

MODELO DE SIMULACION DE SISTEMAS GANADO-CULTIVO, PARA LA PRECORDILLERA DE LA ZONA CENTRO-SUR¹

Simulation model of crop and beef for andes foot hill of central south area

Germán Klee G.², Nicasio Rodríguez S.², Patricio Soto O.², Luis Sáez T.³ y Rubén Pulido F.⁴

S U M M A R Y

A simulation model was developed using data obtained at The Andes foothill region of central south Chile. The model enables to take management decisions for an integrated beef cattle wheat production system.

The model simulates beef and wheat productions with varying fertilization levels and land areas assigned to both enterprises. Prices for fertilizers and beef can be varied. The model overestimates beef production as compared with some experiments. Wheat production is also overestimated at approximately 20% as compared to trial results. The model could not be validated with experiments with integrated wheat-beef production because this information is not available in the area.

Key words: model, beef production, wheat production, technology transfer.

INTRODUCCION

En los predios de la precordillera andina de la zona centro-sur, por condiciones agroecológicas, la explotación de rubros agrícolas es limitada. Destaca principalmente la producción de trigo, en menor proporción avena, cebada, raps y lentejas. En praderas, se adapta bien el trébol subterráneo y destaca el buen comportamiento del ganado Hereford; aun cuando no constituye la raza predominante. La investigación agropecuaria en el área no es abundante, pero se tiene información que permite delinear algunos planes para transferir tecnología. Con el presente trabajo se intentó desarrollar un modelo de simulación general, que considere la producción integrada de riego y la ganadería, que ayude en la toma de decisiones de la empresa agropecuaria de esta área ecológica.

El uso de fertilizantes en la explotación agropecuaria predial, es uno de los factores que ejerce importantes cambios en la producción y productividad del sistema. La fertilización fosfatada como práctica anual de manejo de la pradera, producen notables aumentos en el rendimiento del trébol subterráneo. Si se considera en el tiempo, se

produce una acumulación de este elemento en los primeros centímetros del suelo, efecto residual que influirá en el cultivo que sigue en la rotación. El N también se incrementa en el suelo, al mejorarse las condiciones para una efectiva fijación simbiótica de la leguminosa (Acuña y otros, 1990).

El rendimiento de trigo también depende, entre otros factores, de los niveles de fósforo y nitrógeno que están disponibles para el cultivo. Estudios en la zona, han establecido curvas típicas de respuestas del cereal a estos parámetros (Rodríguez, 1977; 1978 y 1979). Comportamiento que se presenta en la Figura 1 (INIA-FIA, 1988).

La investigación en sistemas de producción animal, utilizando prioritariamente trébol subterráneo, ha logrado mejorar cuatro o cinco veces la producción obtenida por los productores e incrementar los ingresos del predio (Klee, Ruiz y Acuña, 1984a y b, Ruiz y otros, 1984). Estos antecedentes y otros obtenidos en el área, complementados con información obtenida en el extranjero, principalmente de nutrición animal (ARC, 1980; MAFF, 1980), se han usado en la elaboración de este modelo.

El objetivo del presente estudio fue simular el efecto en la producción de carne bovina y trigo, al variar los niveles de fertilización y la relación de superficie de ambos rubros, según las condiciones de precio de los fertilizantes, trigo y carne en el mercado.

¹Recepción de originales: 16 de julio de 1990.

²Estación Experimental Quillamapu, INIA, Casilla 426, Chillán, Chile.

³Ingeniero Agrónomo, actividad particular.

⁴Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile.

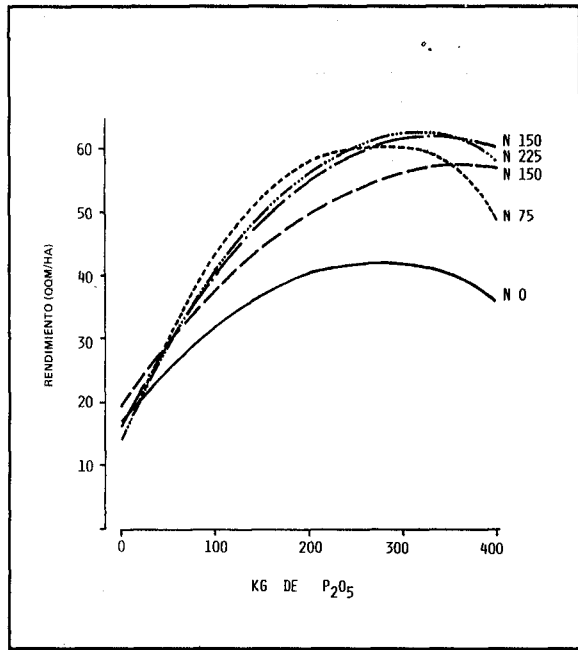


FIGURA 1. Respuesta de rendimiento de trigo a nitrógeno y fósforo.

FIGURE 1. Wheat yield as affected by nitrogen and phosphorus.

MATERIALES Y METODOS

La estructura general del modelo (Figura 2) permite simular la producción óptima económica de carne y trigo bajo diferentes manejos de la pradera y el cultivo, considerando los niveles de fósforo y nitrógeno inicial, disponibles en el suelo, el valor de los principales insumos de los rubros y el precio, en el mercado, del producto, carne y trigo.

En el ciclo animal se consideran tres categorías de animales: a) Vaca y sus terneros, de nacimiento a destete; b) Vaquillas del destete a preñez y c) Novillos del destete a 18 meses de edad. Cada una de estas categorías, para efecto del modelo, hace uso de una superficie que considera praderas de uno o cuatro años de edad y una proporción de terreno destinado a trigo; vale decir, la superficie constaría de cinco potreros. La edad de las praderas no puede superar los cuatro años sin cultivarse con el cereal, para evitar la disminución de producción de materia seca por exceso de acumulación de nitrógeno en el suelo. De igual forma, no se permite establecer trigo en praderas de un año de edad, para asegurar la resiembra del trébol subterráneo y el nivel productivo del sistema.

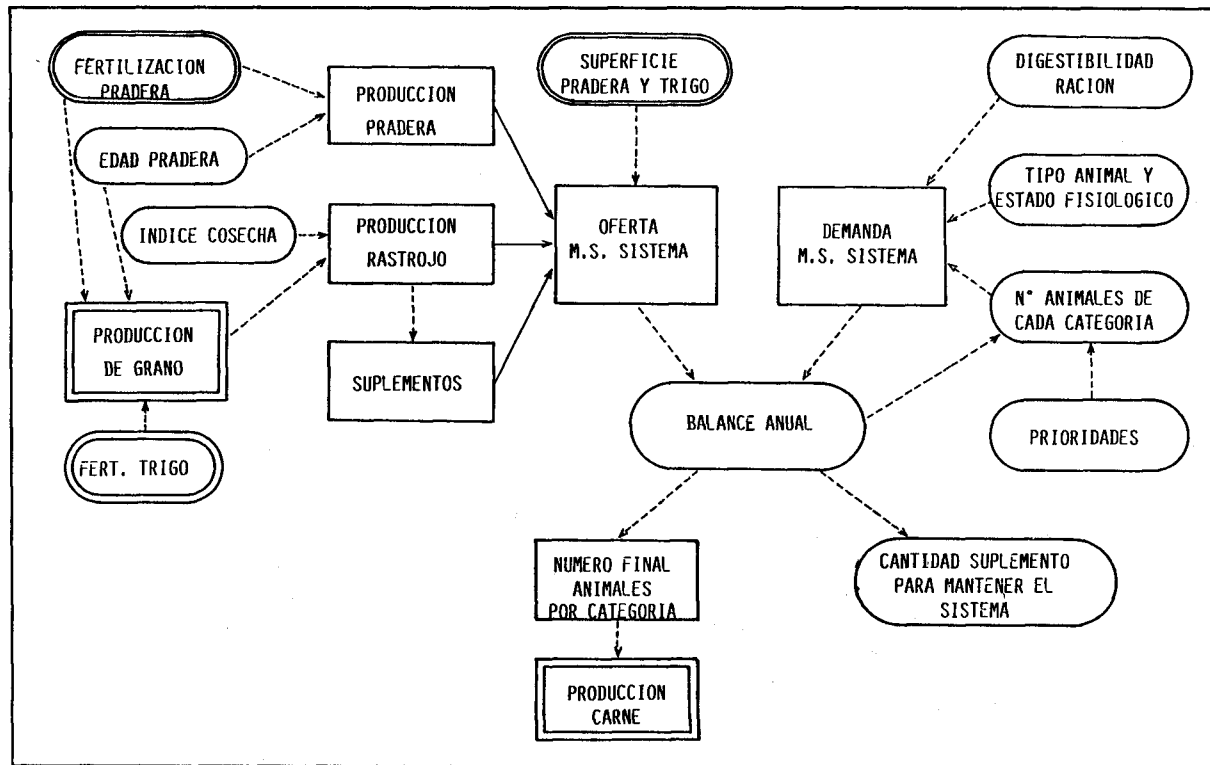


FIGURA 2. Estructura del modelo ganado-cultivo para la precordillera.

FIGURE 2. Structure of the crop and beef model for the andes foot hills.

La decisión económica respeta estas condiciones y también la de mantener un mínimo de superficie (20%) con uno de los rubros; aun cuando el valor económico de uno de ellos sea muy inferior al del otro. Esto permite mantener la presencia del rubro trigo y no eliminar la ganadería; manteniendo así la condición de sistema ganado-cultivo.

RESULTADOS Y DISCUSION

Descripción del modelo

El modelo se divide en dos partes, la primera, opera dentro del programa principal (precordillera), abarcando el manejo y nutrición del rebaño, producción de forraje y evaluación económica. La segunda, se refiere a la producción de trigo, dentro de la subrutina trigo.

Programa principal

Manejo. El sistema considera en el rebaño, tres categorías animales: vacas y terneros (NV), vaquillas (NQ) y novillos (NN). Cada categoría se define por el número de animales, peso vivo y estado fisiológico.

Nutrición del rebaño

En esta etapa, el programa ingresa cada categoría al año de simulación, calculando los requerimientos energéticos trimestralmente, en base a ecuaciones indicadas por MAFF (1980) y ARC (1980). Inicialmente, determina la energía (Ncal) requerida para el metabolismo basal (Mbasal), definida del siguiente modo:

$$M_{\text{basal}} = \text{Mayuno}/\text{Efikm} + \text{Ejerci}$$

donde:

Mbasal: E.M. mantención.

Mayuno: Energía neta para mantención.

Ejerci: Energía requerida para actividad voluntaria.

Efikm: Eficiencia del uso de la energía metabolizable para mantención.

Luego, determina la energía metabolizable total (EMtotal) requerida por el animal, sumando el requerimiento de mantención (Mbasal), a la energía necesaria para cambio de peso vivo (EMCPV) y el costo de cosecha (CC), del siguiente modo:

$$EM_{\text{total}} = M_{\text{basal}} + EM_{\text{CPV}} + CC$$

donde:

EMCPV: Correspondería a la energía metabolizable requerida para satisfacer el cambio de peso vivo trimestral de cada categoría, para cada año de simulación. El valor de eficiencia para ganancia de peso, se calculó conociendo la densidad calórica del alimento.

CC: Costo de cosecha.

Considerando los requerimientos totales de energía de los animales, se obtiene la materia seca requerida por animal y conociendo el aporte de materia seca del sistema (Acumt), se calcula la carga animal (Canin) que soporta el sistema.

$$\text{Canin} = \text{Acumt}/\text{Disano}$$

donde:

Acumt: $(\text{Dispp} \times \text{THP} + \text{Distp} \times \text{THT})/\text{HH}$

THP y THT: El total de hectáreas de pradera y trigo, respectivamente. Para expresar la disponibilidad de m.s. por hectárea, se divide por la sumatoria de ambas (HH).

Distp: Disponibilidad de materia seca de paja, incluyendo pérdidas.

Dispp: Disponibilidad de materia seca de pradera, incluyendo pérdidas.

Finalmente, el modelo calcula la carga real del sistema relacionando el número inicial de animales (Numin), con el total de hectáreas del predio (HH) y lo compara con Canin. Ello permite decidir el número de animales a ingresar o eliminar y las necesidades de forraje para mantener una determinada carga animal, en caso de no decidir eliminar ganado.

Producción de forraje

Considerando los resultados de cuatro años consecutivos de mediciones, se determinó que la pradera de un año de edad anualmente produce 5,25 ton m.s./ha (Acuña y otros, 1990), cifra que se incrementó con la edad del trébol subterráneo, de la siguiente manera:

$$2^{\text{o}} \text{ año, } PT = 4,604 + 0,0235 \times \text{Ferp} - 0,0006 \times (\text{Ferp}^2)$$

$$3^{\text{o}} \text{ año, } PT = 4,989 + 0,0494 \times \text{Ferp} - 0,00010 \times (\text{Ferp}^2)$$

$$4^{\text{o}} \text{ año, } PT = 4,812 + 0,0337 \times \text{Ferp} - 0,00009 \times (\text{Ferp}^2)$$

$$5^{\text{o}} \text{ año, } PT = 0$$

donde:

PT: Producción de forraje total.

Ferp: Fertilización anual de mantención del trébol subterráneo en kg de P_2O_5 .

Como la pradera se caracteriza por su marcada estacionalidad en crecimiento y calidad de la materia seca (Ruiz y otros, 1984; Klee y otros, 1984a y b), el ingreso de los datos al modelo se realizó por períodos trimestrales: abril a junio; julio a septiembre; octubre a diciembre y enero a marzo. A cada período se asignó un porcentaje de la producción anual de m.s., digestibilidad y pérdidas por pisoteo.

La disponibilidad de m.s. por hectárea (Disha), se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$Disha = (Dispa \times PPP) \times (1 - (Pp/100))$$

donde:

PPP: Porcentaje x período de la disponibilidad anual.

Pp: Porcentaje de pérdida de m.s. por período.

Dispa: Disponibilidad por hectárea sin pérdidas.

La disponibilidad total de m.s. (Dis) por potrero se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$Dis = PT \times Ha$$

donde:

Ha: Superficie total del potrero.

Subrutina

La producción de trigo depende, entre otros factores, de la variedad, época de siembra, control de malezas, etc., para el caso del estudio, se asumió que controlando estos factores, un aspecto preponderante, además, de los agroclimáticos, son los niveles de N y P utilizados en el cultivo.

Según la edad de la pradera y la fertilización anual de ésta, se determinó la concentración de N y P en el suelo, como aporte para el trigo. Con este antecedente, se puede estimar la respuesta a la fertilización adicional de N y P al trigo.

El rendimiento de trigo (RDG), expresado en qqm/ha, es descrito de la siguiente forma, considerando los antecedentes de Rodríguez (1977; 1978 y 1979), INIA-FIA (1988) y Klee y otros (1986):

$$RDG = PA + PB \times UPC - PC \times (UPC^2)$$

donde:

PA: $17,55738 + 0,00784 \times UNC - 0,00008 \times (UNC^2)$

PB: $0,180340 + 0,00055 \times UNC$

PC: $(32,65714 - 0,03752 \times UNC + 0,00052 \times (UNC^2))/100.000$

UPC: Fertilización al trigo con fósforo, corregido según aporte proporcionado por el suelo.

UNC: Fertilización al trigo con nitrógeno, corregido según aporte proporcionado por el suelo.

Para cada año se calcula las dosis de fertilizante que permitan obtener el rendimiento óptimo económico y el rendimiento máximo del cereal.

El rendimiento de paja (expresado en kg de m.s./ha) se obtuvo a partir de RDG, utilizando el índice de cosecha (IC).

$$Paja = RDG \times 100 \times ((1 - IC)/IC)$$

$$IC = 0,42$$

Evaluación económica

Para la evaluación, se consideró a cada rubro, como alternativa independiente del predio. El programa incluye sólo los costos de mayor relevancia, con el objeto de simplificar al máximo dichos cálculos. El margen bruto por carne (MBC), depende de los kilos de peso vivo producidos (PVSis) y del precio de la carne (Pcar), menos los costos de fertilización anual de la pradera con fósforo.

$$MBC = (PVSis \times Pcar) - ((Ferp \times PFO) + C)$$

donde:

FerP: kg de P_2O_5 /ha/año.

PFO: Precio del kg de P_2O_5 .

Este valor (PVSis) considera, para la categoría vacas y terneros (NV), un 20% de las vacas por reemplazo y un 75% de los terneros destetados. Las categorías vaquillas (NQ) y novillos (NN) incluyen el total de animales.

El margen bruto por trigo (MBT), se definió por la siguiente ecuación:

$$MBT = (RDG \times PTR) - Fern \times PNI + Ferp \times PFO + C$$

donde:

RDG: Rendimiento de grano, qqm/ha.

PTR: Precio del qqm/ha de trigo.

Fern: Unidades de nitrógeno/ha.

PNI: Precios del kg de N.

C: Factor de costo de producción de trigo.

Para determinar qué alternativa agrícola debería tener mayor relevancia en cada año, el modelo compara el margen bruto por carne y trigo. Si el MBC (margen bruto por carne) es mayor que el MBT (margen bruto por trigo), el modelo destina

sólo un 20% de la superficie del predio para trigo y el resto queda con pradera para ganadería. En la situación que el MBT es mayor o igual al MBC, se destina para trigo inicialmente hasta un 80% de la superficie, con el fin de mantener el resto de la superficie con pradera y permita mantener el rubro carne en el sistema. Pero fijando el modelo una situación inicial, continúa indicando las situaciones posteriores; para ello, considera, además, las limitaciones de no sembrar en el mismo potrero trigo sobre trigo; o roturar praderas de un año de edad para sembrar trigo.

Comentarios sobre el modelo

No se dispone de información integrada que relacione la producción de carne, según producción de materia seca de la pradera bajo diferentes manejos, su efecto acumulativo de nutrientes en el suelo y las curvas de respuestas de producción de trigo en esas condiciones. Por ello, se trabajó con el modelo usando resultados parciales de experimentos que relacionaban la producción de materia seca con la producción de peso vivo (Klee y otros, 1984a y b) y la producción de trigo como respuesta a diferentes combinaciones de nitrógeno y fósforo, en la zona de precordillera andina (INIA-FIA, 1988).

La producción de peso vivo que entrega el modelo aparece sobrestimada, en relación a las obtenidas en experimentos realizados en el área. Esto indica

que deben afinarse las variables referentes a caracterización de la curva de producción de forrajes y la respuesta a diferentes manejos de fertilización, digestibilidad mensual de la materia seca de la pradera y ajustes de eficiencia de utilización del forraje disponible.

En rendimiento de trigo se obtienen resultados un 20% superiores a los alcanzados en los experimentos, donde se mide el rendimiento según las variaciones de N y P_2O_5 . Cabe destacar que estas curvas de calibración no se han efectuado en las rotaciones pradera-trigo; obedecen, principalmente, a trabajos sobre rotaciones de cereales y/u oleaginosas-cereal. Al respecto, cabe destacar el afinamiento que se requiere efectuar sobre la fijación de nitrógeno por la leguminosas, la acumulación de fósforo en el suelo y el efecto de fertilizaciones posteriores al cereal.

Se apreció la necesidad de mejorar la información en uso en el modelo, en relación a los niveles de fertilización inicial del suelo y las ecuaciones que relacionan los niveles de P_2O_5 y N disponibles con los rangos de fertilización de mantención con fósforo.

Un afinamiento de este tipo de modelos ayuda a la transferencia de tecnología en la toma de decisiones y señala aspectos necesarios a investigar y/o validar en esta zona ecológica.

RESUMEN

Con antecedentes de investigación obtenidos en la precordillera andina de la zona centro-sur se desarrolló un modelo de simulación que permitiera tomar decisiones en un manejo predial que considera la producción integrada de trigo y ganadería. El modelo simula la producción de carne bovina y trigo, al variar los niveles de fertilización y la superficie de ambos rubros, según las condiciones de precio de los fertilizantes, trigo y carne en el mercado. Se observa que las producciones de carne entregadas por el modelo, están

sobrestimadas, al compararlas con experimentos parciales. La producción de trigo que entrega el modelo también está sobrestimada en, aproximadamente, un 20%, en comparación a resultados de ensayos. No fue factible validar el modelo con experimentos ganado-cultivo, por no disponerse, en el área, de este tipo de información.

Palabras claves: modelo, producción de carne, producción de trigo, transferencia de tecnología.

LITERATURA CITADA

ARC-AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. 1980. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Agricultural Research Council. London.

ACUÑA P., HERNAN, SOTO O., PATRICIO, KLEE G., GERMAN, RODRIGUEZ S., NICASIO, OVALLE M., CARLOS y MARTINEZ R., GERMAN. 1990. Dosis de fósforo y potasio en trébol subterráneo, en la precordillera Andina de la Región del Biobío. Agricultura Técnica (Chile) 50: 7-16.

- INIA (INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS) - FIA (FONDO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS). 1988. Fertilidad natural de los suelos. INIA-FIA. Informe final. 137 p.
- KLEE G., GERMAN, RUIZ N., IGNACIO y ACUÑA P., HERNAN. 1984a. Evaluación de sistemas de producción de carne en la precordillera del Biobío. I. Utilización de pradera de trébol subterráneo mejorada. Agricultura Técnica (Chile) 44: 27-38.
- KLEE G., GERMAN, RUIZ N., IGNACIO y ACUÑA P., HERNAN. 1984b. Evaluación de sistemas de producción de carne en la precordillera de Biobío. II. Utilización de pradera de trébol subterráneo mejorada y uso limitado concentrado. Agricultura Técnica (Chile) 44: 45-54.
- KLEE G., GERMAN, RUIZ N., IGNACIO, AEDO M., NORA, SOTO O., PATRICIO y ULLOA N., AMARILIS. 1984. Evaluación de un sistema de producción de bovinos de carne y otro de ovinos en la precordillera de Ñuble. II. Análisis económico. Agricultura Técnica (Chile) 44: 211-215.
- KLEE G., GERMAN, RODRIGUEZ S., NICASIO, ACUÑA P., HERNAN y SOTO O., PATRICIO. 1986. Evaluación de el efecto acumulativo de N en un suelo trumao de precordillera con trébol subterráneo y su influencia sobre la respuesta del trigo a la fertilización adicional. En: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, E.E. Quilamapu, Area Producción Animal, Programa Carne, Informe Técnico 1985/1986, Chillán, Chile.*
- MAFF-MINISTRY OF AGRICULTURE, FISHERIES and FOOD. 1980. Energy allowances and feeding systems for ruminants. Technical Bulletin 33. London, U.K. 79 p.
- RODRIGUEZ S., NICASIO. 1977. Respuestas de raps, trigo, avena y centeno a la fertilización con nitrógeno y fósforo. En: Proyecto de desarrollo tecnológico para la precordillera de Ñuble. Segunda etapa. Chillán, Chile. Informe INIA, Est. Exp. Quilamapu-FNDR. p.: 103-106.
- RODRIGUEZ S., NICASIO. 1978. Respuestas de raps, trigo, avena y centeno a la fertilización con nitrógeno y fósforo. En: Proyecto de desarrollo tecnológico para la precordillera de Ñuble. Tercera etap. Chillán, Chile. Informe INIA, Est. Exp. Quilamapu-FNDR. p.: 83-88.
- RODRIGUEZ S., NICASIO. 1978. Respuestas de raps, trigo, avena y centeno a la fertilización con nitrógeno y fósforo. En: Proyecto de desarrollo tecnológico para la precordillera de Ñuble. Cuarta etapa. Chillán, Chile. Informe INIA, Est. Exp. Quilamapu-FNDR. p.: 102-109.
- RUIZ N., IGNACIO, KLEE G., GERMAN, SOTO O., PATRICIO Y ULLOA N., AMARILIS. 1984. Evaluación de un sistema de producción de bovinos de carne y otros de ovinos en la precordillera de Ñuble. I. Producción primaria y secundaria. Agricultura Técnica (Chile) 44: 199-209.

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