

MODELO DE PRODUCCION DE CARNE BASADO EN PASTOREO. DESARROLLO MATEMATICO¹

A beef production model based in grazing. Mathematical development

Fernando Becker M.², Blas Bravo F.³ y David Bennet⁴

SUMMARY

A mathematic, dinamic model of beef production based in grazing is presented. The computer program was WRITTEN in FOCAL.

The model requires initial information on availability, growth, maximum and minimun monthly digestibility of the pasture, stocking rate, age of the animals expressed in weeks, and live weight of the animals. A forage growth is generated, that is adjusted by the availability, and then this growth is added to the standing forage, to obtain the total dry matter.

Starting from this information, a potential consumption is generated as a function of the age of the animals and adjusted to the availability and digestibility of the forage. Once the real consumption is known, it is substracted from the available forage.

Based on consumption and according to maintenance requirements, a weight gain or loss is generated. Once this gain or loss is known, the live weight is updated daily.

On the basis of comparisons done with real production systems, it can be stated that the present model reflects the behavior of animals and pastures, with acceptable accuracy.

INTRODUCCION

La falta de información que permita estimar la producción de biomasa de una pradera, a partir de variables como lluvia y temperatura, y las limitaciones en la determinación de su disponibilidad en el tiempo, han sugerido la necesidad de usar técnicas de modelación dinámica con este propósito.

Los modelos biológicos son representaciones simplificadas de los sistemas reales, que se comportan como tales. No es necesario construir modelos excesivamente detallados y complejos, ya que ello perjudica la comprensión del sistema analizado (Novoa y Loomis, 1981), pero sí deben incluir las variables y los procesos que son el corazón del sistema modelado, de tal modo que el comportamiento del modelo sea similar al del sistema real. Anderson (1974) describe a los procesos de producción agrícola como intrínsecamente dinámicos y en su mayoría, además, estocásticos.

El presente trabajo describe los fundamentos de un modelo dinámico de la producción de carne a pastoreo, y su validación.

Los programas fueron elaborados en lenguaje FOCAL, por la facilidad operativa del lenguaje en los estudios de simulación y por adaptarse al computador utilizado, un PDP 8 Digital.

¹ Recepción de originales: 27 de abril de 1979. Actualizado: 26 de mayo de 1983.

Los autores agradecen a la Ing. Agr. Srta. Nora Aedo M. la edición final del manuscrito para su publicación en *Agricultural Técnica*. Parte de la Tesis desarrollada por el primer autor, para optar al título de Magister Scientiae en la Escuela para Graduados de Argentina (Balcarce).

² Estación Experimental Remehue (INIA). Actualmente en actividad particular. Casilla 1189, Osorno, Chile.

³ Estación Experimental Agropecuaria Balcarce (INTA), Argentina.

⁴ CSIRO, Australia.

El modelo se divide en un subsistema planta y otro animal; sin embargo, se puede perfectamente incorporar, al subsistema planta, un crecimiento de praderas que depende de variables estocásticas generadas al azar, como la lluvia.

El modelo precisa información inicial, determinante de la tasa promedio mensual del crecimiento potencial de la pradera, la edad de los animales (expresada en semanas), carga animal, peso vivo inicial y la digestibilidad máxima (valor de digestibilidad del material vivo) y mínima (material situado en la base de la planta).

El programa calcula diariamente los valores de cada variable, lo que es de suma importancia, pues en un sistema de gran complejidad, como lo es el sistema suelo, planta, animal, con una enorme cantidad de interacciones (Figura 1), los valores que tomen las variables van a depender, en gran medida, de sus valores previos.

El trabajo se realizó en el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Balcarce, Argentina, entre el 1º de julio de 1974 y el 10 de enero de 1975. Se utilizaron 52 animales de raza Hereford y 52 animales Aberdeen Angus de 9 meses de edad y un peso aproximado de 200 kg.

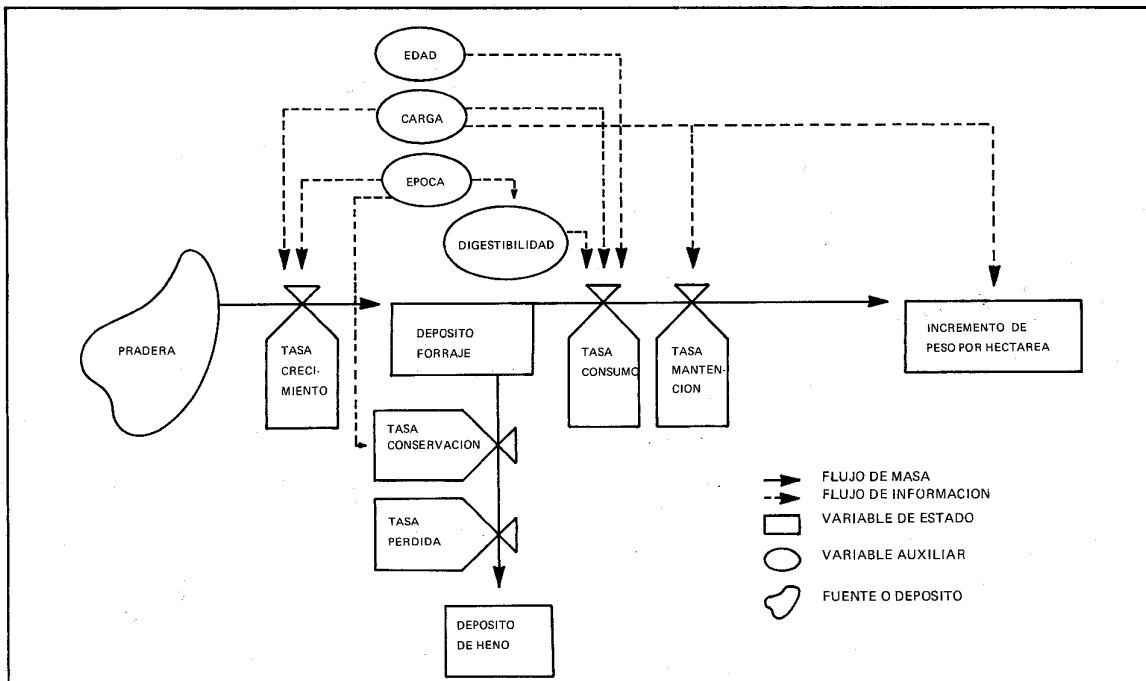


FIGURA 1. Diagrama con las interacciones suelo-planta-animal.
FIGURE 1. Soil-plant-animal interactions.

Se consideraron los animales como repeticiones, dentro de 4 tratamientos, con una carga de 2,8 animales/ha en los primeros 2 tratamientos, y en los restantes 4,2 animales/ha, ambas cargas combinadas con las razas mencionadas.

La disponibilidad de materia seca se midió cada vez que los animales fueron cambiados de potrero, cortando 10 muestras de 0,25 m², por potrero.

DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS

Subsistema Pradera

- Crecimiento. El subsistema pradera toma el primer día el valor de la disponibilidad inicial, que se ha incorporado como información, y de acuerdo con este valor se corrige la tasa diaria de crecimiento potencial correspondiente a un mes determinado.

Al valor inicial se suma el crecimiento diario calculado de la tasa de crecimiento y el tiempo durante el cual es válida esa tasa según se explica más adelante. En lo sucesivo se va tomando el último valor de disponibilidad presente para efectuar el ajuste. Cuando se trata de un pastoreo rotativo se toma individualmente el valor para cada potrero.

- Ajuste al crecimiento de la pradera por disponibilidad. El criterio utilizado para efectuar el ajuste fue definir una zona de óptimo crecimiento, con una disponibilidad instantánea cercana a 1.500 kg m.s./ha, donde la pradera tiene un crecimiento diario máximo, que está dado por el crecimiento potencial para un mes determinado (Mc Kinney, 1972).

Cuando los valores de disponibilidad se sitúan bajo los 1.500 kg/ha, existe una reducción en el índice de área foliar (IAF), que pasa a ser considerado como deficiente, y en consecuencia la pradera no puede expresar su máximo crecimiento.

Si por el contrario, la disponibilidad es superior a 1.500 kg/ha, existe un valor superior al óptimo de IAF y se hacen más importantes cada vez las pérdidas por senescencia y descomposición. Esto ocurre porque las hojas basales de la planta no reciben suficiente luz (Brown y Blaser, 1968).

El crecimiento señalado como potencial para un año determinado, representa un crecimiento que, a pesar de llamarse potencial, tiene presente efectos limitantes. De este modo, el modelo interpreta los resultados posibles de obtener bajo las condiciones que hubo ese año.

La disponibilidad de materia seca, $DI(P)$, en un potrero se va actualizando, sumando al valor inicial la variación de esta disponibilidad, la cual es, a su vez, calculada de la tasa de crecimiento potencial, $AP(K)$, ajustada según valor de AD .

El valor que toma la variable AD , que ajusta la tasa diaria de crecimiento de la pradera de los potreros 1 a P , depende de la disponibilidad presente en cada uno de los potreros en un sistema rotativo o del valor de disponibilidad único, en un sistema continuo.

Cuando la disponibilidad se sitúa cercana al valor de 1.500 kg m.s./ha/mes, la variable AD toma un valor cercano a 1. Cuando la disponibilidad, sin embargo, alcanza valores superiores o inferiores a 1.500 kg m.s./ha, la variable AD disminuye, pudiendo en casos extremos alcanzar un valor cercano a cero (Figura 2). Los valores que toma AD

(Bennet, comunicación personal) están representados por:

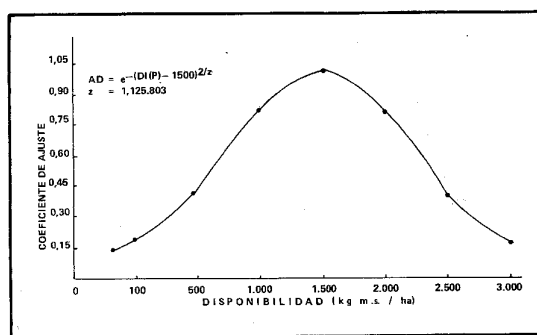


FIGURA 2. Factores de ajuste del crecimiento de una pradera por disponibilidad.

FIGURE 2. Factors for adjusting pasture growth, according to available D.M./ha.

$$AD = e^{-(DI(P)-1.500)^2/z}$$

$$DI(P) = DI(P) + [(AP(K)/30) \times AD]$$

AD : Factor de ajuste a la tasa potencial

$DI(P)$: Disponibilidad de un potrero P , kg m.s./ha

$AP(K)$: Tasa mensual de crecimiento potencial de la pradera correspondiente a un período K .

z : 1.125.803, constante

K : Período, expresado en días

- Corrección al valor de disponibilidad al restar el consumo. Una vez conocido el consumo real, cuya determinación se efectúa en el submodelo animal, se resta de la disponibilidad de la pradera:

$$DI(P) = DI(P) - (CO \times CA)$$

$DI(P)$: Disponibilidad de un potrero P , kg m.s./ha

CO : Consumo real, kg m.s./novillo/día

CA : Carga animal, número de animales/ha

Dado que la carga animal de todo el sistema se encuentra concentrada a un potrero determinado, se multiplicó la carga por el número de potreros en un pastoreo rotativo, para determinar la carga instantánea de ese potrero:

$$DI(P) = DI(P) - CO \times CA \times NP$$

NP : Número de potreros

Subsistema animal

- Consumo potencial. El consumo potencial se determina en función de la edad del animal expresada en semanas. Corresponde a una función sigmoídea, donde el valor 13 se señala como consumo máximo:

$$CP = 13 / (1 + 7,38 \times e^{-0,05 \times SE})$$

CP : Consumo potencial, kg m.s./novillo/día

SE : Edad en semanas

López y Verde (1973), al estudiar las relaciones existente entre consumo de materia seca, peso vivo y edad, concluyen que para las condiciones bajo las cuales se realizó la investigación, la edad fue un mejor estimador del consumo que el peso vivo del animal. En la experiencia realizada, la edad explicó el 65% de la variación en el consumo, mientras que el peso vivo sólo explicó el 43%.

De acuerdo con algunas experiencias, se señala que el crecimiento y desarrollo del tubo digestivo estaría más correlacionado con la edad que con el peso vivo (Carnegie, Tullok y Seebech, 1969, citados por López y Verde, 1973).

El objetivo fundamental de establecer un consumo potencial como función de la edad del animal es lograr que se produzca, en aquellos períodos que no existen limitaciones de disponibilidad y digestibilidad, un consumo potencial en función de la edad del animal y no de su peso.

Cuando existen restricciones invernales, por la naturaleza de la curva de crecimiento de las praderas, se obtiene un peso vivo disminuido a salidas de invierno. Si se hace el consumo función de este peso vivo, es imposible que se produzca el fenómeno de crecimiento compensatorio.

La ecuación de consumo potencial se obtuvo desarrollando una curva de crecimiento y desarrollo del aparato digestivo, a la cual se le ajustaron valores de consumo máximo para diferentes edades. Además, consideró que el aparato digestivo en el rumiante es hasta cierto punto independiente del nivel nutritivo que reciba y que logra un desarrollo casi completo de 250 a 280 kg de peso vivo (Carnegie, Tullok y Seebech, 1969, citados por López y Vega, 1973).

En el ajuste (Figura 3), se utilizaron valores tomados de los trabajos de López y Verde (1973) y Becker (1965).

- Digestibilidad consumida. Es indudable que el animal, en condiciones de pastoreo, realiza una selección del forraje consumido en función de la disponibilidad de la materia seca existente en la pastura (Arnold y Dudzinski, 1966; Scoffield, 1970).

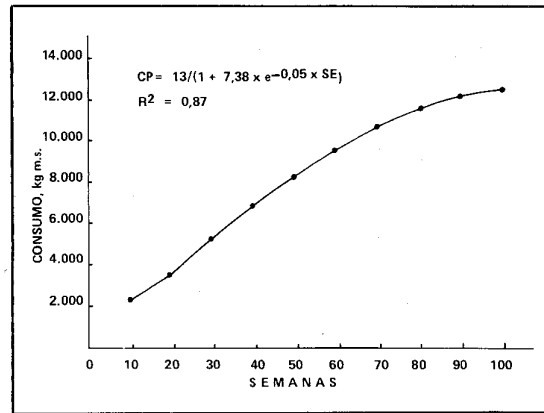


FIGURA 3. Consumo potencial, expresado en función de la edad del animal en semanas.

FIGURE 3. Potential intake, as a function of age (weeks).

Cuando existe una cantidad limitada de tejido vivo, proveniente de un menor crecimiento, la digestibilidad del alimento ingerido puede ser sólo levemente superior al promedio ofrecido (Fels, Moir y Rossiter, 1959). Por el contrario, cuando existe un amplio rango de selección, la digestibilidad de la ingesta puede ser hasta 15 unidades más alta que la del material promedio ofrecido (Tayler y Deriaz, 1963).

Por este motivo, se ha incorporado una información mensual de rangos de digestibilidad máxima y mínima. A estos rangos, representados en una función de tipo sigmoidea, le fueron ajustados valores de disponibilidad.

El fenómeno de selección de forraje que se produce en el pastoreo, representado en forma matemática, es válido para el pastoreo rotativo, donde inicialmente existe una gran disponibilidad, se produce una selección importante y hay por consiguiente buenos aumentos de peso.

A medida que el ganado va consumiendo el forraje, disminuyen conjuntamente la digestibilidad y las posibilidades de selección, con un deterioro del aumento de peso, paralelamente afectado también por una baja en el consumo.

La digestibilidad del material diariamente consumida está representada por un función exponencial:

$$PD(K) = D_3(K) / \left\{ 1 + \left[\left(\frac{D_3(K)}{D_4(K)} \right) - 1 \right] \times e^{-b \times DI(P)} \right\}$$

PD(K) : Digestibilidad del material consumido, %.

$D_3(K)$: Valor máximo de digestibilidad presente en la pradera, correspondiente al valor del material vivo en un mes K.

$D_4(K)$: Valor mínimo de digestibilidad presente en la pradera, correspondiente al valor del material mixto vivo y muerto, ubicado en la parte basal de la planta en un mes K.

$D_1(P)$: Digestibilidad de la pradera, kg m.s./ha.

b : 0,00074, constante.

La ecuación de la digestibilidad se obtuvo utilizando la siguiente función:

$$A = B / (1 + a \times e^{-b \times c})$$

B : Máximo valor que puede tomar A .

Reemplazando por las variables que interesan, se obtiene:

$$A = PD(K) \quad B = D_3(K) \quad c = D_1(P)$$

$$PD(K) = D_3(K) / (1 + a \times e^{-b \times D_1(P)})$$

Cuando $D_1(P) = \infty$

$$a \times e^{-b \times \infty} = 0$$

Luego, la digestibilidad del material consumido, $PD(K)$, toma el valor máximo, dado por $D_3(K)$, para un día determinado (Figura 4).

Cuando $D_1(P) = 0$

$$e^{-b \times 0} = 1$$

Luego $PD(K) = D_3(K) / (1 + a)$, donde

$$a = [D_3(K) / PD(K)] - 1$$

Cuando $D_1(P) = 0$; $PD(K) = D_4(K)$, luego

$$a = [D_3(K) / D_4(K)] - 1$$

En consecuencia:

$$PD(K) = D_3(K) / \{1 + [(D_3(K) / D_4(K)) - 1] \times e^{-b \times D_1(P)}\}$$

- Ajuste del consumo potencial por digestibilidad. En el transcurso del año se producen fluctuaciones importantes de digestibilidad de las praderas, las que afectan el consumo de forraje por las diferencias en las velocidades de pasaje por el tracto gastro-intestinal, además de una regulación física que se traduce en digestibilidades sub-óptimas.

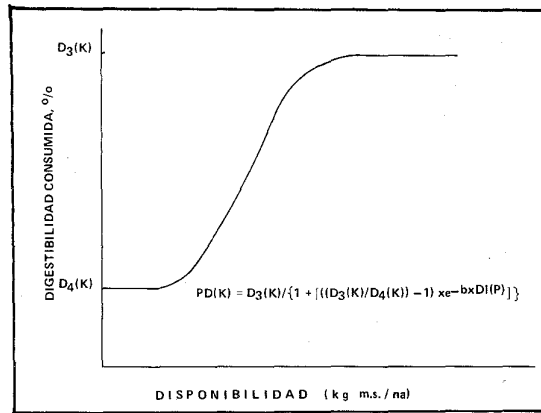


FIGURA 4. Digestibilidad consumida. $D_3(K)$ = máxima, $D_4(K)$ = mínima digestibilidad presente en la pradera.

FIGURE 4. Ingested digestibility. $D_3(K)$ = maximum; $D_4(K)$ = minimum digestibility present in the pasture.

López y Verde (1973) observaron un efecto diferente de la digestibilidad de la ración sobre el consumo, según fuese la edad de los animales (Figura 5). Esto motivó efectuar, dentro del ajuste que se fijó al consumo potencial por digestibilidad, simultáneamente otro ajuste por edad.

El ajuste al consumo potencial por digestibilidad es una función exponencial, que toma valores de 0 a 1, donde el valor 1 corresponde a un 75% de digestibilidad y significa que ésta no es limitante del consumo (Figura 6).

$$DA = e^{(2,18 - 0,19 \times SE)} \times [(0,75 - PD(K) / 100)]^2$$

DA : Coeficiente de ajuste del consumo por digestibilidad.

SE : Edad en semanas.

$PD(K)$: Digestibilidad consumida.

- Ajuste del consumo potencial por la disponibilidad. La relación asintótica entre la disponibilidad y el comportamiento animal, que fue demostrada por Willoughy (1959), ha sido confirmada posteriormente por numerosas investigaciones (Hull, 1961; Greenhalgh, 1966).

Las variables que pueden afectar la posición y tipo de la asintótica, que relaciona la disponibilidad y consumo, son: el estado fisiológico del animal, tipo de pradera y su estructura, estación, año y disponibilidad (Arnold y otros, 1966; Arnold y Dudzinski, 1966; 1967a; 1967b).

Trabajando con ovinos, se ha podido dilucidar parcialmente esta selección. En este sentido, se ha de-

terminado que la ingesta diaria es el producto de las horas gastadas en pastoreo por la tasa de consumo por hora. A medida que la disponibilidad de la pastura disminuye, el tiempo de pastoreo aumenta, hasta un límite presumiblemente determinado por un fenómeno conocido como fatiga (Arnold 1960; 1964).

El modelo de ajuste por disponibilidad usó una función exponencial, que toma valores de 0 a 1 (Figura 7).

$$AC = 1 - 1/e^{0,001352 \times DI(P)}$$

AC : Coeficiente de ajuste por disponibilidad.
 DI(P) : Disponibilidad de la pradera, kg m.s./ha, en un potrero P.

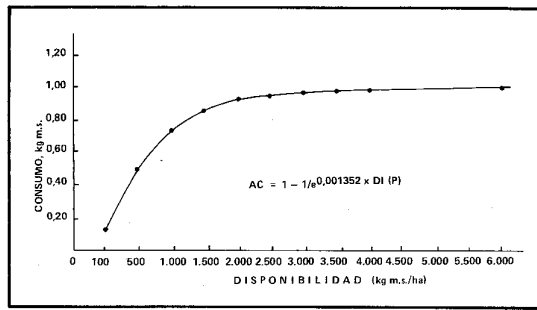


FIGURA 7. Ajuste al consumo por disponibilidad.
 FIGURE 7. Adjustment of intake, according to available D.M./ha.

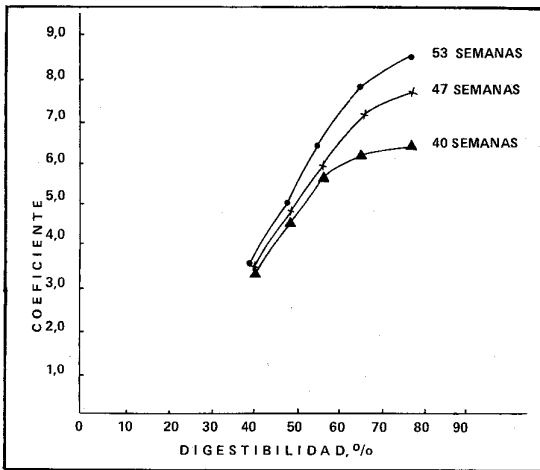


FIGURA 5. Efecto de la digestibilidad en el consumo, según la edad de los animales.
 FIGURE 5. Effect of digestibility on intake, according to age of the animal.

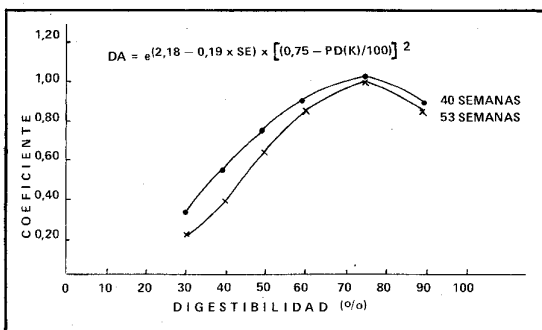


FIGURA 6. Ajuste del consumo por digestibilidad, según la edad de los animales.
 FIGURE 6. Adjustment of intake according to digestibility and to age of the animal.

De los dos ajustes que se hacen al consumo potencial, el modelo toma solamente aquel más limitante. Es decir, cuando la disponibilidad es más limitante, no considera a la digestibilidad como factor limitante aditivo del consumo.

$$CO = CP \times W$$

CO : Consumo real, kg m.s./animal.
 CP : Consumo potencial, kg m.s./animal.
 W : Factor de ajuste más limitante, que según el caso puede ser la disponibilidad o la digestibilidad.

– Requerimientos de mantención y aumentos de peso. Los requerimientos de mantención fueron calculados a partir de una regresión lineal, propuesta por el ARC (1972).

$$ME = 1883 + 20,7 \times PE$$

ME : Requerimientos de mantención, kcal EM/día
 PE : Peso vivo, kg.

Los requerimientos de mantención de los rumiantes pueden tener importantes efectos en la eficiencia de conversión de alimentos, como puede ocurrir al racionar las condiciones de la pradera. Young y Corbett (1969) midieron los gastos de energía por la técnica de intercambio de gases, tasa de CO₂, y señalan que la disponibilidad de la pradera tiene un efecto pequeño. Los mismos autores (1972) indican incrementos de 60–70% en la mantención de ovejas en condiciones de pastoreo, respecto a otras de igual peso a galpón.

En el presente modelo de regresión cuadrática, los requerimientos de mantención son corregidos en un porcentaje variable, que es función de la disponibilidad de las praderas y puede tomar un valor máximo de 60% de incremento.

$$MI = 18 + [1302/DI(P)] + 448.620/[DI(P) \times DI(P)]$$

MI : Incremento de los requerimientos de man-
tención, o/o.

DI(P) : Disponibilidad de la pradera en un potrero
P, kg m.s./ha.

$$CG = CO - CM$$

CG : Consumo para ganancia de peso.

$$CM = ME / [(PD(K) / 100) \times 3600]$$

La ganancia de peso se calculó utilizando la fórmu-
la propuesta por el NRC (1962).

$$GA = DE / 175,5 \times PE^{0,75}$$

GA : Ganancia de peso vivo, kg.

$$DE = CG \times PD(K) \times 4400/100$$

DE: Energía digestible consumida, kilocalorías.

PE: Peso vivo, kg.

RESULTADOS

Validación del subsistema animal.

El modelo desarrollado fue validado con tres siste-
mas reales de producción, obteniéndose un R² de
0,98; 0,94 y 0,84, respectivamente, para la evolución
comparativa de los pesos vivos reales y simulados
(Becker, 1975).

De acuerdo a lo observado en los tres sistemas usados
en la validación del modelo, existe una mejor predi-
cción de las evoluciones del peso vivo en la carga de
2,5 animales/ha (Cuadro 1 y Figura 8).

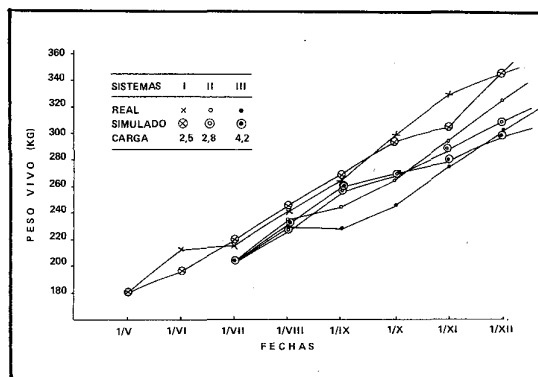


FIGURA 8. Evolución del peso vivo real y simulado.
FIGURE 8. Actual and simulated increase in live weight, with
three different stocking rates.

Durante el período invernal el modelo no sigue con
mucha exactitud la evolución del peso vivo para la
carga 4,2 (Figura 8). En general sobre estima el peso
de septiembre a noviembre.

Validación del subsistema pradera

En la disponibilidad de forraje se obtuvo un R² de
0,79; 0,76 y 0,94, en los tres sistemas respectivos,
para la evolución de las disponibilidades reales y si-
muladas (Becker, 1975; Cuadro 2 y Figura 8).

Las tasas de crecimiento de las praderas fueron de-
terminadas a través de las determinaciones de dispo-
nibilidad que se realizaron al efectuar las rotaciones
de potreros.

CUADRO 1. Evolución del peso vivo en tres sistemas reales y simulados

TABLE 1. Liveweight increments in three real and simulated systems

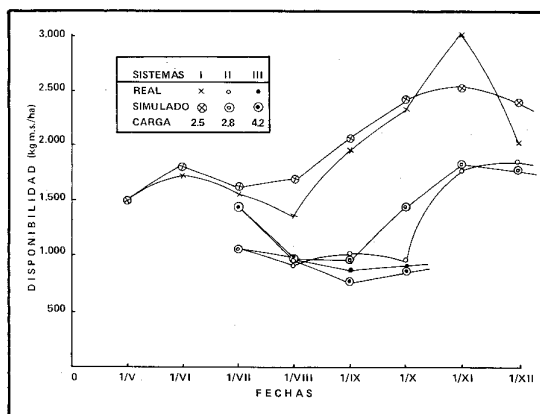
Año Carga Animal	SISTEMAS					
	I 1973 2,5		II 1974 2,8		III 1975 4,2	
	Real (X)	Simulado (Y)	Real (X)	Simulado (Y)	Real (X)	Simulado (Y)
Sistema Fecha						
01.05	180	180				
01.06	212	197				
01.07	215	219	205	205	205	205
01.08	241	243	234	227	228	230
01.09	264	266	243	258	226	260
01.10	300	292	265	270	245	266
01.11	330	317	291	288	274	279
01.12	342	342	325	308	304	300
R ²	0,98		0,94		0,84	

Debido a que se observaron ciertas diferencias entre las disponibilidades reales y las obtenidas con el modelo, se procedió a realizar un ajuste a las tasas de crecimiento, asumiendo que las determinaciones de disponibilidades reales tenían un menor margen de error que las tasas de crecimiento. Dicho procedimiento fue usado para los sistemas de cargas 2,8 y 4,2 (Figura 9).

Es posible que mejorando la simulación del subsistema pradera se pudiera mejorar la simulación general del sistema.

FIGURA 9. Evolución de la disponibilidad de forraje real y simulada.

FIGURE 9. Actual and simulated available forage, with three different stocking rates.



CUADRO 2. Evolución de la disponibilidad de las praderas, en tres sistemas reales y simulados

TABLE 2. Pasture availability evolution, in three real and simulated systems

Año Carga Animal	SISTEMAS					
	I 1973 2,5		II 1974 2,8		III 1975 4,2	
	Real (X)	Simulado (Y)	Real (X)	Simulado (Y)	Real (X)	Simulado (Y)
01.05	1.500	1.500				
01.06	1.741	1.751				
01.07	1.550	1.587	1.150	1.150	1.460	1.460
01.08	1.325	1.641	910	938	966	993
01.09	1.928	2.120	1.028	942	895	754
01.10	2.347	2.384	992	1.456	963	813
01.11	2.006	2.504	1.764	1.780		
01.12	2.023	2.358	1.800	1.774		
R ²	0,79		0,76		0,94	

RESUMEN

Se presenta el desarrollo de un modelo matemático de producción de carne en condiciones de pastoreo. Es un modelo dinámico y determinístico elaborado en lenguaje FOCAL.

El modelo requiere información inicial de disponibilidad, crecimiento y digestibilidad máxima y mínima mensual de la pradera, carga animal, edad de los

animales expresada en semanas y peso vivo de los animales. Se genera un crecimiento de forraje, que es ajustado por la disponibilidad y posteriormente sumado a ella.

Partiendo de esta información, se genera un consumo potencial en función de la edad de los animales, ajustado por disponibilidad y digestibilidad del forraje.

Conocido el consumo real, éste es restado de los valores de disponibilidad.

A partir del consumo y según sean los requerimientos de mantención se genera una ganancia o pérdida de peso. Conocida esta ganancia o pérdida de peso, se modifica diariamente el peso vivo.

En el modelo sólo se han seleccionado aquellos componentes sobre los cuales se posee información y que pueden relacionarse matemáticamente.

En base a la comparación con sistemas reales de producción, se estima que el presente modelo refleja con aceptable precisión, el comportamiento de los animales y de las praderas.

LITERATURA CITADA

- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL (ARC). 1972. The nutrient requirements of farm livestock. London. Agricultural Research Council.
- ANDERSON, J.R. 1974. Modelos económicos y sistemas de producción agrícola. En: Enfoque de Sistemas en la Investigación Ganadera. IICA. Montevideo. Ed. Juan Carlos Scarsi. p: 82-90.
- ARNOLD, G.W. 1960. Selective grazing by sheep of two forage species at different stages of growth. Aust. J. Agric. Res. 11: 1026.
- ARNOLD, G.W. 1964. Some principles in the investigation of selective grazing. Proc. Aust. Soc. Anim. Prod. 5: 258-271.
- ARNOLD, G.W. and DUDZINSKI, M.L. 1966. The behavioural responses controlling the food intake of grazing sheep. Proc. X Int. Grassland Congr. p: 367.
- ARNOLD, G.W.; BALL, J.; MC MANUS, W.R.; BUSH, I.G. 1966. Studies on the diet of the grazings animal. 1. Seasonal changes in the diet of sheep grazing on pastures of different availability and composition. Austr. J. Agric. Res. 17: 543.
- ARNOLD, G.W. and DUDZINSKI, M.L. 1967 a. Comparison of faecal nitrogen regressions and *in vitro* estimates of diet digestibility for estimating the consumption of herbage by grazing animals. J. Agric. Sci., Camb. 68 Pt2: 213-219.
- ARNOLD, G.W. and DUDZINSKI, M.L. 1967 b. Studies on the diet of the grazing animal. 2. The effect of physiological status in ewes and pasture availability on herbage intake. Aust. J. Agric. Res. 18(2): 349-359.
- BECKER M., F. 1965. Ensayo comparativo de dos sistemas de alimentación de terneras de lechería. Chillán, Chile. Concepción. Escuela de Agronomía (Tesis Ing. Agr. mimeografiada).
- BECKER M., F. 1975. Modelo de simulación para la producción de novillos a los 18 meses. Balcarce, República Argentina. Escuela para Graduados. (Tesis Magister Scientiae).
- BROWN, R.H. and BLASER, R.E. 1968. Leaf area index in pasture growth. Herbage Abstracts 38(1): 1-9.
- FELS, H.E.; MOIR, R.J.; ROSSITER, R.C. 1959. Herbage intake of grazing sheep in south-western Australia. Austr. J. Agric. Res. 10: 237.
- GREENHALGH, J.F. 1966. Studies of herbage consumption and milk production in grazing dairy cows. Proc. X Int. Grassland Congr. p. 351.
- HULL, J.A. 1961. Influence of stocking rate on animal and forage production from irrigated pastures. J. Animal Sci. 20: 46-52.
- LOPEZ, S.C.; VERDE, L.S. 1973. Crecimiento compensatorio y consumo de materia seca en vacunos. Revista de Investigaciones Agropecuarias. Serie I. Biología y Producción Animal 10(5): 167.
- MC KINNEY, G.T. 1972. Simulation of winter grazing on temperate pastures. Proc. Austr. Soc. Anim. Prod. 9: 31.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1962. Basic problems and techniques in range research. National Academy of Sciences and National Research Council, Washington D.C. 341 p. (ilust.).
- NOVOA, R.; LOOMIS, R.S. 1981. Modelo dinámico del metabolismo del nitrógeno en plantas superiores. I. Descripción del modelo. Agricultura Técnica (Chile) 41(1): 41-48.
- SCOFFIELD, J.A. 1970. Some aspects of grazing ecosystems. Thesis of Master of Agricultural at Massey University, New Zealand. 57 p.
- TAYLER, J.C. and DERIAZ, R.E. 1963. The use of rumen fistulated steers in the direct determination of nutritive value of ingested herbage in grazing experiments. J. British Grass. Soc. 18(1): 29-38.
- WILLOUGHY, W.M. 1959. Limitations to animal production imposed by seasonal fluctuations in pasture and by management procedures. Austr. J. Agric. Research 10(2): 248-268.
- YOUNG, B.A. and CORBETT, J. 1968. Energy Requirement for maintenance of grazing sheep measured by colorimetric techniques. Proc. Amer. Soc. Anim. Prod. 7: 327-334.

YOUNG, B.A. and CORBETT, J. 1972. Maintenance energy requirement of grazing sheep in relation to herbage availability. I. Colorimetric estimates. *Austr. J. Agric. Res.* 23: 57–76.