

MODELO DE SIMULACION DE PASTOREO Y ENGORDA DE NOVILLOS EN PREDIOS DE AGRICULTURA MIXTA DE LA REGION DE LA ARAUCANIA¹

A simulation model for grazing and finishing steers on mixed farms in the Araucanía Region

Adrián Catrileo S.²

SUMMARY

A deterministic, dynamic simulation model for grazing and fattening steers is presented.

In order to simulate grazing, a fixed number of paddocks rotationally grazed is assigned. Dry matter intake, selection and supplementation are among the factors included to predict animal performance.

Validation of the model showed a trend to overestimate conserved forage from the system and the performance of the steers in the feedlot. Simulated animal performance during the grazing period showed a reasonable coincidence with field experiments. Using the model, a potential beef production in the range of 700 to 900 kg/ha is estimated with stocking rates of 2.0 to 2.6 steers/ha respectively, in the dryland of the IX Región, Temuco. A delay in the date of conservation increased the total amount of conserved forage, however, although this meant a longer period of the steers in the feedlot. Changing selling and buying prices of the steers affected total income of the system.

Key words: simulation models, grazing, feedlot.

INTRODUCCION

Gran parte de la actividad agrícola en la Región de La Araucanía (IX Región) descansa en la producción de cultivos anuales, oleaginosas y otros, que junto a la actividad ganadera de carne y leche dan origen a una explotación de agricultura mixta característica.

De un total aproximado de 1,6 millones de cabezas bovinas existentes en la zona sur, alrededor de 1 millón son de carne y el resto corresponde a las categorías destinadas a la actividad lechera. La IX Región está dedicada mayoritariamente a bovinos de carne, con el 60% de las existencias de este tipo (DEA, 1986).

Entre las mezclas forrajeras utilizadas en los sistemas tradicionales de producción, la mezcla ballica Italiana-trébol rosado destinada a producción de carne, presenta enormes perspectivas. Alta productividad de la mezcla en ausencia de nitrógeno, con producciones equivalentes a gramíneas fertilizadas con 225 a 240 kg N/ha (Camlin, Guilliland y Stewart, 1983). Bowley, Taylor y Dougherty (1984) destacan el aporte de N del trébol rosado para la gramínea acompañante y para cultivos posteriores. En el sur

del país, Teuber, Bernier y Goic (1981) señalan rendimientos superiores a 15 ton m.s./ha en mezcla de ballicas de rotación corta y trébol rosado. También se señala que ambas especies pueden complementarse en producción y calidad nutritiva (Spedding y Dieckmahns, 1972); y por otra parte, Keane (1982) ha sugerido que el ensilaje de la mezcla es una buena fuente alimenticia para el ganado.

En el país, son escasos los estudios sobre potencial de producción de carne a partir de praderas en rotación. En una experiencia, Martínez y Letelier (1978) destacan el efecto positivo sobre el suelo y rendimiento del cultivo, al incluir trébol rosado. Inostroza (1980), señala que la secuencia avena-raps-trigo y dos años de trébol rosado, es la más beneficiosa para el rinde del trigo. En ambos estudios, no se evalúa, sin embargo, la producción animal.

El presente artículo tiene por objeto presentar un modelo de simulación de un sistema de producción de carne con novillos Overo Negro, en el cual se utiliza la mezcla de ballica Italiana y trébol rosado para pastoreo, ensilaje y engorda, con el fin de evaluar: a) potencial de carne del sistema, b) el efecto de un atraso en la fecha de corte para ensilaje y c) el impacto de diferentes precios en el resultado económico del sistema.

¹Recepción de originales: 19 de marzo de 1991.

²Estación Experimental Carilanca (INIA), Casilla 58-D, Temuco, Chile.

DESCRIPCION DEL SISTEMA Y DEL MODELO

La Figura 1 presenta el esquema general del sistema de producción en estudio. Este, considera una rotación de cultivos en potreros de igual superficie formada por avena, raps, trigo y dos años de pradera de rotación corta. La pradera está formada por ballica Italiana y trébol rosado y, se asume, es establecida sobre rastrojo de trigo en otoño. Del total de superficie, un 7% es destinado a la producción de avena para pastoreo invernal y ensilaje.

El modelo corresponde a uno determinístico y dinámico (France y Thornley, 1984), con procesos calculados a intervalos de 1 día. En el modelo, solamente se simulan los procesos asociados a los

Overo Negro desde que ellos son ingresados al sistema, en otoño a la edad de 7 a 8 meses y con 180 kg de peso vivo, hasta el momento en que son vendidos, en el subsiguiente invierno, 15 meses más tarde. Para alcanzar pesos de sacrificio, los animales son engordados a corral durante el último período, etapa que también es simulada.

En la Figura 2, se presenta el diagrama de flujo del modelo con aquellos aspectos más relevantes del sistema simulado.

Detalles de la simulación del crecimiento y validación de la pradera utilizada por los animales, han sido descritos en otra publicación (Catrielo, 1992). Este subcomponente del sistema utiliza principios básicos

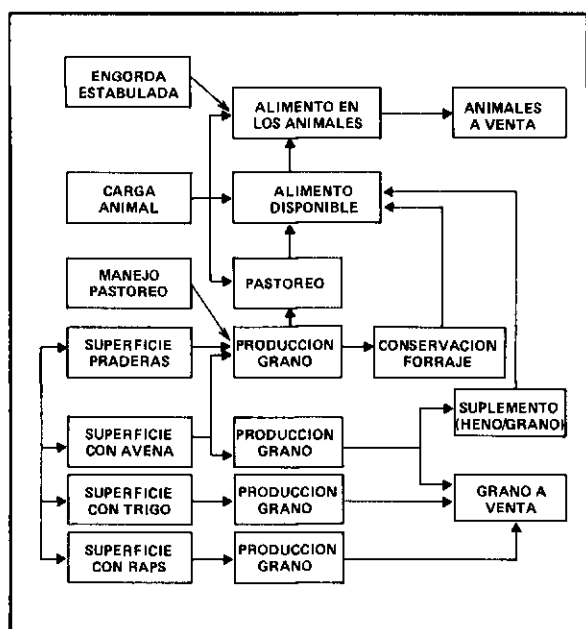


FIGURA 1. Esquema general del sistema en estudio.

FIGURE 1. A general description of the system under study.

cultivos utilizados por los novillos (pradera, avena forraje). Sin embargo, el rendimiento esperado de los otros cultivos de la rotación, son incluidos como una forma de establecer su importancia económica dentro del sistema. En este sentido, este trabajo debe ser considerado como un estudio preliminar tendiente a desarrollar, posteriormente, un modelo más completo y multidisciplinario de un predio con agricultura mixta.

El componente animal lo constituyen novillos en crecimiento que pastorean a través de todo el año, situación común en condiciones prácticas en el sur del país. El modelo simula crecimiento de novillos

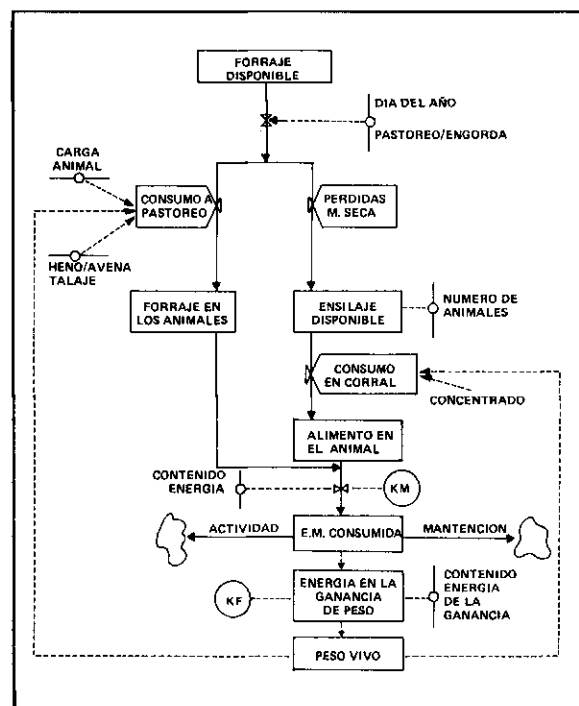


FIGURA 2. Diagrama de flujo del sistema.

FIGURE 2. Flow diagram of the system.

de fotosíntesis y datos climáticos de lluvia, temperatura y evaporación de la zona, para simular el crecimiento vegetal.

Período de pastoreo

Se asume que el período de pastoreo comienza el 1 de abril y continúa en los siguientes 12 meses. El sistema considera una subdivisión de 7 potreros de una hectárea cada uno que se pastorean en forma rotativa.

Consumo

El consumo de los animales a pastoreo es un proceso complejo que involucra interacciones entre las características del animal y la pradera.

Loewer y otros (1983) sostienen que el consumo es regulado por tres factores, el límite fisiológico, el límite físico y la disponibilidad de forraje. Poppi, Hughes y L'Huillier (1987) proponen a factores tales como estructura de la pradera, disponibilidad de materia seca por animal y residuo post-pastoreo, como las principales limitantes del consumo en rumiantes.

Por otro lado, existe consenso que en especies forrajeras de origen temperado, la disponibilidad de forraje afecta el consumo voluntario (Alliden y Whittaker, 1970). En el modelo, el consumo voluntario de los animales a pastoreo se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación, la que ha sido empleada en otros trabajos con buenos resultados (Cañas, Aguilar y Catrileo, 1982):

$$Y = CP \times PESO (1,0 - EXP^{-k \times DISP}) \quad (1)$$

donde:

Y = consumo, kg m.s./novillo/día;
 PESO = peso vivo del animal, kg;
 DISP = disponibilidad de forraje en el potrero, kg m.s./ha.

El valor del parámetro CP corresponde al valor máximo de consumo y el cual se asume como función del peso vivo. Córdova, Wallace y Pieper (1978), en una revisión de trabajos, concluyen que las estimaciones de consumo a pastoreo son altamente variables y en el rango de 40 a 90 g m.s./kg P.V.^{0.75} ó entre el 1 al 2,8% del peso vivo. En el modelo este último valor se asume como consumo potencial (CP).

El parámetro k determina la pendiente de la curva y refleja la interacción entre el animal y el forraje que es pastoreado. Evidencia experimental sugiere que en mezclas de praderas de rotación corta, el componente gramínea contribuye con un 70% de la composición botánica (Teuber, Bernier y Goic, 1981), en consecuencia, y basado en el trabajo de Arnold y Campbell (1972), en el modelo se asume: k = -0,001292.

Definidos los parámetros de la ecuación de consumo según peso vivo y disponibilidad y una vez calculado el consumo potencial, (CP), el consumo real CR (kg m.s./an/día), es obtenido ajustando el factor de digestibilidad (DIG, %), que es otro elemento que influye en el consumo (Blaxter y Wilson, 1962), de

manera que,

$$CR = CP \times DIG \quad (2)$$

Componentes de la dieta

Las proporciones de hojas, tallos y material muerto de la dieta del animal serán diferentes a aquella proporción que contiene la pradera (Ratray y Clark, 1984). La mayoría de los animales a pastoreo, por otra parte, prefieren un material vivo o verde, que seco o muerto. La digestibilidad de la pradera disminuye en la medida que las proporciones de tallos y de material muerto en ella aumentan.

La selección realizada por el animal a pradera, se determina en base a la relación propuesta por Doyle, Baars y Bywater, (1989):

$$CHOJ = [(1 - EXP^{-4,6221 \times (PRH + PRT)}) \times \frac{PRH}{PRH + PRT}] \times CR \times NA \quad (3)$$

$$CTA = [(1 - EXP^{-4,6221 \times (PRH + PRT)}) \times \frac{PRT}{PRH + PRT}] \times CR \times NA \quad (4)$$

$$CMM = (CR \times NA) - CHOJ - CTA \quad (5)$$

donde:

PRH y PRT = proporciones de hojas y tallos presentes en la pradera, respectivamente;
 CHOJ, CTA y CMM = consumo de hojas, tallos y material muerto, kg m.s./ha;
 NA = carga animal, an./ha.

A partir de la digestibilidad de la dieta (DIG, %) el contenido de energía metabolizable de ella (ME, MJ/kg m.s.) puede estimarse acorde a la siguiente relación (MAFF, 1975):

$$DIG = (CHOJ \times Dh + CTA \times Dt + CMM \times Dm) / DIET \quad (6)$$

$$ME = 16 \times DIG$$

donde:

DIET = cantidad promedio de hojas, tallos y material muerto ingerido;
 Dh, Dt y Dm = digestibilidad de hojas, tallos y material muerto, asumidas como 80, 60 y 50%, respectivamente (Spedding y Diekmahns, 1972).

Para los primeros 60 días (abril-mayo) y en función a información experimental (Claudio Rojas G., INIA, comunicación personal), se asumió una digestibilidad de la pradera de 68%.

Suplementación de forraje

Evidencia en el sur del país, ha demostrado que es muy difícil que el ganado alcance adecuadas ganancias de peso vivo en invierno, con la pradera como único alimento; algunos estudios han señalado la existencia de períodos críticos de producción de pradera en invierno y verano, que pueden alcanzar al menos 80 y 15 días, respectivamente (Rojas y Granzotto, 1983).

Por otra parte, el consumo de suplemento está asociado a una tasa de sustitución que está en el rango de 0,5 a 0,7 kg de reducción en el consumo de materia seca de la pradera por cada kilogramo de suplemento (Wright y otros, 1980). En el modelo se asume que los animales son suplementados con heno en el invierno durante 80 días a razón de 3 kg/animal/día. Se considera un heno con 88% m.s. y 9 MJ E.M./kg m.s. (UACH, 1985) y se asume una tasa de sustitución de 0,7. Para evitar que el consumo total no sobrepase el consumo potencial cuando los animales son suplementados, el consumo queda definido por:

$$CT = (CH + CR) \times 0,7 \quad (7)$$

Si $CT > 0,028 \times \text{PESO}$, entonces $CT = 0,028 \times \text{PESO}$,

donde:

CT = consumo total de heno y pradera kg m.s./an./día;
 PESO = peso vivo, kg;
 CH = consumo de heno kg m.s./an./día.

Acceso a avena para talaje invernal. La producción de forraje invernal de la avena, es simulada siguiendo los mismos principios que en el caso de la mezcla forrajera (Catrileo, 1992), adaptando parámetros específicos para gramíneas.

Se asume en el modelo que una hectárea del sistema es utilizada con avena para forraje invernal. La utilización empieza el día 60 después de la siembra (fines de marzo), lapso considerado apropiado como para un primer pastoreo, (Rojas 1988). Los novillos pueden pastorear avena durante 15 días y con rezagos de 28 días; manejo sugerido en experimentos con avena para talaje (Rojas, Catrileo y Campillo, 1987).

Los animales son retirados del potrero de avena cada vez que se cumple un intervalo de pastoreo, o si la disponibilidad de forraje es inferior a 400 kg m.s./ha (Wright, 1970).

Requerimientos de los animales

En el modelo, se asume que la energía es el único nutriente limitante para describir el crecimiento de los novillos en el sistema. Para esto se adoptó el sistema propuesto por MAFF (1975).

Mantenimiento. La energía mínima requerida para mantener procesos biológicos esenciales del animal (RM), se calcula de acuerdo con:

$$FMA = 5,67 + 0,061 \times \text{PESO} \quad \text{y} \quad RM = FMA/km \quad (8)$$

donde:

FMA = metabolismo de ayuno del animal, MJ E.M./día.

La eficiencia con la cual la E.M. es usada para mantención (km) es función de la concentración de energía de la dieta y varía entre 0,68 y 0,77 (MAFF, 1975), correspondiendo el primer valor al forraje (Geenty y Rattray, 1987), el cual es asumido en el modelo para la etapa a pastoreo.

Al calcular RM, los animales realizan un gasto extra de energía debido a la actividad de pastoreo, el cual, se asume, aumenta en un 20% los requerimientos diarios de mantención, acorde a lo propuesto por Holmes (1989).

Ganancia de peso

Toda la energía ingerida satisface, primero, los requerimientos de mantención y actividad, y el excedente (MEP, MJ E.M./día), se destina a crecimiento de los animales. Si el balance es negativo, se calcula la pérdida de peso correspondiente. De esta forma,

$$MEP = (CR \times EM) - RM \quad (9)$$

Se asume que la energía neta requerida para ganancia (EG, MJ E.M./día), corresponde al producto del aumento de peso por su contenido calórico (EVG, MJ/kg). Para vacunos, MAFF (1975) sugiere que EVG puede estimarse en función del peso vivo, de forma que,

$$EVG = 6,28 + 0,3 \times EG + 0,0188 \times \text{PESO} \quad (10)$$

con $EG = MEP \times kf$ y $kf = 0,0435 \times \text{MDC}$

donde:

MEP = energía metabolizable disponible para ganancia de peso;

kf = eficiencia de uso de esta energía para ganancia de peso;

MDC = concentración energética de la dieta, MJ E.M./kg m.s.

Finalmente, el cambio de peso diario LWC (kg/animal/día), resulta de la relación (MAFF, 1975):

$$LWC = EG/EVG$$

siendo cada día agregado o disminuido al peso vivo del animal, luego,

$$PESO_t = PESO_{t-1} + LWC \quad (11)$$

Manejo de pastoreo

En condiciones prácticas, es probable que tanto la condición del animal así como el estado de la pradera antes y después del pastoreo, debieran conducir a una adecuada frecuencia de pastoreo por potreros.

Entre los criterios para decidir el movimiento de animales desde un potrero a otro, el residuo de forraje post-pastoreo ha recibido especial atención (Hughes, Poppi y Sykes, 1980; Baker, 1986), señalándose un amplio rango, entre 1.000 y 2.500 kg m.s./ha, sobre el cual, el consumo animal no se vería afectado. En el modelo, se asume que los animales permanecen en el mismo potrero a menos que el forraje disponible (kg m.s./ha) al inicio de cualquier día, sea inferior a 1.200 kg m.s./ha (Culleton, Myphy y O'Keeffe, 1987) o si el número de días en el potrero es mayor que el permitido para cada potrero. Se asumen un máximo de 5 días por potrero (Holmes, 1989). Bajo ambas condiciones, los animales se cambian al siguiente potrero, siendo movidos a aquél que tenga la mayor disponibilidad de forraje.

El sistema simulado consiste en 7 potreros de una hectárea cada uno, de ellos, uno corresponde a avena para talaje invernal; 3 representan pradera de segundo año y 3 potreros corresponden a pradera de primer año. En el modelo se asume que el pastoreo comienza el 1 de abril, fecha en que los novillos ingresan al primer potrero (de las praderas de segundo año), con disponibilidad inicial de 1.500 kg m.s./ha (Claudio Rojas G., INIA, comunicación personal) y la utilización del resto de los potreros es en forma rotativa.

Los potreros de la pradera de primer año, sólo pueden ser empezados a utilizarse en primavera, a partir del día 130 (agosto).

Forraje conservado

En el modelo, por simplificación, a fecha fija, es rezagado el 57% de la superficie para producción de ensilaje, el cual se realiza a mediados de noviembre en un corte, dejando un residuo de 1.500 kg m.s./ha y asumiendo un 20% de pérdidas (Wilkinson, 1981). Posteriormente, los potreros vuelven a la rotación.

Engorda a corral

En el sistema simulado en este estudio, después que los novillos han terminado un período de pastoreo de 365 días, en otoño son ingresados a un corral de engorda por un máximo de 120 días para su finalización y venta. En la engorda estabulada, la alimentación está formada por ensilaje de ballica Italiana y trébol rosado (producido en el sistema) *ad libitum* y una cantidad de concentrado que corresponde al 25% de la m.s. total consumida. El grano de avena, producido en el sistema, forma el 67% del concentrado, siendo el resto, afrecho de raps (30%) y sales minerales (3%).

Consumo de ensilaje

El consumo de ensilaje es probablemente el resultado de una combinación de factores, entre los cuales la naturaleza del proceso de fermentación y el uso, tipo y cantidad de suplemento entregado son los más importantes.

En el modelo, la predicción de consumo de ensilaje (SINT, kg m.s./animal/día), se hace en base a la ecuación propuesta por el ARC (1980), donde,

$$FORI = 106,4 \times qm + 37 \times PC + 24,1 \quad (12)$$

$$SINT = (FORI \times PESO^{0,75})/1.000 \quad (13)$$

donde:

FORI = consumo de m.s., g/kg PESO^{0,75};

qm = metabolibilidad de la dieta o relación entre la E.M. y la energía bruta (E.B.) de la dieta y PC es la proporción de concentrado en la dieta (%).

Para ensilaje, se asume EB = 19,0 MJ/kg m.s. (Mc Donald, 1981).

El consumo total de energía metabolizable (TEM, MJ/animal/día), se calcula multiplicando los

consumos de ensilaje, avena y afrecho de raps, por sus valores de energía, siendo asumidos como 10; 11,5 y 11 MJ E.M./kg m.s., respectivamente.

El cálculo de la ganancia diaria en la engorda a corral sigue la metodología descrita por MAFF (1975), según la cual, LWC (kg/día) se determina de acuerdo con:

$$LWC = \frac{0,0435 \times MDC \times MEP}{6,28 + 0,013 \times MDC \times MEP \times 0,0188 \times PESO} \quad (14)$$

Como peso vivo apto para el sacrificio, se asumió el valor de 530 kg/novillo.

Análisis económico

El análisis económico se llevó a cabo determinando el Margen Bruto del sistema. Para ésto, de la venta de novillos y producción de los cultivos, se restó el costo de la reposición de animales, junto con los gastos en suplemento, medicamentos veterinarios, y los costos directos de producción de los cultivos y praderas (semilla, fertilizantes, preparación de suelo, mano de obra, cosecha), además de los costos de confección de ensilaje.

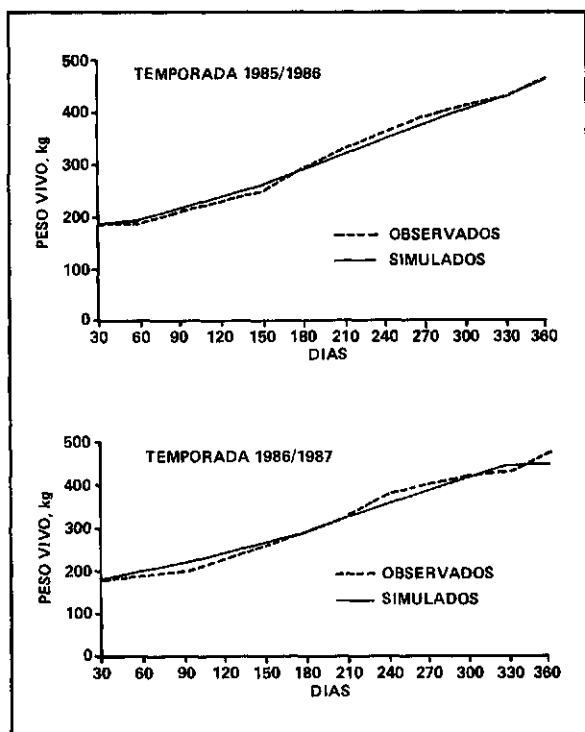


FIGURE 3. Valores observados y simulados por el modelo del crecimiento de novillos a pastoreo en dos temporadas.

FIGURE 3. Observed and simulated values of the model of grazing steers over two seasons.

VALIDACION

Las curvas de crecimiento de los novillos a pastoreo, simuladas por el modelo comparadas con datos experimentales de dos temporadas (Rojas, Catrileo y Campillo, 1987), se presentan en la Figura 3.

En la temporada 1985/86, el sistema real consideró 1,2 novillos/ha. En 1986/87, la carga se aumentó a 1,4 novillos/ha. En la Figura 3 se puede observar que el modelo pudo simular razonablemente ambas situaciones, representando el ritmo de crecimiento de novillos en pastoreo intensivo, con suplementación invernal.

Para el ciclo completo, considerando pastoreo y engorda, los resultados del modelo se compararon con información de cuatro temporadas diferentes y distintas cargas animales (Cuadro 1) proveniente de experimentos de la Estación Experimental Carillanca. El cuadro muestra una aceptable correspondencia entre los valores observados y simulados. Sin embargo, el modelo tiende a sobrestimar el total de ensilaje conservado en las dos primeras temporadas. En la engorda a corral, el modelo también sobrestima la ganancia de peso diaria, lo cual se podría deber a que las relaciones usadas para el cálculo de consumo de ensilaje, no serían las más apropiadas. Evidencia similar es señalada por Neal, Gill y France (1988) al usar la ecuación de ARC (1980). Aún así, los resultados del modelo se consideraron dentro de un rango aceptable como para analizar potencial de producción animal en el sistema.

Potencial de producción de carne del sistema

Con el objeto de estimar el potencial de carne del sistema, los resultados del modelo fueron analizados con siete cargas animales diferentes. Para ello, se usó la temporada 1985/86, considerada como año normal (Cuadro 2). Se observa que el peso vivo de sacrificio sólo fue alcanzado hasta cargas de 2,6 novillos/ha, con una producción total de carne de 900 kg/ha. Por otro lado, en la medida que la carga animal aumentó, la respuesta individual de los animales disminuyó, lo cual concuerda con otros trabajos con animales a pastoreo, en que se evalúa carga y rendimiento animal.

La producción de pasto, sin embargo, puede variar de una temporada a otra y, en consecuencia, variar la carga óptima del sistema. Para evaluar este efecto, la respuesta del modelo fue analizada en siete temporadas distintas (Cuadro 3), mostrando que los pesos vivos de los novillos, al final del período de pastoreo, tuvieron una gran variabilidad de una temporada de otra, siendo, aparentemente, cargas

CUADRO 1. Validación del modelo. Valores observados (a) y simulados (b) durante 4 temporadas. Pastoreo y engorda a corral

TABLE 1. Validation of the model. Observed (a) and simulated (b) values during 4 seasons. Grazing and Feedlot performance

Carga, novillos/ha	Temporadas							
	a ¹ 1,1	b 1,1	a 1,3	b 1,3	a 2,0	b 2,0	a 2,3	b 2,3
Pastoreo								
Peso inicial, kg	187	187	178	178	186	186	180	180
Aumento diario, kg/día	0,865	0,804	0,814	0,720	0,700	0,740	0,500	0,520
Peso final ² , kg	463	473	462	445	445	449	376	370
Ensilaje total, ton m.s	12	20	10	20	19	19	31	13
Engorda								
Peso final, kg	535	530	530	530	520	530	490	493
Aumento diario, kg	1,00	1,37	0,91	1,33	1,02	1,37	1,08	1,36
Días de engorda	72	42	75	64	73	59	106	90
Peso vivo, kg/an.	387	389	469	467	668	700	683	715

¹Valores extraídos de Rojas, Catrileo y Campillo (1987).

²Se considera como peso inicial en la engorda.

CUADRO 2. Respuesta del modelo con diferentes cargas animales. Temporada 1985/86. Temuco

TABLE 2. Performance of the model with different stocking rates. Season 1985/86. Temuco

Carga animal (an./ha)	1,4	1,7	2,0	2,3	2,6	2,8	3,1
Pastoreo							
Peso inicial, kg	180	180	180	180	180	180	180
Peso final ¹ , kg	465	470	456	448	417	388	380
Aumento diario, kg/día	0,781	0,797	0,757	0,735	0,651	0,583	0,548
Ensilaje conservado ² , ton m.s.	20,4	20,0	19,2	18,1	18,3	17,4	16,0
Engorda							
Peso final, kg	530	530	530	530	530	513	491
Aumento diario, kg/día	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,36	1,36
Días en engorda	48	44	53	60	82	95	84
Ensilaje sobrante, ton m.s.	15,8	14,8	11,9	8,8	4,4	-	-
Margen Bruto, \$/ha	53.400	62.400	69.000	75.900	79.500	79.800	80.100
Peso vivo total, kg/ha	500	600	700	800	900	951	971

¹Se considera como peso inicial en la engorda.

²Total conservado (57% del área).

de 2 novillos/ha, las más apropiadas para el sistema; de acuerdo con esto, y tomando como base los resultados del Cuadro 2, el potencial de producción de carne se acercaría más a los 700 kg/ha, lo cual coincide con otras publicaciones que sugieren, en secano, cargas óptimas de 2 a 3 animales por hectárea, en pastoreo, a través del año (INIA, 1971).

Efecto del atraso en el corte sobre el ensilaje

Con el propósito de analizar el efecto de un corte tardío de ensilaje, la confección de forraje conservado se atrasó 5 semanas de la fecha recomendada (mediados de noviembre). Al mismo tiempo, considerando que el modelo tendía a

CUADRO 3. Efecto de diferentes temporadas en el peso vivo de novillos al final del período de pastoreo (kg/novillo)

TABLE 3. The effect of different seasons on animal liveweight. Results of the final liveweight of the steers (kg) at grazing

Temporada	Carga animal (an./ha)		
	2,0	2,2	2,6
1982/83	415	400	387
1983/84	388	373	359
1984/85	373	345	308
1985/86	457	447	417
1986/87	431	421	416
1987/88	449	443	414
1988/89	391	370	346
Promedio	414	399	378
Desviación estándar	±32	±39	±42

CUADRO 4. La influencia de un atraso en la confección de ensilaje en el sistema

TABLE 4. The Influence of a delay in the date for silage conservation in the system

Carga animal (an./ha)	2,0	2,3	2,6	2,9
Pastoreo				
Peso vivo al día 365, kg ¹	449	432	395	384
Total ensilaje confeccionado, ton m.s.	24	23	22	21
Engorda				
Peso final, kg	530	530	530	530
Aumento peso, kg/día	1,11	1,11	1,10	1,10
Ensilaje sobrante, ton m.s.	15	12	4	-
Días engorda	72	88	122	132

¹Inicial en engorda estabulada.

sobrestimar el consumo de ensilaje, se aplicó una reducción de un 10% en el cálculo de esta variable.

En el Cuadro 4, se aprecia que un atraso en la confección de ensilaje produjo un 25% más de forraje conservado en el sistema, al compararlo con lo descrito en el Cuadro 2.

Adicionalmente, el hecho de mantener en rezago por mayor tiempo los potreros para conservación, obligó, también, a mantener los novillos en una

menor superficie de pastoreo por un mayor período, lo cual limitó su rendimiento, iniciándose el período de engorda con novillos más livianos. A pesar de esto, los animales pudieron alcanzar pesos de matadero en la engorda estabulada; sin embargo, ello estuvo asociado igualmente, a un mayor período de permanencia de los novillos en el establo.

No se consideró un efecto de la calidad del ensilaje sobre el consumo animal.

CUADRO 5. Efecto de cambio en precios y rendimientos en componentes del sistema. Resultados presentados con una carga animal de 2,6 novillos/ha. Temporada 1985/86. (Precios 1987)

TABLE 5. Effects of changes in prices and yields in components of the system. Results presented for a stocking rate of 2.6 steers/ha. Season 1985/86. (1987 Prices)

Componente	Valor \$	Margen bruto \$/ha
Precio compra terneros, \$/animal	39.000	87.900
	43.500 ¹	79.500
	48.000	71.100
Precio venta novillos, \$/kg	225	60.300
	255 ¹	79.500
	285	98.700
Precio venta trigo, \$/qqm	4.050	75.700
	4.500 ¹	79.500
	4.950	83.700
Precio venta avena, \$/qqm	2.250	79.200
	2.490 ¹	79.500
	2.700	79.800
Precio venta raps, \$/qqm	5.490	77.400
	6.090 ¹	79.500
	6.690	79.800
Rendimiento trigo, qqm/ha	40	75.000
	45 ¹	79.500
	50	84.000
Rendimiento avena, qqm/ha	30	78.000
	35 ¹	79.500
	40	81.000
Rendimiento raps, qqm/ha	16	77.100
	18 ¹	79.500
	20	81.600

¹Valor base.

Efecto de la variación de precios

Los efectos de variación en precios y rendimientos de los componentes del sistema, se presentan en el Cuadro 5. Una variación del 10% en los precios de compra y venta de los animales tiene un efecto importante en los ingresos del sistema. Cambios en los precios y rendimientos de los cultivos de la rotación, asumiendo que los costos operacionales permanecen constantes, también muestran un impacto, siendo el trigo el cultivo que influiría más en el resultado económico del sistema, mientras que

cambios de precios en avena, prácticamente, no tienen efecto.

Finalmente, un análisis más completo, implicaría, sin embargo, considerar también los efectos positivos esperados de una rotación, que si bien no se expresan en términos inmediatos de ingresos, constituiría un aporte en el control de malezas; mejoraría la fertilidad del suelo y permitiría un uso más eficiente de la maquinaria, elementos difíciles de cuantificar y que no fueron incorporados en el modelo en esta etapa del estudio.

RESUMEN

Se presenta un modelo de simulación determinístico y dinámico de novillos a pastoreo y de engorda a corral. Con el objeto de simular pastoreo, se asume un número fijo de potreros que son pastoreados en forma rotativa. Entre los factores considerados para predecir la producción animal están el consumo de materia seca, selección y suplementación. El modelo consideró, además, una superficie fija de cultivos.

La validación mostró una tendencia del modelo a sobrestimar el total de forraje conservado en algunas temporadas, además, de sobrestimar la ganancia de peso de los novillos en la engorda a corral. La curva de crecimiento de los animales a pastoreo coincidió

razonablemente con experimentos reales. Usando el modelo, se estimó un potencial de producción de carne en el rango de 700 a 900 kg/ha en el secano de la IX Región, Temuco, con una carga animal que varió entre 2,0 a 2,6 novillos/ha, respectivamente. Un atraso en la fecha de corte para ensilaje aumentó la cantidad total de forraje conservado, sin embargo, esto significó un menor peso de los novillos al final del período de pastoreo. Cambios de precios de compra y venta de los novillos y trigo tienen un importante efecto en los ingresos del sistema.

Palabras claves: modelos de simulación, pastoreo, engorda a corral.

LITERATURA CITADA

- ARC-AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. 1980. The nutrient requirement of ruminant livestock. Commonwealth Agricultural Bureaux. Farnham Royal. 351 p.
- ALLDEN, W.G. and WHITTAKER, I.A. 1970. The determinants of herbage intake by Grazing sheep. The interrelation of factors influencing herbage intake and availability. Australian Journal of Agricultural Research 21: 755-766.
- ARNOLD, G.W. and CAMPBELL, N.A. 1972. A model of a ley farming system, with particular reference to a sub-model for animal production. Proceedings of the Australian Society of Animal Production 9: 23-30.
- BAKER, R.D. 1986. Advances in dairy cow grazing systems. In: Frame, J. (ed.). Grazing. Occasional Symposium Nº 19 British Grassland Society. p.: 155-166.
- BOWLEY, S.R.; TAYLOR, N.L. and DOUGHERTY, C.T. 1984. Physiology and morphology of red clover. Advances in Agronomy 37: 317-347.
- BLAXTER, K.L. and WILSON, R.S. 1962. The voluntary intake of roughages by steers. Animal Production 4: 351-358.
- CAMLIN, M.S.; GUILLILAND, T.J. and STEWART, R.H. 1983. Productivity of mixtures of Italian ryegrass and red clover. Grass and Forage Science 38: 73-78.
- CAÑAS, C., RAUL; AGUILAR, G., CLAUDIO y CATRILEO, S. ADRIAN. 1982. Desarrollo de un modelo de simulación para el estudio del cambio de peso en novillos a pastoreo. Ciencia e Investigación Agraria 9 (3): 143-155.
- CATRILEO S., ADRIAN. 1992. Modelo de crecimiento de ballica Italiana y trébol rosado en el secano de la IX Región. Agricultura Técnica (Chile) 52: 139-148.
- CORDOVA, F.J.; WALLACE, J.D. and PIEPER, R. 1978. Forage intake by Grazing livestock: A review. Journal of Range Management 31 (6): 430-438.
- CULLETON, N.; MYPHY, W.E. and O'KEEFFE, W.F. 1987. The productivity of *Lolium multiflorum* L. under cutting and grazing management. Irish Journal of Agricultural Research 26: 105-113.

- DEA-DEPARTAMENTO DE ECONOMIA AGRARIA. 1986. Agricultura en la zona sur. Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Chile. Panorama Económico de la Agricultura Nº 46: 2-8.
- DOYLE, C.J. BAARS, J.A. and BYWATER, A.C. 1989. A simulation model of bull beef production under rotational grazing in the Waikato Region of New Zealand. *Agricultural Systems* 31: 247-278.
- FRANCE J. and THORNLEY J.H.M. 1984. *Mathematical models in agriculture*. Butterworths, London. 335 p.
- GEENTY, K.G. and RATTRAY, P.V. 1987. The Energy Requirements of Grazing Sheep and Cattle. In: Nicol, A.M. (ed.). *Feeding Livestock on Pasture*. New Zealand Society of Animal Production. Occasional Publication Nº 10. p.: 39-54.
- HOLMES, W. 1989. The effect of the pasture on the animal. In: Holmes, W. (ed.). *Grass its production and utilization*. British Grassland Society. Blackwell Science Publishers. 306 p.
- HUGHES, T.P.; POPPI, D. and SYKES, A.R. 1980. Some implications of sward chemical and physical characteristics for the nutrition of grazing ruminants. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 40: 68-84.
- INIA-INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. 1971. *Investigación Agropecuaria 1964-1970*. INIA, Santiago, Chile. 446 p.
- INOSTROZA U., OSVALDO. 1980. Manejo de suelos. En: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Carillanca, Programa Ecología y Manejo de Suelos, Informe Técnico 1980-81. Temuco, Chile. 11 p.*
- KEANE, C.P. 1982. Yield and quality of red clover-grass mixtures. *Irish Journal of Agricultural Research* 21: 61-66.
- LOEWER, O.J.; SMITH, E.M.; GAY, N. and FEHR, R. 1983. Incorporation of environment and feed quality into a net energy model of beef cattle. *Agricultural Systems* 11: 87-94.
- MARTINEZ V., MAXIMILIANO y LETELIER A., ELIAS. 1978. Comparación entre una rotación intensiva de cultivos y una rotación de cultivos con praderas. *Agricultura Técnica (Chile)* 38: 129-143.
- Mc DONALD, P. 1981. *The biochemistry of silage*. John Wiley and Sons; Chichester.
- MAFF-MINISTRY OF AGRICULTURE, FISHERIES and FOOD. 1975. *Energy Allowances and Feeding Systems for Ruminants*. H.M.S.O. London. 79 p.
- NEAL, H.D. St. C.; GILL, M. and FRANCE, J. 1988. An evaluation of prediction equations incorporated in a computer program to ration beef cattle. *Animal Production* 46: 169-179.
- POPPI, D.P.; HUGHES, T.P. and L'HUILLIER, P.J. 1987. In: Nicol, A.M. (ed.). *Feeding Livestock on Pasture*. New Zealand Society of Animal Production. Occasional Publication Nº 10. p.: 55-63.
- RATTRAY, P.V. and CLARK, D.A. 1984. Factors affecting the intake at pasture. *New Zealand Agricultural Science* 18: 141-146.
- ROJAS G., CLAUDIO y GRANZOTTO DEL P., ALEJANDRO. 1983. Sistema de producción de carne en base a una pradera mixta sembrada de secano y toretes Holandeses y Claveles nacidos en otoño. *Agricultura Técnica (Chile)* 43: 297-303.
- ROJAS G., CLAUDIO. 1988. Utilización de la avena de doble propósito para pastoreo, ensilaje, grano y paja en producción de carne. *Investigación y Progreso Agropecuario Carillanca* 7 (1): 10-11.
- ROJAS G., CLAUDIO; CATRILEO S., ADRIAN y CAMPILLO R., RICARDO. 1987. Sistema integrado ganado-cultivo para el valle central de la IX Región empleando machos de lechería. En: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Est. Exp. Carillanca, Area Producción Animal, Programa Producción de Carne Bovina. Informe Técnico 1986/87, Temuco, Chile. p.: 283-296.*
- SPEEDING, C.R.W. and DIEKMAHNS, E.C. 1972. Grasses and legumes in the British Agriculture. *Bulletin* 49. Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops. 511 p.
- TEUBER K., NOLBERTO, BERNIER V., RENE y GOIC M., LJUBO. 1981. Mezclas forrajeras de rotación y permanentes. En: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Est. Exp. Remehue, Area Producción Animal, Programa Praderas. Informe Técnico 1981-1982, Osorno, Chile. p.: 9-18.*
- UACH-UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE. 1985. Composición de alimentos para el ganado en la zona sur. Facultad de Ciencias Agrarias. Instituto de Producción Animal, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 45 p.
- WILKINSON, J.M. 1981. Potential changes in the efficiency of grass and forage for conservation. In: Jolland, J.L. (ed.). *Grassland in the British Economy*. Centre for Agriculture Strategy. CAS, Reading. Paper 10. p.: 414-428.
- WRIGHT, A. 1970. Systems research and grazing systems management-oriented to simulation. Dep. of Farm and Business Management. University of New England. Armidale. N.S.W. Australia. Farm Management Bul Nº IV.
- WRIGHT, A.; SCOTT, J.D.J.; BRYANT, A.M. and HOCKINGS, B.J. 1980. Supplements on the farm. In: Drew K.R. and Fennessy, P.F. (ed.). *Supplementary Feeding*. New Zealand Society of Animal Production. Occasional Publication Nº 7. p.: 185-197.

*La información contenida en estos documentos es accesible sólo a través de sus respectivos autores o autoridades del INIA.