de agua y el control del consumo (Weston, 1979). En el modelo no se toma en cuenta el peso de la gestación, para lo cual considera un peso de la categoría de gestantes, el peso que se registra al *conceptionum* de la oveja.

(Owe *et al.*, 1964) indican que las ovejas afectadas comúnmente, en promedio, 26% más de las ovejas secas. Arnold y Dudzinski (1971) y Arnold (1975), reportan incrementos de hasta 30% en el consumo de ovejas lactantes respecto a ovejas secas.

La estimación de Forbes (1969) aparece en el modelo en el consumo de las ovejas secas, alcanza su máximo entre la cuarta y la quinta semana postparto. El incremento promedio durante la lactancia puede alcanzar, en algunos casos, valores de consumo 70% más altos que los registrados en gestación avanzada.

$$FACUNO = 1,0059 + 0,19201 * DILACT^2$$

$$(R^2 = 0,90)$$

DILACT = Día de la lactancia.

FACUNO = Factor de corrección de consumo para lactantes.

Al determinar esta ecuación con (1), se calcula el consumo potencial de ovejas amamantadas.

$$CONSUMO = FACUNO * PACTUNO \quad (3)$$

CONSUMO VOLUNTARIO

El consumo voluntario está regulado por aquellas características del animal y de la dieta que afectan las ingestiones al consumo. Las características del animal han sido consideradas en la estimación del consumo potencial, detalladas a continuación, las características de la dieta que pueden limitar el consumo en condiciones de pastoreo. Las características de la pradera

(Owe *et al.*, 1980). Los valores mayores de consumo se han registrado en las ovejas amamantando mellizos (Pearl *et al.*, 1979).

El progresivo incremento en el consumo que acompaña al período de lactancia de las ovejas, es un hecho constante en toda la experimentación realizada con ovejas en lactancia. Factores fisiológicos como la hipertrofia de la mucosa ruminal, del abomaso e intestinos, que han sido encontrados en el período postparto de ovejas a pastoreo (Fell *et al.*, 1972; Weston, 1979), podrían explicar el incremento de consumo. Este incremento de los órganos del aparato digestivo fue previamente encontrado en ratas lactantes (Cañas, 1974).

Las ovejas en lactancia incrementan el tiempo dedicado al pastoreo respecto a las ovejas secas (Treacher, 1979), lo que, junto a lo dicho anteriormente, contribuye a explicar el aumento del consumo durante la lactancia.

En el modelo no se pretenden describir cuantitativamente estas complejas relaciones, sino más bien plantear un factor del consumo potencial que pueda representar el patrón de variación del consumo a través de la lactancia. Este factor está dado por la siguiente ecuación (Cañas, Aguilar y Silva, 1986):

$$DILACT = 0,00021967 * DILACT^2$$

$$(2)$$

más comúnmente usadas como variables para predecir el consumo voluntario son la disponibilidad por hectárea, separada en sus componentes material verde y muerto, gramíneas y leguminosas y de cada una de ellas la digestibilidad (White *et al.*, 1979).

Hay concordancia en los resultados de investigaciones respecto a que el consumo voluntario de los animales en pastoreo está altamente afectado por la disponibilidad de forraje, expresada como peso de forraje por unidad de área (Hodgson, 1979). Las relaciones que se han descrito entre consumo voluntario y disponibilidad de forraje han sido de tipo exponencial asimétrica (Arnold y Dudzinski, 1966, 1967, 1967a; Burrell, 1981).

Las relaciones asimétricas encontradas obedecen a que el ovino reduce su tamaño de bocado a medida que la disponibilidad de forraje es menor o cuando es obligado a pastorear más cerca del suelo y, además, puede dedicar

un limitado período del día a pastorear (Sibbald *et al.*, 1979).

La ecuación utilizada en este modelo (Silva, 1983) es:

$$FC = 1 - EXP(-0.0029 * DD) \quad (4)$$

donde:

FC = Factor de corrección de consumo por disponibilidad.

DD = Disponibilidad pradera en kg MS/ha/día.

-0.0029 = Parámetro utilizado para pradera natural.

La ecuación es adecuada para sistemas extensivos de pastoreo, dado que la restricción opera día por día y ese intervalo es suficientemente corto como para que el consumo no tenga un efecto significativo sobre la disponibilidad de forraje. Esta ecuación no sería adecuada para cargas instantáneas muy altas.

La digestibilidad del material ingerido afecta el consumo voluntario de animales en pastoreo (Hodgson, 1977, 1979; Freer, 1981). También se ha comprobado que la digestibilidad del consumido es más alta que la digestibilidad del material ofrecido, por la selectividad del tapiz que hace el ovino (Arnold y Dudzinski, 1978; Arnold, 1981; Hodgson, 1982).

Los valores de digestibilidad de la materia seca ofrecida que se incorporan al modelo, han sido determinados en muestreos por cortes de las diferentes pasturas. Estos valores representan, entonces, la digestibilidad media del tapiz, pudiendo diferir mucho de la digestibilidad del material seleccionado por el ovino. Por ello, es necesario establecer alguna relación entre la digestibilidad del material ofrecido y la del material consumido.

El animal no toma decisión de consumir determinado material por su digestibilidad, ya que es improbable que pueda identificar *a priori* la especie o porciones más digestibles del tapiz. La selección es un proceso complejo y, seguramente, determinado por respuestas sensoriales (olfato, sabor, etc.) a estímulos desde la planta, que pueden ser modificados por la experiencia de pastoreo (Arnold, 1970), jugando también un importante papel la estructura de la planta.

El ovino selecciona del tapiz, hoja frente a tallo, material vivo verde frente a muerto, menos fibra y más nitrógeno (Arnold y Dudzinski, 1978) y con ello obtiene una dieta con mayor

digestibilidad que el promedio de la materia seca que se selecciona. Para simular la selección se usó una relación entre la digestibilidad de la materia ingerida y la digestibilidad de la consumida.

Este tipo de alimentación de forraje juega un importante papel en la selectividad (Pérez, 1977), ya que el animal selecciona el material que le interesa (Cañas, Aguilár, Zoccal, 1981), lo que se plantea la ecuación siguiente:

$$DGC = DG * IS$$

donde:

DGC = Digestibilidad de la materia ingerida.

DG = Digestibilidad promedio de la materia seca de la pastura.

IS = Índice de selección.

Para la cuantificación de IS se consideraron los dos conceptos elementales que hacen posible que el animal seleccione: digestibilidad del tapiz y su disponibilidad para el animal.

Se asume que, si no hay diversidad posible la selección y que si la disponibilidad es tal, que el animal debe consumir que con mayor digestibilidad, aun existiendo diversidad. En estos casos el IS es igual a 1.0. DGC = DG.

Se considera que a alta digestibilidad del tapiz (DG = 80%), la diversidad es mínima, animal no es capaz de seleccionar una digestibilidad mayor, aun con disponibilidad suficiente. Por otro lado, se asume que a máxima diversidad, la digestibilidad del tapiz, desciende la digestibilidad del tapiz, al mismo tiempo que la disponibilidad para el animal. Entre los casos que en el rango de digestibilidad de la materia seca se ajustan linealmente la curva se ajustará en el que frecuentemente opera el modelo.

La expresión de la selectividad es cada considerando que el animal selecciona puntos más de digestibilidad respecto a la cifra los datos de Rodríguez (1979), en pasturas nativas mediterráneas de consumo en pasturas extremas consumidas.

Entre los dos puntos extremos consumidos se ajusta, en forma lineal, la corrección por digestibilidad. Aunque la relación es curvilínea, por falta de puntos intermedios, se ajustó linealmente la curva a través siguiente ecuación:

$$SD = 0.5 - 0.625 * DG$$

$$\text{si } 0.4 < DG < 0.8$$

$$SD = 0 \text{ cuando } DG > 0.8$$

La corrección de la selectividad por digestibilidad se plantea la siguiente ecuación:

Este tipo de alimentación de forraje juega un importante papel en la selectividad (Pérez, 1977), ya que el animal selecciona el material que le interesa (Cañas, Aguilár y Dudzinski (1978) que la selectividad puede ser extremadamente marcada cuando la disponibilidad de forraje para el animal es limitada.

Como se mencionó, la disponibilidad afecta el consumo voluntario del tapiz que es consumido. Al considerar la disponibilidad de la superficie, el número de animales que pastorean por hectárea (carga) y el número de días que se hace de la pradera, se puede calcular la proporción del tapiz que es consumido.

Para determinar el efecto de la disponibilidad de forraje sobre la selectividad se relaciona con el consumo y la disponibilidad para ello se calcula el porcentaje de utilización por día que se hace de la pradera, expresado en forma decimal.

$$CPO = FC * CA/DD \quad (7)$$

donde: CPO = porcentaje de utilización expresado en forma decimal.

Como se mencionó, la relación entre la digestibilidad de la materia ingerida y la consumida es menor cuando PU es menor que cuando PU es mayor. Se asume que la digestibilidad de la materia ingerida se ajusta linealmente la curva de utilización de la materia seca según la siguiente expresión:

$$DGC = 2.5 * PU \quad (8)$$

$$\text{si } 0.1 < PU < 0.5$$

$$\text{si } PU > 0.5$$

La corrección de la selectividad por el porcentaje de utilización diario del forraje consumido se plantea la siguiente ecuación:

Entre los dos factores de corrección calculados en las ecuaciones 6 y 8, se calcula IS de la siguiente manera:

$$IS = 1 + SD * SC \quad (9)$$

donde: SC = cuando no hay heterogeneidad de la disponibilidad de forraje es igual a 0, el IS es igual a 1, no existiendo

selectividad por digestibilidad. Esto no implica que el animal no siga seleccionando por otras características de su preferencia, que no han sido incluidas en el modelo.

### Digestibilidad del material consumido

Resultados obtenidos en una amplia variedad de experimentos con dietas en base a forraje, administrados en diversas formas físicas, indican una positiva y lineal relación entre la digestibilidad y el consumo voluntario, hasta valores tan altos como 82% de digestibilidad, que parece ser el límite superior para forrajes (Freer, 1981; Minson, 1982; Jarrige, 1980).

Del análisis de los trabajos de Walters (1971), Troelsen y Cambell (1969) y Osbourn *et al.* (1966) se ajusta linealmente, para el rango de digestibilidad en que frecuentemente opera el modelo (40 a 80%), un factor de corrección del consumo potencial para estimar el consumo voluntario por efecto de la digestibilidad. Dicha expresión es de la forma:

$$FD = 1.675 * DGC - 0.34 \quad (10)$$

donde:

FD = Factor de corrección de consumo por digestibilidad.

El factor FD es igual a 1.0 cuando DGC es igual a 80%, es decir, si la disponibilidad de forraje no es limitante, las ovejas pueden consumir su potencial. En cambio, con DGC igual a 40%, sólo consumirán el 33% del potencial.

Combinando estas ecuaciones se calcula el consumo voluntario (CVO) para las diferentes categorías de ovejas como sigue:

$$CVO = CPO * FD * IC \quad (11)$$

En el modelo, este valor de CVO representa una estimación del promedio del consumo voluntario de cada categoría. Asumiendo que hay una intimidad de otros factores que podrían afectarlo, tanto del medio como de la individualidad de los animales, el valor finalmente considerado para el consumo voluntario en cada categoría es generado aleatoriamente, asumiendo una función de distribución normal, en la que el CVO estimado es la media de dicha distribución, con una varianza del 7.5% de la media. Este valor ha sido extrapolado de otros estudios del tema (Blaxter y Wilson, 1963; Catrileo, 1980).

### ENERGÍA

Una vez calculado el consumo de forraje en términos de materia seca, éste puede ser fraccionado conociendo el valor nutritivo en cada uno de sus nutrientes. Para efecto de este modelo, sólo se toma en cuenta la energía (Figura 3).

En el componente energía del modelo se estiman los requerimientos y la producción de las diferentes categorías de ovejas, utilizando el sistema de energía metabolizable (EM) desarrollado por Blaxter y Wainman (1964).

#### Consumo de energía metabolizable

Asumiendo que los forrajes poseen 4,4 Kcal de energía bruta (EB) por gramo de materia seca (MS) (ARC. 1980), que las pérdidas de gases y orina representan el 19% de la energía digestible (ED), y disponiendo de la digestibilidad de MS, se calcula la concentración de EM en la MS y con ello el consumo de EM como sigue:

$$EM = 3,564 * DGC \quad (12)$$

$$CEM = CVO * EM \quad (13)$$

donde:

EM = Energía metabolizable en Kcal EM/g MS.

DGC = Digestibilidad de lo consumido.

CVO = Consumo MS (g/día).

CEM = Consumo EM en Kcal/día.

La utilización de la energía consumida por las ovejas en pastoreo se realiza a través de los siguientes procesos fisiológicos: regulación térmica, mantenimiento de las funciones vitales, costo de cosecha, gestación, lactancia y cambio de peso.

Para desarrollar el balance energético, fue necesario establecer prioridades en la utilización de la energía. El animal, para permanecer con vida, necesita controlar su temperatura corporal, mantener sus funciones vitales y, en el proceso mismo de cosecha del forraje, hacer un importante gasto de energía. No es posible definir claramente una prioridad entre estos tres procesos, pero puede considerarse que ellos en conjunto son prioritarios sobre los demás.

La gestación y la lactancia tienen también prioridad sobre el cambio de peso. Es decir, cuando el animal está en balance energético

negativo moviliza reservas desde las que puede perder peso y satisface los requerimientos balance energético es positivo, el animal gana peso en condición de ganancia.

#### Regulación térmica

Los mamíferos son homeotermos, animales que mantienen su temperatura corporal estable alrededor de 38°C. El animal produce calor al ambiente por radiación, conducción, fenómeno cuya magnitud depende de la radiación, temperatura ambiente del aire, pero su habilidad para perder este tipo de pérdidas, en forma pasiva o activa.

La temperatura ambiente por debajo de la cual el animal no puede regular su temperatura en forma pasiva y tiene que incrementar la producción de calor en forma activa se denomina temperatura crítica mínima. Por debajo de esta temperatura crítica mínima, el animal produce calor provienciendo de las reservas corporales, incrementando el calor del alimento consumido. Lo mismo ocurre con temperaturas altas. La temperatura crítica máxima es aquella en la que el animal aumenta su ventilación en forma pasiva con un gasto de energía para lograr mantener la temperatura corporal estable.

En el modelo se considera que los animales están en zona de termoneutralidad, es decir, la temperatura ambiental se considera igual a la temperatura crítica mínima y máxima. Por lo que no se consideran los requerimientos para el mantenimiento de la temperatura corporal. Ello impone una construcción de un modelo ya que no podrá adaptarse a situaciones de rigurosidad climática extrema, o condiciones de consumo muy bajas. En cambio, en condiciones de clima templado o frío, para pocos días de invierno en que la temperatura ambiente descienda por debajo de la temperatura crítica efectiva, razón por la que se considerarse, en términos generales, que el balance energético será positivo.

#### Mantenimiento de funciones vitales

La energía metabolizable que el animal necesita proveer para satisfacer el requerimiento

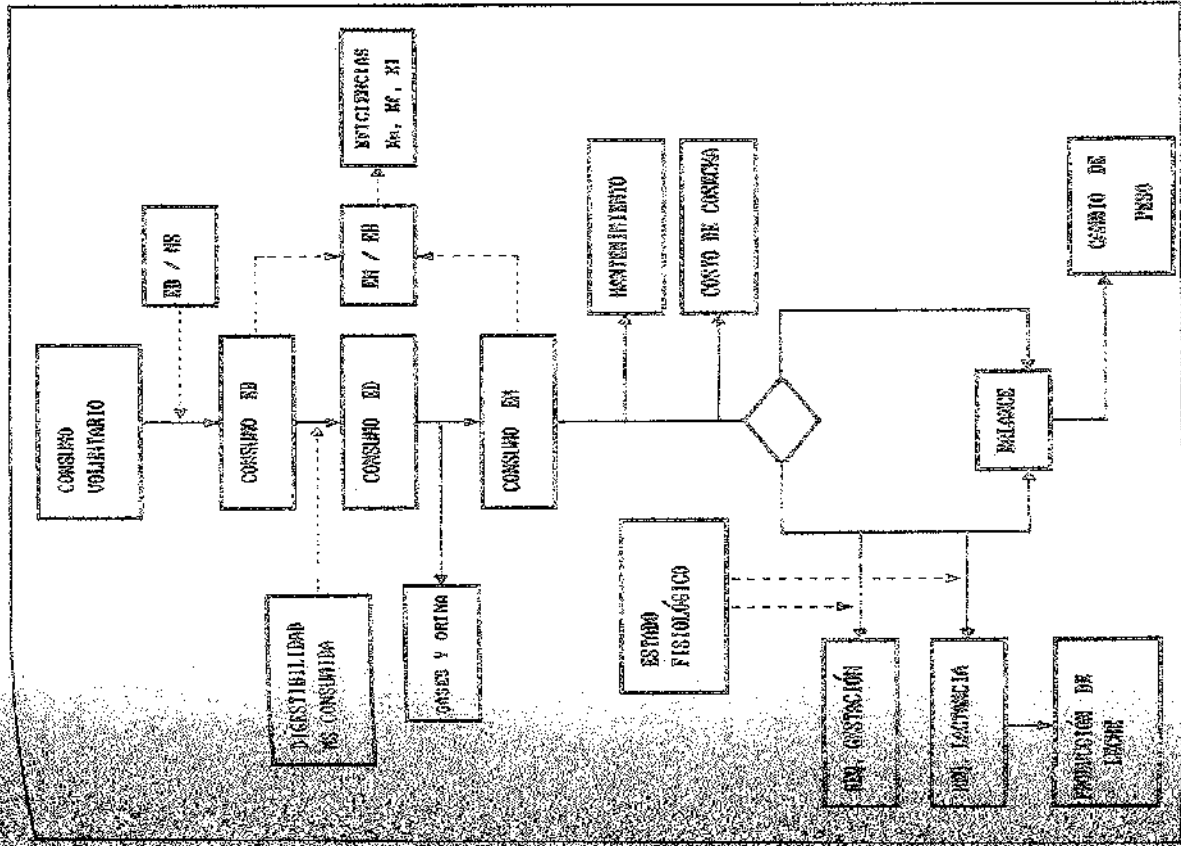


FIGURA 3  
DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA  
Energy Distribution

gético del mantenimiento de las funciones vitales se interpreta según el siguiente modelo teórico:

$$EMm = ENm + Icm \quad (14)$$

donde:

- EMm = Energía metabolizable para mantención.
- ENm = Energía neta de mantención.
- Icm = Incremento calórico de mantención.

La utilización del alimento consumido, para poder mantener al animal, implica todo un proceso de transformación energética, que tiene asociado cierto costo. Dicho costo está representado por el Icm, que incluye la pérdida de energía que se libera como calor, asociada a los procesos de digestión, absorción y asimilación del alimento.

El Icm, expresado como proporción de EMm, entrega una medida de la ineficiencia en la utilización de la EMm, por lo tanto, de su diferencia con 1,0 se obtiene la eficiencia neta de utilización de la EMm para mantención (Km), que representa la relación ENm/EMm. La EM que el alimento debe proveer, para satisfacer el requerimiento energético de mantención de las funciones vitales, es, entonces:

$$EMm = ENm / Km$$

Los alimentos que aportan las calorías para cubrir las necesidades energéticas son de variado origen, resultando en diferentes procesos metabólicos que influyen en el valor de Km. La

$$M1 = 58,433 * EO \wedge (-0,09599) \quad (R^2 = 0,98)$$

donde:

- M1 = Tasa metabólica en Kcal EN/kg peso metabólico.
- EO = Edad media de las ovejas en años.

*Costo de cosecha*

El costo de cosecha (Cañas y Gastó, 1974) tiene, al menos, dos componentes. Uno es el gasto de energía que hacen los animales al caminar, el cual es mayor cuando la disponibilidad de forraje es baja. El otro, un efecto de estrés que se le produce a los animales debido a la falta de disponibilidad de forraje. Este estrés se puede observar por el aumento de las catecolaminas sanguíneas. En base a lo anterior, pa-

proporción de EB del alimento que es metabolizable, expresada en la relación:  $EMm / Qm$  en la nomenclatura de  $Qm$  (1980), tiene efecto sobre el Km.

A partir de numerosos experimentos (1980), se establecieron relaciones lineales entre Km y Qm para diferentes tipos de alimentos. El modelo se cuantifica el Km según:

$$Km = 0,207 * Qm + 0,36$$

La medida convencional del efecto metabólico en la producción de leche es el metabolismo de ayuno, el que por sí mismo elimina el efecto del incremento calórico consumo de alimento (Webster, 1975).

Se ha determinado que la tasa metabólica de ayuno para los ovinos está en el rango de 1,5 a 2,5 Kcal por kilo de peso metabólico por día (Graham y Wainman, 1964). La tasa metabólica es constante (Cañas, 1974; Baldwin, 1974) puede ser expresada como una función de ayuno. Ello puede ser atribuido a que el sistema de consumo produce cambios de peso en los órganos como el hígado, intestino, corazón y cerebro, cuyos tejidos poseen las más altas tasas metabólicas (Cañas, 1974). También se ha determinado que la tasa metabólica se incrementa con la edad (Blaxter y Wainman, 1974; Orskov y Mehta, 1970; Jarrige et al., 1980), siendo los valores más altos en animales jóvenes y decaen con el aumento de la edad.

Para el cálculo del requerimiento de metabolismo de ayuno de las ovejas, se usó la edad (Silva, 1983), con la siguiente ecuación:  $R^2 = 0,98$

rece razonable que todas las categorías de animales deban pagar el costo de cosecha, con excepción con las crías lactantes, que tienen el gasto del andar tras su unidad lactaria y no tienen el estrés producido por seguir el alimento.

Se estima que el gasto de la actividad cular (AA) en corderos lactantes es (Blaxter, 1980):

$$AA = 2,45 * PESO$$

donde:

- AA = Gasto de energía en actividad postural, Kcal EN/día.
- PESO = Peso de la categoría corderos lactantes (kg).

mantener el requerimiento de mantención de los corderos lactantes será:

$$M2 = PESO \wedge 0,75 / Km \quad (18)$$

Los requerimientos de mantención en Kcal EM/día.

El balance de energía (BB) será igual al balance de leche, expresado en energía

$$M2 = 548,53 * (DE - 922,66) \wedge -0,400617 \quad (19)$$

$$DE = EM * DD \quad (20)$$

$$CC = M2 * PESO \quad (21)$$

por cosecha en Kcal EM por kilo de peso vivo. Disponibilidad energética de la prisa en Kcal EM/ha. Costo de cosecha (Kcal EM/día). Aseo corporal (kg).

El costo de cosecha (19) se usa cuando los valores son mayores a 1.600. Con valores inferiores, el costo de cosecha se independiza de la función del peso corporal, con un valor constante de 40,28 Kcal/kg peso.

El costo de cosecha (19) tiene un efecto cuantitativo en energía metabolizable y para su cálculo, requiere de valores de DI que son fácilmente obtenibles. Sin embargo, al aproximarse por la asintota de los valores de BB, que tienden a la asintota de la cosecha, el costo de cosecha tiende a infinito.

Los valores no son reales, y a su vez, la función no está definida. Ello ha permitido plantear modificaciones a esta ecuación (Cañas, 1983) o a plantear otras funciones, como se propone por Carrico (1981), utilizando una función sigmoidea general (Aguilar, 1983).

Para calcular el requerimiento de mantención de los animales, ahora se usó las crías lactantes, se usa la siguiente ecuación:

$$M3 = M1 * PESO \wedge 0,75 / Km \quad (22)$$

El consumo de energía (BB) es el consumo de energía menos el requerimiento de mantención, el costo de cosecha (CC), expresada en la siguiente ecuación:

$$BB = CEM - RM - CC \quad (23)$$

metabolizable, menos el requerimiento de mantención y la actividad física de caminar.

En animales a pastoreo se debe tener presente que el requerimiento energético para la actividad física de cosecha del forraje puede llegar a ser muy importante, en relación a su consumo voluntario. En este modelo se utiliza la ecuación de Rozas et al. (1979), para estimar el costo de cosecha (Figura 4), siendo:

Si el animal está en balance negativo, movilizará energía desde sus tejidos para cubrir los requerimientos. Cada kilogramo de peso movilizado tendrá una cantidad diferente de aporte de energía, dependiendo del peso de los animales. Para efectos de este modelo, cada kilogramo de peso movilizado con animales de 20 kg o más, aporta el equivalente a 6,21 Mcal de energía metabolizable. Si el animal pesa menos de 20 kg, la movilización es de menos energía (por diferencia en la composición de cuerpo),

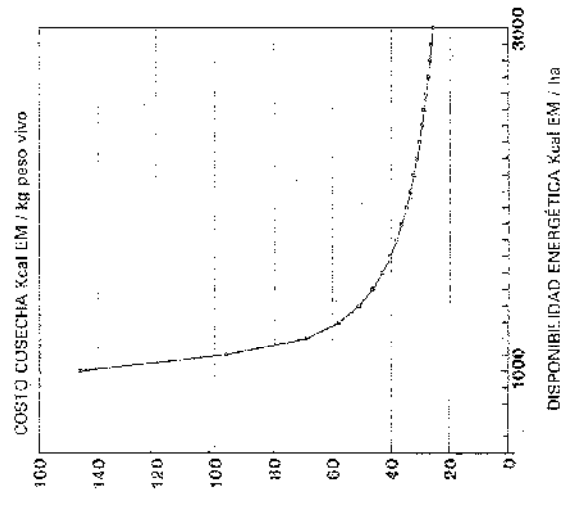


FIGURA 4  
COSTO DE COSECHA EN OVINOS  
(Harvest cost in sheeps)

siendo su aporte el equivalente a 3,21 Mcal de energía metabolizable.

La baja eficiencia en la utilización de la energía por los tejidos fetales, unido al rápido incremento de peso que experimenta el feto en las últimas semanas de gestación, resultan en un considerable incremento de los requerimientos de energía de la oveja, fundamentalmente en su último tercio de gestación.

Las necesidades energéticas sobre el nivel de mantenimiento de la oveja gestante son, entonces, función del desarrollo del feto, comenzando a ser importantes en los últimos 70 días de gestación (Ratnay *et al.*, 1974a).

Hacia el final de la preñez, una oveja gestando puede requerir, aproximadamente, el doble

$$RG = RM * (0.6046 * EXP(0.7235 * GESTA/100-1) \quad (R^2 = 0.95)$$

donde:

RG = Requerimiento de gestación (Kcal EM/día).

GESTA = Días de gestación.

Las ecuaciones anteriores establecen una relación entre RM y RG de tal forma, que las ovejas de menor peso, con menor RM, tendrán menor RG, debiendo producir corderos más livianos al parto que ovejas más pesadas.

Finalmente, si la oveja gestante se encuentra en balance energético negativo, debe movilizar sus reservas corporales para satisfacer la demanda del desarrollo fetal. La eficiencia de utilización de la energía de la reserva corporal en el proceso de gestación es un área de investigación muy poco explorada. El valor utilizado en el modelo es de 20%, el cual parece razonable para ovejas de bajo tamaño adulto.

#### Producción de leche

La producción de leche, como la generalidad

$$A5 = 0.0103763 * (DL \wedge 0.17381) * EXP(-0.016039 * DL) \quad (R^2 = 0.95)$$

donde:

A5 = % diario de la producción potencial total de leche.

DL = Días de lactancia.

Existen importantes diferencias en la producción de leche de ovejas de diferentes pesos; es por esto que la producción potencial de leche

de energía que la requerida por una oveja para mantener su peso, y gestando, las necesidades pueden ser 2,5 a 3 veces (Russel, 1979).

ARC (1980) presenta las estimaciones de requerimientos diarios de energía metabólica de ovejas de 40 kg de peso, desde los fetos, en función de los días de preñez, desde el día 70 de gestación los requerimientos incrementan sobre el nivel de mantenimiento, significantes, se ajusta un factor de mantenimiento, en función de los días de preñez, para calcular el requerimiento energético de la oveja como proporción del requerimiento de mantenimiento. La ecuación es la siguiente:

$$(R^2 = 0.95)$$

de los productos de origen animal, es dada por las características propias del animal y el ambiente, así como por la complejidad de interacciones entre ambos.

La curva teórica de lactancia es un parámetro que presenta un rápido incremento al parto hasta las 2-3 semanas de lactancia, luego decrecer progresivamente, en forma lineal, hacia el final de la lactancia.

Para estimar en el modelo la producción de leche, se utiliza la información reportada por Moore (1966). Se asume que la producción potencial se distribuye en 180 días, la producción en dicho período de lactancia se distribuye en forma proporcional, ajustada a la función gamma (Figura 5). La ecuación siguiente:

$$(R^2 = 0.95)$$

(TL) se estima en función del peso al parto, según la siguiente ecuación:

$$TL = 5.88 * PESO^{0.94}$$

La utilización de la ecuación (2) en el modelo, muestra una ventaja que, con sólo conocer la

valor de KL (Van Es, 1976; ARC, 1980). En el modelo, la eficiencia KL se estima según (ARC, 1980):

$$KL = 0.28 * Qm + 0.466 \quad (29)$$

#### Utilización de reservas corporales

La eficiencia con que se utilizan las reservas corporales para producción de leche no ha sido determinada en ovejas, y un valor 84% (ARC, 1980), estimado en vacas lecheras, es usado en el modelo. Es razonable pensar que la tasa diaria de movilización de reservas corporales tenga un límite (Vera, 1976), de lo contrario las ovejas expresarían siempre su capacidad potencial de producir leche, por más negativo que fuera su balance energético. Para estimar este límite, en el modelo se considera que la máxima movilización diaria de energía, desde las reservas corporales, debería ser igual al gasto energético del metabolismo de ayuno. Por lo tanto, está representado por la siguiente expresión:

$$MX = AA + M1 * PESO \wedge 0.75 \quad (30)$$

donde:

MX = Máxima movilización diaria de reservas (Kcal EN/día)

Utilizando la ecuación (30), ovejas de 4 años de edad, que pesen entre 30 a 50 kilos, pueden movilizar de sus reservas desde 730 a 1.084 Kcal/día, lo que significa pérdidas de peso corporal de 117 a 174 g/día.

La ecuación (30), al relacionar la máxima movilización de reservas con el peso corporal, indica que las ovejas más livianas, al comienzo de la lactancia, tengan una menor capacidad de movilizar reservas que aquellas ovejas más pesadas, lo que puede reflejar, en cierto modo, el efecto de la nutrición previa a la lactancia, sobre la producción de leche.

Por otro lado, se asume que si el animal permanece en balance energético negativo, no puede movilizar reservas para la síntesis de leche durante todo el período de lactancia. La capacidad de movilización de reservas sólo se mantiene en las etapas iniciales, reduciéndose luego de la segunda semana de lactancia, hasta hacerse cero.

En caso que el requerimiento energético de producción de leche sea cubierto con el excedente energético sobre mantenimiento y costo

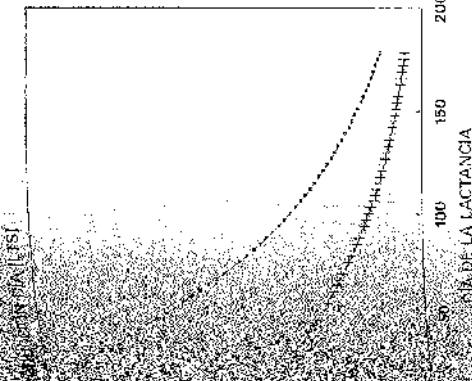


FIGURA 5

LA CURVA TEÓRICA DE LACTANCIA EN OVINOS (PUNTO) *curva teórica en sheeps. Punto*

Para un menor nivel de leche, es posible estimar la producción diaria, como sigue:

$$PP = TL * A5 \quad (27)$$

La producción potencial de leche por día (PP) es un parámetro que presenta un rápido incremento al parto hasta las 2-3 semanas de lactancia, luego decrecer progresivamente, en forma lineal, hacia el final de la lactancia.

Para estimar en el modelo la producción de leche, se utiliza la información reportada por Moore (1966). Se asume que la producción potencial se distribuye en 180 días, la producción en dicho período de lactancia se distribuye en forma proporcional, ajustada a la función gamma (Figura 5). La ecuación siguiente:

$$RL = PP * 1.06 / KL \quad (28)$$

La ecuación (28) muestra que el requerimiento de lactancia en Kcal por día (RL) depende del nivel de producción de leche por día (PP) y de la eficiencia de utilización de energía (KL).

Para estimar el requerimiento de lactancia en Kcal por día (RL) se estima en función del peso al parto, según la siguiente ecuación:

$$RL = 5.88 * PESO^{0.94}$$

La utilización de la ecuación (28) en el modelo, muestra una ventaja que, con sólo conocer la producción de leche por día (PP) y la eficiencia de utilización de energía (KL), se puede estimar el requerimiento de lactancia en Kcal por día (RL). En caso que el requerimiento energético de producción de leche sea cubierto con el excedente energético sobre mantenimiento y costo

de cosecha y/o con la movilización de reservas corporales, la producción de leche de la oveja alcanza el potencial. Los gramos de leche producidos por día se calculan como sigue:

$$LP = RL * KL / 1.06 \quad (31)$$

donde:

LP = Producción de leche en g/día.

Si con los excedentes energéticos, disponibles para producción y la movilización de reservas corporales, los requerimientos de lactancia no son cubiertos en su totalidad, la oveja no alcanza su potencial y la producción diaria de leche se estima:

$$LP = (MX * 0.84 + BB * KL) / 1.06 \quad (32)$$

donde:

BB = Excedente energético para producción de leche.

#### Cambio de peso corporal

Las ovejas movilizan reservas corporales, con la consiguiente pérdida de peso, cuando la energía del alimento no cubre los requerimientos. Si por el contrario, la energía aportada por el alimento satisficce esos requerimientos, el excedente energético es depositado en ganancia de peso. Factores del animal y variedad de características de la dieta interactúan y modifican la eficiencia de utilización de la energía metabolizable para ganancia de peso (Kf), en el amplio rango de 30 a 60%, según indican algunos autores (Garrett, 1980; Reid *et al.*, 1980; Ulyatt, 1981; Baldwin *et al.*, 1980).

ARC (1980, Tabla 3.4) propone una relación lineal entre la eficiencia Kf y el factor Qm de la dieta, con coeficientes que varían según el tipo de dieta. Seleccionando la ecuación correspondiente a forrajes, el Kf se cuantifica como sigue:

$$Kf = 1.16 * Qm - 0.308 \quad (33)$$

Del análisis de la información referente a la composición del cambio de peso (ARC, 1980), resulta adecuado un valor de 6.21 Kcal/g para la concentración energética de la ganancia o la pérdida de peso corporal en ovejas adultas, y un valor de 3.10 Kcal/g para animales de 20 kg o menos. Una vez realizado el balance energético, se cuantifica el excedente disponible para la ganancia de peso, que se calcula como sigue:

$$GAN = AU * Kf / 6.21 \text{ PESO}$$

$$GAN = AU * Kf / 3.10 \text{ PESO}$$

donde:

GAN = Cambio de peso en g/día  
AU = Energía metabolizable, para cambio de peso.

#### REPRODUCCION

Los factores considerados en el modelo que afectan la reproducción, son la madurez y la edad de las ovejas. El efecto de la edad se reflejada a través del peso corporal de las ovejas al momento de la encamernada. La tasa reproductiva, ha sido demostrada por varias oportunidades (Coop, 1962, 1966; Guerra *et al.*, 1972).

Los experimentos de Coop (1965) han permitido separar, claramente, el efecto del peso corporal de las ovejas sobre la tasa reproductiva. De las conclusiones de este autor se desprende que el peso corporal *per se* afecta poco (efecto nutricional), al momento de la encamernada, sobre la proporción de ovejas gestantes, así como el número de corderos nacidos por oveja. En el modelo se estima la tasa reproductiva del rebaño en función del peso corporal al momento de la encamernada (efecto estacional) como reflejo del nivel nutricional. Se asume realmente una relación entre el peso corporal de la encamernada y la proporción de ovejas gestantes.

$$GI = -89.89 + 5.9201 * \text{PESO EN}$$

donde:

GI = Proporción de ovejas gestantes por ovejas encamernadas.  
PESO EN = Peso corporal al momento de encamernada (kg)

La ecuación (35) se utiliza para ovejas de peso inferiores a 32 kg. Con valores superiores a 32 kg es independiente del peso y toma un valor de 99.5.

Turner y Dolling (1965), estudiando el efecto de la edad de ovejas Merino sobre el comportamiento reproductivo, encontraron un número de corderos nacidos se incrementa hasta la edad de 6-7 años, disminuyendo posteriormente. Este aumento es consecuencia del efecto aumento de la proporción de ovoviviparidad múltiplos y la disminución de la proporción de ovejas que fallan. Este patrón

ridas y la proporción de ovejas paridas por ovejas encamernadas, con 4.315 registros de partos, en su mayoría correspondientes a la raza Corriedale, algunos estudios con modelos de simulación en ovinos (Silva, 1983; Cañas, Aguilar y Silva, 1986) han ajustado funciones para determinar la proporción de ovejas vacías por ovejas encamernadas, en función de la edad de las ovejas:

$$GI = (100 - GI) * (2.9737 - 0.65007 * EO + 0.055357 * EO^2) \quad (R^2 = 0.97) \quad (36)$$

comporta de la misma forma que la curva antes desarrollada en ovejas Corriedale, pero según los expertos de la zona su máxima capacidad reproductiva no se produce a los 6 años sino que a los 5, la ecuación antes descrita fue desplazada en 1 año, quedando en el modelo la siguiente ecuación:

$$GI = (100 - GI) * (2.9737 - 0.65007 * (EO + 1) + 0.055357 * (EO + 1)^2) \quad (37)$$

Con la información de Cardellino y Azzarini (1979) se corrige la proporción de corderos nacidos por ovejas paridas (Silva, 1983), como sigue:

$$R^2 = (100 - X22) * (0.71546 + 0.084129 * EO - 0.0067857 * EO^2) \quad (R^2 = 0.92) \quad (38)$$

Al igual que en el caso anterior, la ecuación desarrollada para ovejas Corriedale fue desplazada en un año para ser utilizada en ovejas criollas de Puno. Por consiguiente, la ecuación utilizada en el modelo es la siguiente:

$$R^2 = (100 - X22) * (0.71546 + 0.084129 * (EO + 1) - 0.0067 * (EO + 1)^2) \quad (39)$$

*et al.*, 1979), aunque algunas ecuaciones, como la reportada por Ferguson (1962) relacionan ambas formas.

Una oveja de 50 kg de peso tendría un requerimiento energético de 55 Kcal EN/día para producir un vellón de 4 kilos (McDonald *et al.*, 1975). Blaxter y Wainman (1964) indican un requerimiento de 3 Kcal por kilo de peso metabólico de energía neta para la producción de un vellón de 4 kg al año. Estas cantidades son relativamente pequeñas comparadas con el requerimiento de mantenimiento.

Vera *et al.*, (1977) sostienen que ignorar el

modelo de la oveja reiteradamente documentado por Cardellino y Azzarini, (1979), aunque la información existente sobre la máxima tasa reproductiva, no permite establecer evidencias que permitan comparar con valores distintos, con una tendencia similar.

En la información proporcionada por Cardellino y Azzarini (1979), donde se detalla la información de corderos nacidos por ovejas paridas, se que la raza criolla de Puno se desarrolla en ovejas vacías por edad de las encamernadas corregida por la edad, en la raza Corriedale.

La proporción de ovejas vacías por ovejas encamernadas corregida por la edad, en la raza Corriedale, se estima en las ovejas en años.

Se asume que la raza criolla de Puno se desarrolla en ovejas vacías por edad de las encamernadas corregida por la edad, en la raza criolla de Puno.

La proporción de corderos nacidos por ovejas paridas corregidas por edad de las ovejas, en raza Corriedale.

$R^2 = (100 - X22) * (0.71546 + 0.084129 * (EO + 1) - 0.0067 * (EO + 1)^2)$  (39)

La proporción de corderos nacidos por ovejas paridas, corregida por la edad de la oveja criolla de Puno.

#### SELECCIÓN DE LANA

Los modelos matemáticos para predecir el crecimiento de lana lo hacen en forma de respuesta al consumo de energía a través de relaciones indirectas de peso vivo del animal (White



crecimiento de lana, en términos de energía, no es importante, debido a que sólo representa un mínimo de los requerimientos diarios. Manteniendo igual criterio, en el presente modelo no se considera el gasto energético en la producción de lana, evitándose además fijar prioridades en la utilización de la energía para su producción. De este modo, el crecimiento de lana se estima en forma directa a través del consumo de energía metabolizable, corrigiendo luego por el efecto de la variación estacional y el estado fisiológico.

Examinando experimentos de ovinos en pastoreo, White *et al.* (1979) encontraron que la relación entre crecimiento de lana y consumo de energía metabolizable es variable, presentando correlaciones positivas en algunos períodos del experimento, con referencia a otros períodos sin una clara relación o significativamente inversa entre ambas variables. Esto sugiere que una relación directa simple con el consumo de EM es insatisfactoria para hacer predicciones del crecimiento de lana, debiéndose tomar en cuenta otros factores.

Ferguson (1962) sostiene la necesidad de considerar la contribución del catabolismo corporal, ya que el crecimiento de lana continúa

$$W2 = 0,8661 * W1 + 0,00127 * (J2 + J1) + 0,000717$$

donde:

- W2 = Crecimiento de lana en Mcal/día, el día t(s).
- W1 = Crecimiento de lana en Mcal/día, el día t(s-1).
- J2 = Consumo de EM en Mcal/día, el día t(s).
- J1 = Consumo de EM en Mcal/día, el día t(s-1).

Tomando un valor de 0,00566 Mcal/g de lana (ARC, 1980), el crecimiento diario de lana en unidades de peso se estima:

$$W3 = W2/0,00566 \quad (41)$$

donde:

- W3 = Crecimiento de lana en g/día

La información disponible indica que el nivel de consumo no es el único factor que determina variaciones en el crecimiento de lana, considerando importantes la temperatura y el fotoperíodo (Spedding, 1968).

aún con pérdida de peso, y establece la siguiente relación:

$$W(t) = E * I(t) * K * C(t)$$

donde se expresa la respuesta de crecimiento de lana (W) debida al consumo de energía metabolizable (I), medida en el tiempo, y los cambios de peso corporal (C). E y K son constantes.

Nagorecka (1977) sostiene que la propuesta por Ferguson (1962) falla en el animal difiere significativamente del equilibrio entre la producción de lana y el consumo de energía metabolizable. Langlands y Donald (1977) sugieren que la producción de lana se ajusta mejor en el tiempo a los cambios en el consumo alcanzando un valor asimótico cuando la producción de lana y el consumo están en equilibrio.

Considerando un período de desarrollo de días entre los cambios en los niveles de consumo y la respuesta en la tasa de crecimiento de lana, Nagorecka (1977) ha establecido una relación dependiente del tiempo, significando el peso o los cambios de peso. Esta ecuación utilizada en el modelo para predicción de crecimiento diario de lana de ovejas secas sigue:

$$CW = W3 * (1 + 0,14 * \text{COS}(0,0172142 * \text{DY}))$$

Los trabajos de Ferguson *et al.* (1969) y por Moule, 1962), donde los ovinos recibían dietas constantes a través del año, muestran la producción de lana se incrementa cuando la temperatura del aire llega a valores de 21°C (verano) y decrece con temperaturas de 1°C (invierno), sugiriendo que podría estar relacionado a un aumento del flujo de nutrientes hacia la piel.

No es posible considerar a la temperatura como único factor que estimula el crecimiento estacional, por su alta variación de un año a otro, conduciendo esto al estudio del fotoperíodo, que muestra una variación más constante. Modificando las horas luz que los ovinos reciben en verano, por la que reciben en invierno, Morris (1961) encontró que gradualmente los ovinos ajustan su ritmo de crecimiento de lana a la nueva estacionalización de horas luz. El autor concluye que el crecimiento estacional cíclico de la lana está influenciado

(1979) muestra que la amplitud porcentual entre la máxima y la mínima tasa de crecimiento de lana varía entre 28 a 85% para la raza Corriedale, estando asociada esta variación con la latitud de la localización del experimento.

Ferguson *et al.* (1949, citado por Nagorecka, 1979), en un experimento realizado con ovejas Corriedale en la localidad de Sydney, Australia (33-35° latitud sur), encontraron que el efecto del fotoperíodo en el crecimiento de lana tiene una relación cosenooidal, ecuación utilizada en el modelo, y de la forma:

$$\text{Como la reducción en el crecimiento de lana se realiza día por día, se expresa el efecto del largo del período de lactancia sobre el peso del vellón. Con períodos de lactancia más cortos se obtiene un peso de vellón mayor. Una vez obtenido el crecimiento diario de lana para cada categoría de ovejas, éstas se acumulan de fecha de esquila a fecha de esquila, para obtener el peso de vellón por categoría.}$$

### Producción de corderos

La subrutina corderos tiene como objetivos calcular el consumo de leche y/o forraje de los corderos y, en base a la energía consumida, estimar la evolución de su peso corporal en el período que pastorean con sus madres, es decir, del nacimiento al destete.

La importancia de incluir los corderos en el modelo radica en que luego del parto, la carga, en términos de animales por hectárea, se incrementa, y el considerar el consumo de forraje de los corderos, la disponibilidad de pasturas se modifica sustancialmente, pudiendo alterar la producción de las ovejas de cría. Además, al considerar el binomio oveja-cordero, las necesidades de disponibilidad y calidad de forraje del rebaño a través del año son muy diferentes a las que se estimarían si se considerara solamente las ovejas, siendo necesario tenerlo presente en el diseño de esquemas forrajeros.

### Peso al nacimiento

El peso al nacimiento del cordero depende del desarrollo que alcance el feto en el período de

gestación. El requerimiento de gestación depende en primer lugar, del desarrollo fetal, por lo tanto, es aceptable esperar una estrecha relación entre los requerimientos totales de gestación y el peso al nacimiento.

Los requerimientos diarios de gestación, expresados en EM, son acumulados en el modelo durante el período de gestación. Al momento del parto, dicho valor acumulado determina el peso al nacimiento. De acuerdo con ARC (1980), la composición de un cordero al nacimiento tiene una concentración energética de 1,3 Kcal/g de peso. Con este valor, y teniendo presente que la eficiencia de utilización de la EM en el desarrollo fetal es de 12%, el peso al nacimiento (PN) de corderos se calcula como sigue:

$$PN = S1 * 0,12 / 1,3 \quad (45)$$

donde:

PN = Peso al nacimiento de corderos (gramos).

S1 =  $\Sigma$  requerimiento total de EM para gestación.

Los valores de S1 dependen del peso de la oveja gestante, por lo tanto, el peso al nacimiento del cordero está asociado al peso de su madre. De este modo, puede reflejarse, en cierto grado, el efecto de la nutrición durante la gestación sobre el peso al nacimiento.

#### Crecimiento predestete

El consumo de leche se determina asumiendo

$$PNO = TA - (TA - PN) * EXP (-0,006 * DA)$$

$$MC = CPO - PNO/TA * (2 - PNO/TA)$$

donde:

PNO = Proporción del peso corporal adulto.

TA = Tamaño adulto (kg).

DA = Edad en días de los corderos.

MC = Consumo potencial de MS en g/día.

El consumo potencial de materia seca proveniente del forraje (MF) se determina restando al consumo potencial de materia seca (MC), el consumo de materia seca proveniente de la leche (ML). De este modo, la capacidad de consumo de forraje está regulada por el consumo de leche.

El consumo de forraje también está regulado por la edad del cordero. Si el consumo de leche

que toda la producción de leche de la oveja consumida por los corderos.

Con la producción diaria de leche de las ovejas, considerando un contenido de materia seca (Moore, 1966), con un 95% para la concentración de EM (Mitchell, 1971), se calcula el consumo de materia seca y energía metabolizable de corderos, provenientes de la leche.

$$ML = M3 * 0,2$$

$$EL = M3 * 1,06 * 0,95$$

donde:

ML = Consumo de MS proveniente en g/día.

EL = Consumo de EM proveniente en Kcal/día.

M3 = Producción de leche de las ovejas g/día.

#### Consumo de forraje

Para determinar el consumo de forraje, se aplican los criterios previamente discutidos, calculándose el consumo potencial de materia seca de los corderos, teniendo presente que se relaciona con el estado de desarrollo, el tamaño del animal.

Adecuando al modelo las ecuaciones dadas por Christian *et al.* (1976), se calcula el tamaño de los corderos según su edad. Posteriormente, se determina el consumo potencial de materia seca como sigue:

Consumo voluntario de forraje en g/día  
Consumo potencial de forraje en g/día  
Consumo de EM proveniente del forraje en Kcal/día.

El peso

Consumo de energía metabolizable (CM) se calcula como la suma de los valores de EL y EF. La diferencia posterior es en los procesos de utilización de las funciones vitales, costo de la ganancia de peso.

$$K1 = Km * EF/CM + 0,84 * (1 - EF/CM) \quad (52)$$

$$K2 = Kf * EF/CM + 0,69 * (1 - EF/CM) \quad (53)$$

Eficiencia de utilización de la EM en el nacimiento.

Consumo total de EM.

Consumo de utilización de la EM en el nacimiento de peso.

Consumo de la energía metabolizable en el nacimiento de mantenimiento y costo de cosecha, en relación con las mismas ecuaciones dadas anteriormente, exceptuando que la tasa de ganancia de peso es considerada para corderos de 1 kg por kilo de peso metabólico (96%)

$$GAN = 10 \wedge (0,9 * \text{Log}(EG)/\text{Log}(10) - 0,0036 * \text{PLSO} + 1,91) \quad (54)$$

Ganancia de peso en g/día.  
Energía neta de ganancia de peso en M/día

Ganancia de peso en g/día.  
Energía neta de ganancia de peso en M/día

Las pasturas tiene como objetivo principal suministrar diariamente los parámetros más relevantes para la pradera nativa de la zona. Se determina diariamente la digestibilidad de la materia seca y la tasa de consumo, corrigiendo valores estándares de materia seca y la energía metabolizable por carga animal. En función de esta ganancia y la cantidad de forraje consumido por los corderos, se simula la disponibilidad de forraje por hectárea.

La eficiencia de utilización de la energía metabolizable proveniente de la leche consumida, se considera de 84% para mantenimiento y de 69% para ganancia de peso (Walker y Norton, 1971); mientras que la eficiencia de utilización de la energía metabolizable proveniente del forraje consumido en ambos procesos se consideran iguales a las calculadas para ovejas.

Siguiendo el procedimiento de Christian *et al.* (1978), la eficiencia de utilización de toda la energía metabolizable consumida se calcula teniendo en cuenta las proporciones en que están presentes la energía proveniente de la leche y del forraje:

Si el balance energético para mantenimiento y costo de cosecha genera un excedente energético disponible para producción, el cordero gana peso. En caso contrario, el cordero moviliza reservas corporales, perdiendo peso, de igual forma como ha sido discutido para ovejas. Para el cálculo de la ganancia de peso es necesario conocer el valor energético de la ganancia. Lo anterior permite calcular directamente la ganancia de peso en función de la energía neta depositada en ganancia y el peso corporal. Dicha relación es utilizada en el modelo de la siguiente forma:

La actualización diaria de la disponibilidad de forraje por hectárea se efectúa adicionando el crecimiento diario de la pradera y descontando la cantidad de forraje removido por hectárea, a través del consumo diario de los animales. Al comienzo del proceso de simulación se asigna una disponibilidad inicial a cada cancha de pastoreo, sobre la cual se comienza a actualizar.

#### EVALUACIÓN DEL MODELO

El proceso de evaluación puede ser dividido en dos etapas: verificación y validación.

La verificación es un proceso continuo, donde se comprueba la racionalidad y consistencia de las funciones para estimar los parámetros

del modelo y las relaciones entre ellos, hasta que el modelo pueda ser aceptado. Este proceso, directamente relacionado con los propósitos del estudio, está comprendido en toda la exposición anterior, en el detalle de cada componente. En cambio, la validación, entendida como el proceso de aceptar el modelo en su totalidad con algún nivel de confianza, de modo de poder hacer inferencias correctas sobre el sistema, se refiere a la contrastación estadística de algunas variables de salida, interactuando con todos los componentes del modelo, con las variables reales del sistema productivo. Obviamente, este último proceso de validación es el más difícil de hacer, salvo contadas excepciones, dado que estaría en clara contraposición con la existencia misma del modelo. Si dicha experimentación es posible realizarla en forma rápida y económica, no es necesario el modelo.

Particularmente, en el caso de este estudio, en que la información disponible sobre razas criollas de ovinos en el altiplano de puna seca no es sistemática, sino, más bien, proviene de experimentos aislados y de experiencia acumulada por estudios de otra naturaleza o distintos propósitos, en que tangencialmente se le aborda, los métodos tradicionales de contrastación no es posible aplicarlos, a menos que se esté dispuesto a enfrentar el costo y tiempo de realizar más experimentación.

Existen otros métodos con los cuales es posible validar el modelo. El más conocido, que se ha usado en este modelo, es el método atribuido a Yurring (1959), comentado por varios autores (Shanon, 1975; Maté, 1988) en validación de modelos. Dicho método consiste, básicamente, en enfrentar a expertos en el sistema con resultados del modelo y resultados reales

(en este caso, resultados proporcionados por productores y expertos de la zona) de modo que indiquen si pueden detectar errores simulados.

Por consiguiente, una vez aceptada la validación del modelo, se lo utilizó bajo las condiciones reales de la Comunidad campesina (Puno, Perú) y se enfrentaron con un grupo de expertos. El análisis de estas pruebas, así como los valores obtenidos en el modelo, eran razonables. Algunos de los resultados obtenidos fueron los siguientes:

#### Experimento de validación

Se utilizaron 100 hembras de diferentes edades con edades promedio de 2,75 años, produciendo una pradera nativa y un bofedal, con una carga de 0,9 unidades ovinas por hectárea, dando como parámetros iniciales los de un productor de la comunidad de Apopata, situado en la puna seca del altiplano de Puno, proporción de área entre pradera nativa y bofedal que corresponde a la de dicha comunidad, aproximadamente el 10% del total, es decir, un manejo simulado corresponde también a dicha comunidad donde, aproximadamente, los tres primeros meses del año el rebaño se encuentra en la pradera nativa y el resto del año en el bofedal. El Cuadro 1 muestra los parámetros promedio obtenidos con tres repeticiones en períodos de simulación de tres años.

En relación a la pradera, los resultados muestran en el Cuadro 2. Se puede apreciar que, con la carga normalmente usada por los campesinos de Apopata, la disponibilidad de forraje, tanto en la pradera nativa como en

## CUADRO 2 RESULTADOS DE PRODUCCIÓN DE PASTIZALES en algunas producciones resultas

Disponibilidad en kilos MS/ha	
Pradera nativa	Bofedal
1.000(P)	1.500
994(P)	1.852
986(P)	2.288
983	2.740(P)
1.000	2.932(P)
1.024	3.000(P)
1.040	3.024(P)
1.049	2.882(P)
1.054	2.099(P)
1.066	2.340(P)
1.060	2.042(P)
1.069	1.704(P)
1.078	1.603(P)

durante el mes estuvo en pastoreo

en el primer mes del pastoreo es semejante que en el resto del período. Ello está indicando un buen manejo en la producción de las praderas. Los expertos les parecía muy extraño que el modelo, junto con dar

## LITERATURA CITADA

- CONNOR, R. 1980. Algunas consideraciones de análisis de sistemas en ciencias agrícolas. *Ciencia Interamericana*, 20(1-2): 1-10.
- COSMAS, R. y FRIEDEL, C. 1983. *Análisis de Curvas*. Agrícola Systems, I/O: 1-10.
- , 1984. The nutritional requirements of ruminant livestock. *Agricultural Research Council. Committee on Agricultural Research Council. London*.
- , 1970. Regulation of food intake in ruminants. In *Physiology of Digestion and Nutrition in the Ruminants*, Ed. por A. T. Jones, Chapman & Co., 264 pp.
- , 1975. Herbage intake and grazing behavior of ewes of four breeds at different physiological states. *Australian Journal of Agricultural Research* 26: 1017.
- , 1976. Denzinski, M.L. 1966. The effect of physiological responses controlling the food intake of young sheep. *Proceedings International Nutrition Congress, Helsinki*, 367 pp.
- , 1977. Denzinski, M.L. 1967. Studies on the effect of the grazing animal. II. The effect of

resultados coherentes en la parte animal, también está dando resultados acertados en el comportamiento de las praderas.

## RESUMEN

El sistema de producción ovina del altiplano de puna seca de Puno (Perú), presenta un grado de complejidad que dificulta la experimentación física si se desea estudiar y resolver, simultáneamente, una serie de factores interrelacionados y asociados a problemas productivos y económicos.

Con objeto de estudiar este sistema, y evaluando alternativas de manejo e inversión, se diseñó un modelo de simulación dinámico, que considera variables estocásticas. El modelo ha sido adaptado para describir el sistema de puna seca, con recursos de pradera nativa y bofedal, pastoreando una raza criolla de ovinos.

Estructuralmente, las partes más importantes de un modelo de esta naturaleza son el algoritmo de cálculo y las funciones matemáticas que describen las relaciones entre los componentes del modelo. Dichos elementos se discuten y presentan en detalle en el estudio.

physiological status in ewes and pasture availability on herbage intake. *Australian Journal of Agricultural Research* 18: 349.

ARNOLD, G.W. y DUNZINSKI, M.L. 1967a. Studies on the diet of the grazing animal. II. The effect of pasture species and pasture structure on the herbage intake of sheep. *Australian Journal of Agricultural Research* 18: 657.

ARNOLD, G.W. y DUNZINSKI, M.L. 1978. Etiology of free-ranging domestic animals. Developments in Animal and Veterinary Sciences. Elsevier, 198 pp.

BALDWIN, R.L., SMITH, N.E., TAYLOR, J. y SHARP, M. 1980. Manipulating metabolic parameters to improve growth rate and milk secretion. *Journal of Animal Science* 51: 1416.

BIRREL, H.A. 1981. Some factors which affect the live weight change and wool growth of adult Corriedale wethers grazed at various stocking rates on perennial pasture in Southern Victoria. *Australian Journal of Agricultural Research* 32: 353.

BLAXTER, K.L. y WAINMAN, F.W. 1964. The utilization of the energy of different rations by sheep

- and cattle for maintenance and for fattening. *Journal of Agricultural Science* 63: 113.
- BLAXTER, K. I. y WILSON, R. S. 1963. The voluntary intake of roughage by steers. *An. Production* 4 (3): 351-358.
- CAÑAS, R. 1974. The lactational efficiency complex in rats. Ph.D. Thesis. University of California, Davis, USA.
- CAÑAS, R., AGUILAR, C. y SILVA, J. 1986. Modelo de simulación para el estudio del manejo de sistemas pastoriles de cría ovina. Validación del modelo. *Ciencia e Investigación Agraria* 13 (1): 53-64.
- CAÑAS, R., AGUILAR, C. y ZOCAL, R. 1984. Desamollo de un modelo para determinar el índice de selección a pastoreo. *Sistemas en Agricultura*. BSA 3 (11): 1-34.
- CAÑAS, R. y GASTO, J. 1974. Costo de cosecha y eficiencia de producción de ecosistemas ganaderos. *Ciencias e Investigación Agraria* 1: 179.
- CARDELLINO, R. y AZZARINI, M. 1979. Efecto de la época de encambrada y la edad sobre la tasa reproductiva de ovejas Corriedale. *Ideal y Merino en el Uruguay*. Secretariado Uruguayo de la Lana. Boletín Técnico 4: 5.
- CATRELEO, A. 1980. Desarrollo de un modelo de simulación para el estudio del cambio de peso en novillos a pastoreo. Tesis Magister en Producción Animal. P. Universidad Católica de Chile.
- COOK, W. C., MATTOX, J. E. y HARRIS, L. E. 1961. Comparative daily consumption and digestibility of summer forage by wet and dry ewes. *Journal of Animal Science* 20: 866.
- COOP, J. E. 1962. Liveweight-Productivity relationships in sheep. *Liveweight and reproduction*. New Zealand Journal of Agricultural Research 5: 249.
- COOP, J. E. 1966. Effect of flushing on reproductive performance of ewes. *Journal of Agricultural Science* 67: 305.
- CORBETT, J. L. 1979. Variation in wool growth with physiological state. En *Physiological and Environmental Limitations to Wool Growth*. Ed. por J. L. Black y P. J. Reis. University of New England. 79 pp.
- CORBETT, J. L. y FURNIVAL, E. P. 1976. Early weaning of grazing sheep: II Performance of ewes. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 16: 156.
- CHRISTIAN, K. R., FRIER, M., DONNELLY, J. R., DAVIDSON, J. I. y ARMSTRONG, J. S. 1978. Simulation of grazing systems. PUDOC. Wageningen.
- CHRISTIAN, A., MENESES, E. E., BURLACU, G. y STAVARI, J. 1980. Efficiency of utilization of corn silage diets by pregnant and lactating sheep. *European Association for Animal Production* 26: 363.
- EDEY, N. T. 1968. Body weight and weight gain of sheep. *Proceedings of The Australian Society of Animal Production* 7: 118.
- FELL, B. F., CAMPBELL, R. M., MCKERROW, W. WEEKES, T. E. C. 1972. Changes in reproductive organs and lactation in some extracts of pregnancy. *Journal of Agricultural Science* 79: 397.
- FERGUSON, K. A. 1962. The relationship between responses of wool growth and body weight changes in feed intake. *Australian Journal of Biological Science* 15: 720.
- FORBES, J. M. 1969. A note on the voluntary intake of lactating ewes, their milk yield and growth rate of their lambs. *Animal Production* 17: 263.
- FORBES, J. M. 1977. Interrelationships between physical and metabolic control of voluntary intake in fattening pregnant and lactating sheep: A model. *Animal Production*.
- FRIESE, M. 1981. The control of food intake of grazing animals. In *Grazing Animals*. Ed. F. H. W. Morley. World Animal Science Review. 143 pp.
- GARRET, W. N. 1980. Factors influencing the efficiency of beet production. *Journal of Agricultural Science* 51 (6): 1434-1440.
- GRANTHAM, N., MCCOY, S. F., TAYLOR, T. W. y LINDSAY, D. A. 1974. Basal metabolic rate in lambs and young sheep. *Australian Journal of Agricultural Research* 23: 957.
- GUERRA, J. C., TIWATHUR, C. I. y EDEY, N. T. 1977. The effects of components of body weight on reproduction efficiency in the Merino ewe. *Journal of Agricultural Science* 78: 245.
- HADJIPERIS, G. y HOLMES, W. 1966. Sheep feed intake and feed utilization by sheep. *Journal of Agricultural Science* 67: 271.
- HART, D. S., BENNETT, J. W., HUTCHINSON, T. y WODZICKA-TOMASZEWSKA, M. 1963. Reproductive and physiological aspects of seasonal photoperiodic seasons and wool growth. *London*. 198:310.
- HODGSON, J. 1977. Factors limiting herbage by the grazing animal. *Proceedings of the National Meeting of Animal Production Temperate Grassland*. Dublin. 70 pp.
- HODGSON, J. 1979. Utilization of grassland sheep production. En *The Management of Commonwealth Agricultural Bureaux*. Ed. por R. y McDonald, I. 1970. The utilization of energy for maintenance and for fat deposition in young growing sheep. *European Association for Animal Production* 26: 363.
- JAGUSCH, K. T. y MITCHELL, R. M. 1974. The effects of the reproductive state
- of ewes on their voluntary intake of diets varying in straw content. *Journal of Agricultural Science* 94: 637.
- PEARCE, J. N., DONEY, J. M. y SMITH, W. F. 1979. Lactation pattern in Scottish Blackface and East Friesland x Scottish Blackface crossbred ewes. *Journal of Agricultural Science* 92: 133.
- PENNING, P. D. 1979. The artificial rearing of lambs. En *The Management and Diseases of Sheep*. Ed. por The British Council. Commonwealth Agricultural Bureaux. 282 pp.
- PÉREZ, C. J. 1977. Selección de dieta de ovinos en pastoreo. *Praderas de alianza y Phalaris*. Pastos 2: 259.
- RATHWAY, P. V., GARRET, W. N., EAST, N. E. y HINMAN, N. 1974. Efficiency of utilization of metabolizable energy during pregnancy in sheep. *Journal of Animal Science* 38: 989.
- RAY, L. R. y SIDWELL, G. M. 1964. Effects of pregnancy, parturition and lactation upon wool production of range ewes. *Journal of Animal Science* 23: 989.
- RODRÍGUEZ, D. 1979. Influencia del momento de utilización de la pradera natural de la zona mediterránea central de Chile en el consumo ovino. Tesis Magister. Universidad de Chile.
- ROZAS, R., CAÑAS, R., GASTO, J., AGUILAR, C. y FRIEDLI, C. 1978. Costo ecológico de cosecha de alimentos en ovinos a pastoreo. IV Conferencia Mundial de Producción Animal. Buenos Aires. Argentina.
- RUSSELL, A. J. F. 1979. The nutrition of the pregnant ewe. En *The Management and Diseases of Sheep*. Ed. por The British Council. Commonwealth Agricultural Bureaux. 222 pp.
- SHANON, R. E. 1975. Systems simulation. The art and science. Ed. por Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.Y. USA.
- SIBBALD, A. R., MAXWELL, T. J. y EADIE, J. 1979. A CONCEPTUAL APPROACH TO MODELLING OF HERBAGE INTAKE BY HILL SHEEP. *AGRICULTURAL SYSTEMS* 4: 119.
- SILVA, J. 1983. Modelo de simulación para el estudio del manejo de sistemas pastoriles de cría ovina. Tesis Magister Producción Animal. P. Universidad Católica de Chile.
- SPEDDING, C. R. W. 1968. Producción ovina. Editorial Academia. España.
- TISSIER, M., THEREZ, A., PURROY y BRELLOUT, A. 1980. Energy utilization by ewes during pregnancy and lactation. *European Association for Animal Production* 26: 329.
- TREACHER, J. T. 1979. The nutrition of the lactating ewe. En *The Management and Diseases of Sheep*. Ed. por The British Council. Commonwealth Agricultural Bureaux. 242 pp.
- TROELSEN, J. E. y CAMPBELL, J. B. 1969. The effect of maturity and leanness on the intake and diges-

tibility of alfalfas and grasses fed to sheep. *Journal of Agricultural Science* 73: 145.

TURNING, A.M. 1959. Computing Machinery and Intelligence. *Mind.*, vol. 59.

TURNER, H.N. y DOLLING, C.H.S. 1965. Vital statistics for an experimental flock of Merino sheep. II. The influence of age on reproductive performance. *Australian Journal of Agricultural Research* 16: 699.

ULYATT, M.J. 1981. The feeding value of temperature pastures. Ed. por F.H.W. Morley. *World Animal Science*, Elsevier. 125 pp.

VAN ES, A.I.H. 1976. Unique problems in diet formulation. En *First International Symposium, Feed composition, Animal Nutrient Requirements and Computerization of Diets*. Ed. por P.V. Fomesbeck, L.E. Harris y L.C. Kears. Utah State University. USA.

VERA, R.R. 1976. Energy transactions in sheep: A modelling approach. Ph.D. Thesis. University of California. Davis. USA.

VERA, R.R., MORRIS, J.G. y KOONG, L.J. 1977. A quantitative model of energy intake and partition in grazing sheep in various physiological states. *Animal Production* 25: 133.

WALKER, D.M. y NORTON, B.W. 1971. The utiliza-

tion of the metabolizable energy of diets of different protein content by the milk-fed lamb. *Journal of Agricultural Science*. 77: 363.

WALTERS, R.I.K. 1971. Variation in digestibility between *in vitro* digestibility and digestible dry matter intake of different grasses. *Journal of Agricultural Science* 76: 263.

WEBSTER, A.J.F. 1979. Energy metabolism. *The Management and Diseases of Sheep*. Ed. por The British Council. Commonwealth Agricultural Bureaux. 166 pp.

WESTON, R.H. 1979. Feed intake regulation in sheep. En *Physiological and Environmental Adaptations to Growth*. Ed. por J.L. Blair y J. Reis. University of New England. 164 pp.

WESTON, R.H. 1982. Animal factors affecting intake. En *Nutritional Limits to Animal Production from Pastures*. Ed. por J.B. Hume. Commonwealth Agricultural Bureaux. 38 pp.

WHITE, D.H., NAGORCKA, B.N. y BLAIR, J.L. 1979. Predicting wool growth of sheep in field conditions. En *Physiological and Environmental Limitations to Wool Growth*. Ed. por J.L. Blair and P.J. Reis. University of New England. 139 pp.

## EFFECTO DEL MOMENTO DE ARRANCA DE PLANTAS DE FREJOL (PHASEOLUS VULGARIS L.) CV. INGO, SOBRE LA CALIDAD DE LA SEMILLA<sup>1</sup>

EFFECT OF CUTTING BEAN PLANTS (PHASEOLUS VULGARIS L.) CV. INGO AT DIFFERENT STAGES OF MATURITY, ON SEED QUALITY

HUGO FAIGUENBAUM M. Y VERÓNICA VALDÉS R.

Departamento de Ciencias Vegetales  
Facultad de Agronomía  
Pontificia Universidad Católica de Chile  
Casilla 6177, Santiago

### Summary

The effect of cutting bean plants, cv. Ingo, at different stages of maturity of their pods, was evaluated on the germination and vigor of the seed harvested. The treatments corresponded to four stages of maturity at cutting time and were the following: plants with 15, 30, 45 and 60% of dry pods. The treatments did not affect the commercial seed yield. However, the presence of 65% dry pods at cutting time caused a significant lower germination percentage. No significant differences were found for plant dry weight between the treatments (nine days after imbibition started). The results indicate that for best quality seed, it is essential to cut the plants (cv. Ingo) before they reach 45% of dry pods, being the optimum when they do not exceed 30%.

### INTRODUCCIÓN

La germinación de semilla de frejol desde Chile a países europeos se inició en 1977. El volumen del valor de las exportaciones han crecido considerablemente, alcanzándose en los años 1987 y 1989, 1.300 y 1.420 t, respectivamente, con un valor aproximado de US\$ 1,5 millones de dólares<sup>2</sup>.

El país resulta muy atractivo para la producción de semilla de frejol, debido a sus buenas condiciones agroclimáticas y a la ausencia de ciertas enfermedades. Sin embargo, este nego-

ciario está regulado como parte del proyecto "Manejo de la cosecha de semilla de frejol de exportación", financiado por el Fondo de Desarrollo Productivo, CORFO, y el Banco Mundial.

Correspondencia: comunicación personal. Agradecemos la colaboración aprobada por el Comité Editor de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica con el N° 508/90. Fecha de recepción: 20 de diciembre de 1990.

cio se ha visto limitado por la obtención de bajos rendimientos y porque, en algunas oportunidades, no se logra obtener el porcentaje mínimo de germinación exigido para la exportación (85%). Por otra parte, las empresas importadoras de semilla están siendo cada día más exigentes en cuanto a calidad. Muchas de ellas no sólo evalúan la germinación de la semilla, sino también su vigor.

La calidad de la semilla obtenida está especialmente relacionada con las labores de cosecha y postcosecha. En este sentido, es común que en el país se realice el mismo manejo para la producción de semilla que para la obtención de grano seco, afectándose negativamente con ello la calidad de la semilla producida. Entre las labores de cosecha del frejol que tienen relación con la calidad de la semilla a obtener, está el momento en que se arrancan las plantas; este aspecto está relacionado con el grado de madurez que presentan las vainas.

En el caso de producción de frejol de consu-