

**ARCHIVOS  
LATINOAMERICANOS  
DE  
PRODUCCIÓN  
ANIMAL**

**ISSN 1022-1301**

VOLUMEN 5  
NÚMERO 1  
JUNIO 1997

**PUBLICADA POR  
ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA  
DE  
PRODUCCIÓN ANIMAL**

**EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE UNA ALTERNATIVA DE  
MANEJO EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE PEQUEÑOS  
PRODUCTORES DE CARCHI, ECUADOR,  
II. EXPERIMENTACIÓN CON UN MODELO DE SIMULACIÓN**

**C. Aguilar y V. Barrera**

Departamento de Zootecnia, Facultad de Agronomía,  
Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago

---

**RESUMEN**

Se utilizó un modelo de simulación dinámico y probalístico, desarrollado y validado para estudiar alternativas de manejo de los sistemas de producción de pequeños productores de la zona de Carchi, Ecuador, para evaluar biológica y económicamente, en un período de 10 años, la sostenibilidad de un sistema de producción. La principal característica del sistema es que mantiene constante la superficie destinada a papa y a producción de leche. Los componentes de la producción de papa incluyen las prácticas comunes de la zona. Para la producción de leche los componentes utilizados son una mezcla de pastos mejorados y naturales, fertilizaciones a la siembra y de manutención, y 360 kg de concentrado durante un período de 120 d de lactancia. Las variables utilizadas para describir la sostenibilidad del sistema son producciones de leche y de papa, dinámica de los nutrientes en el suelo, ingresos, beneficios y tasa marginal de retorno. Los resultados permiten concluir que la alternativa usada para evaluar la producción del sistema es adecuada desde el punto de vista de la sostenibilidad, y que los beneficios netos anuales oscilan entre US\$1 100 y \$1 600. El manejo de la producción de leche considerado es una alternativa biológicamente sostenible. Sin embargo, la producción de papa en un área constante presenta variaciones que incluyen cinco años de bajos rendimientos, lo que causa inestabilidad en este componente del sistema. Con respecto a la dinámica de nutrientes en el suelo, las prácticas de manejo de las pasturas que incluyen una adecuada tasa de fertilización, sumado a la incorporación al suelo de residuos de excretas y hojarasca, permiten mantener los niveles de K y mejorar los de N y P.

**PALABRAS CLAVES:** Simulación, Sostenibilidad, Sistemas productivos, Pequeños productores

## ABSTRACT

### **Evaluation of the sustainability of a management alternative in small farm production systems at Carchi, Ecuador** **II. Experimentation with a simulation model**

A dynamic and probabilistic simulation model developed and validated for studying management alternatives of small scale production systems was used at Carchi, Ecuador, to evaluate biologically and economically the performance and sustainability of a production system during a 10-year period. The principal characteristic of this system is that constant land areas are devoted to potato and milk production. The potato production component includes typical management practices used in the area. Evaluation of the milk production component considers use of a mixture of natural and improved pastures with fertilization at sowing and for maintenance, in addition to feeding 360 kg of concentrates during 120 days of lactation. The variables used for describing the sustainability of the system are milk and potato production, soil nutrient dynamics, gross and net income, and marginal return rate. The results permit concluding that the alternative used for evaluating the production system is adequate from the sustainability stand point, and that yearly net income is in the range of US\$1 100 to \$1 600. The dairy management in question proved to be a sustainable biological alternative. However, potato production on a constant area showed variations which include five years with low yields, thus causing instability in this system component. With respect to the soil nutrients, pasture management practices, including an adequate fertilization rate, in addition to incorporation into the soil of manure and plant residues, result in maintaining K levels and improving those of N and P.

**KEYWORDS:** Simulation, Sustainability, Production system, Small scale producers

---

#### **Introducción**

La zona de estudio se encuentra en la provincia del Carchi, localizada en el extremo norte del Ecuador, en la región interandina, limitando al norte con la República de Colombia, al sur con la provincia de Imbabura, al noroccidente con la provincia de Esmeraldas y al este con la provincia de Sucumbios y el sur de Colombia.

Los productores de la zona se caracterizan por poseer un sistema con producción diversificada y baja productividad, dentro de la cual la

combinación de leche y papa (*Solanum tuberosum*) es la más común. En estos sistemas la producción de leche constituye el ingreso diario, basado en un promedio de tres vacas con producción diaria de 8 kg de leche por vaca. La producción de papa le sirve al productor como componente de autoconsumo así como parte fundamental de sus ingresos. Una característica importante de estos sistemas es la repetición de períodos en que la producción se ve fuertemente afectada debido a factores externos e internos al sistema, comprometiendo su sostenibilidad. Entre los factores más

Aguilar y Barrera. Experimentación con modelo

relevantes se pueden destacar los limitados recursos físicos y biológicos; las limitaciones económicas, como el acceso al crédito; y las limitaciones socio-culturales, en términos de acceso al mercado y conocimientos

Con el objeto de estudiar los factores que afectan la sostenibilidad del sistema de producción de los pequeños productores de la zona del Carchi, se desarrolló un modelo de simulación que permite evaluar alternativas de manejo del sistema de producción y cuantificar su desempeño económico (Barrera y Aguilar, 1996). Tal modelo es el que se utiliza en este estudio.

Una limitante importante del sistema en estudio es la variación del precio de la papa, que tradicionalmente ha estado influenciada por la oferta cíclica del tubérculo. Esto da lugar a la disminución del área de siembra cuando el precio está debajo de sus costos unitarios y se incrementa cuando éste sube en el mercado. Esta variación de la superficie dedicada a la papa se encuentra correlacionada estrechamente con la superficie ocupada por los pastizales para la producción de leche (Mora, 1993). Esto ha llevado al productor a mantener la producción de leche como una actividad que le asegura sus ingresos diarios, sin tratar de mejorarla, debido a la incertidumbre que le representa el cambio de superficie hacia la producción de papa. De ahí que la hipótesis planteada es que mantener constantes la superficie dedicada a la producción de leche y de papa permite obtener un sistema de producción sostenible durante un período de al menos 10 años, mediante un manejo adecuado de la pastura y con un uso de cantidades adecuadas de concentrado en

la primera etapa de la lactancia de las vacas. El objetivo es evaluar biológica y económicamente la sostenibilidad del sistema de producción de pequeños productores de la zona del Carchi, durante un período de 10 años, manteniendo constantes la superficie de la pradera y papa.

### Materiales y Métodos

El experimento realizado con el modelo consistió en mantener constantes, durante 10 años, la superficie dedicada a producción de leche y papa. Para ello se corrió el modelo por un período de dicho largo simulando un sistema físico de pequeños productores de Carchi-Ecuador, en el que se establecen los componentes de producción de leche y papa con 3 y 1 ha, respectivamente. Estas superficies fueron encontradas como las óptimas económicas, mediante un modelo de programación lineal, con datos de la zona en estudio (Barrera, 1995).

En el manejo de la producción de leche, los pastizales a establecer son una mezcla de pastos naturales, compuesta de holco (*Holcus lanatus*), kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y trébol blanco (*Trifolium repens*), y pequeñas cantidades de pasto artificial, como ballico anual (*Lolium multiflorum*), a los cuales se les aplica una fertilización a la siembra de 50, 120 y 100 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, respectivamente. Esta combinación de fertilización, mezcla forrajera y un período de lluvias adecuado permiten obtener una digestibilidad del pasto del 68%, 2.3 Mcal de EM/kg de MS, 15% de proteína y una disponibilidad

inicial de 2 100 kg de MS/ha (Padilla, 1979). También se considera una fertilización de mantenimiento cada año con 40, 80 y 60 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O (Padilla, 1979). Se ofrece a los animales en producción 3 kg diarios de concentrado durante los primeros 120 días de lactancia. Para la producción de papa se especifica la variedad INIAP-Esperanza, con la fertilización utilizada por la mayoría de los productores, que los consideran como un estándar aceptable, y que es de 220, 420 y 120 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, respectivamente, con controles fitosanitarios y de malezas y aporques de mediana calidad.

Las variables evaluadas para observar la sostenibilidad del sistema están relacionadas con la producción de leche y de papa y la dinámica de los nutrientes en el suelo. Para el análisis biológico se utilizan tablas de resultados, histogramas y gráficos. Para el análisis económico se utiliza la Tasa Marginal de Retorno (TMR), propuesto por Días *et al.* (1990)

## Resultados y Discusión

### *Componente de producción de leche*

Existe una gran cantidad de variables que integran el componente de producción de leche, sin embargo, se presentan los resultados de todas aquellas que representan mejor la respuesta de los animales en el sistema

Los resultados (Cuadro 1) se muestran como promedios mensuales para el período de 10 años, ya que la variación existente para cada mes entre años no es mayor del 5%. Se puede apreciar claramente como se distribuye el

peso vivo, la producción de leche y el consumo voluntario de los animales durante los 10 meses que dura la lactancia

En lo que respecta a la variación de peso se observa una disminución de aproximadamente 20 kg (5% del peso vivo) desde el primero de enero hasta mediados del mes de marzo (70 días), propios de la pérdida de peso correspondiente a tejido movilizado que se transforma energéticamente a producción de leche. A partir del quince de marzo hasta mediados de mayo se produce una estabilización del peso, sin pérdida ni ganancia. Durante los siguientes meses hasta llegar al décimo mes de lactancia, el animal recupera su peso y presenta un incremento de 14 kg en relación al peso inicial.

La alternativa aplicada permite observar un mejoramiento de la producción de leche de 59% comparado con el sistema tradicional, además de un incremento en el número de días de la etapa de lactancia (Barrera, 1996). El incremento de la producción se explica por dos razones: en primer lugar, debido a que se tiene mayor disponibilidad y digestibilidad de la MS del forraje, conseguido con la aplicación adecuada de fertilización y manejo del pastizal; en segundo lugar, debido al uso de un concentrado energético durante los cuatro primeros meses de lactancia, cuyo efecto aditivo aparentemente se manifiesta a través de la lactancia completa

El consumo voluntario de los animales se encuentra desfasado con la máxima producción de leche, es decir, que los animales consumen menos durante la primera etapa de la lactancia debido a un período de inapetencia post-

parto. El máximo consumo voluntario se produce a los 3.5 meses de iniciada la lactancia.

En el Cuadro 2, se presentan promedios mensuales para un período de 10 años de la tasa de crecimiento y la digestibilidad del pasto. La variación mensual está determinada por las estaciones del año, es decir, por las épocas lluviosa y seca, que son las que afectan el crecimiento y la digestibilidad del forraje. En los meses considerados como secos (julio, agosto, septiembre), la digestibilidad y la tasa de crecimiento disminuyen.

En el Cuadro 3, se presenta la distribución de la producción de leche anual durante el período de 10 años establecidos en este estudio. Se puede apreciar una variación de la producción de 6% entre el año 1, que es el de mayor producción y el año 2, que es el de menor producción. Este valor indica que la producción para los diferentes años permanece casi constante, es decir, que el productor puede saber con anterioridad que el componente de la producción de leche es estable. Es un hecho importante que una parte de la producción se dedica al autoconsumo de la familia del productor, o que les significa reducir un gasto adicional por un producto que aporta muchos macro y micronutrientes en la alimentación humana.

#### ***Componente de producción de papa***

En este estudio se considera una superficie constante de 1 ha dedicada a la producción de papa. El productor puede tomar la decisión de realizar una o dos siembras en el año, esto dependerá de la disponibilidad de capital que posea para realizarlo. En el Cuadro 4, se observa los

rendimientos que se esperan de papa para los diferentes años en estudio y la producción por época de duración del cultivo, si la primera siembra se realiza el 1° de enero y se cosecha el producto a finales de junio, y la segunda siembra se inicia el 1° de julio y se cosecha al finalizar diciembre.

La producción de papa durante los años en estudio presenta una variación del 18%, siendo los años 2 y 3 los de menor rendimiento en comparación con el año 1, el de mayor rendimiento (Cuadro 4). Este valor del 18% no se puede considerar como normal en el contexto de mantener un sistema estable, y se debe principalmente a los efectos de las condiciones climáticas imperantes en la zona, y que en el modelo son aleatorias. Los mejores rendimientos de papa se presentan durante el período de cultivo comprendido entre los meses de enero y junio. Esta información le permite al productor decidir sobre la época de siembra en la que puede obtener los mayores ingresos. No hay que olvidar que en este estudio se establece un precio unitario estándar constante de la papa.

#### ***Evaluación Económica***

El análisis económico en este estudio se basa en la TMR, para evaluar alternativas tecnológicas. La TMR se obtiene dividiéndose el ingreso neto por el monto total de costos, expresada en términos porcentuales. Para establecer los beneficios brutos, se tomó en consideración los siguientes aspectos: la venta de la producción de leche (luego de descontar el consumo de los terneros y el de la casa), la venta de carne de los animales en pie y, la venta de la producción de papa (luego de descontar

Arch. Latinoam. Prod. Anim. 5(1). 21-36(1997)

lo destinado a la producción de semilla y al consumo familiar).

Para establecer los costos totales de cada uno de los componentes en estudio se toma en cuenta los gastos pertinentes. Para la producción de leche se considera la compra de semilla de pasto; fertilizantes para la siembra y mantenimiento, fungicidas e insecticidas para proteger las plantas forrajeras; pago de utilización de maquinaria; alimentación suplementaria para los animales en producción, y medicamentos para prevención y control de enfermedades. En relación a los gastos incurridos en la producción del cultivo se considera el costo de producción de 1 ha de papa con tecnología media alta que se utiliza en la zona en estudio. Ahí están incluidos todos los gastos directos y los gastos generales.

Es importante señalar que el costo de la mano de obra utilizada para la producción de papa está incluido dentro de los gastos directos. Para la producción de leche se asume que la mano de obra está cubierta por la familia, pero también se le asignó un costo diario.

Del análisis económico se puede observar (Cuadro 5), que con la alternativa propuesta para el manejo del sistema de producción Carchi, se obtienen tasas marginales de retorno anuales que van desde el 79.82% en el año 2 hasta el 108.94% en el año 1. Estos valores son producto del análisis en donde se toma en consideración los ingresos brutos, costos totales y beneficios netos. Esto significa beneficios económicos para el productor que son rentables durante el período que se propone manejar el sistema. En la mayoría de los casos, los beneficios

representan el doble de los costos invertidos en el manejo del sistema.

Se observa en el Gráfico 1 que los beneficios netos más altos durante los 10 años de manejo del sistema se obtienen de la producción de leche, y lo que es más importante, ésta permanece estable durante todo el ciclo; no así con la producción de papa, que presenta variaciones muy grandes. Esto podría ser explicado principalmente por las diferentes condiciones climáticas que afectan el cultivo durante estos años.

#### *Dinámica del Nitrógeno*

Para este estudio se tomó en consideración un contenido de N inicial del 0.6% (13 920 kg/ha) del total del contenido del suelo, el cual constituye un valor intermedio para los suelos característicos de la zona del Carchi. Este 0.6% de N se considera que está compuesto por N húmico (10 858 kg/ha) y un N que puede ser mineralizado por la biomasa del suelo en algún instante (3 062 kg/ha). Aproximadamente el 0.125% (2 969 kg/ha) del N inicial del suelo está constituido por N estabilizado y el 0.004% (93 kg/ha) por el N que se labiliza (Guerrero, 1989).

En el Cuadro 6 se observa la tendencia que presentan cada uno de los "pools" de N. El N labilizado se compone del N aportado por las excretas de los animales, el contenido de hojarasca y un porcentaje del N estabilizado. Durante los diferentes años en estudio se observa que el N labilizado está condicionado básicamente por el aporte de los residuos animales y vegetales. Esto se puede apreciar para los años 2, 3, 4 y 5 en donde el N labilizado presenta una

disminución, posiblemente debido a que en esa época se reportó una menor disponibilidad y crecimiento de las pasturas por condiciones climáticas desfavorables, lo que dió lugar a una menor senescencia, hojarasca y excretas (por un menor consumo).

El N disponible es la sumatoria de N de la fertilización y el labilizado, por eso muestra la misma tendencia que el N labilizado, ya que la fertilización de mantenimiento es constante para todos los años. En este sistema en donde se utiliza una pradera durante un período de 10 años, el intervalo de variación del N estabilizado alcanza a 370 kg/ha, valor que se considera aceptable para un agrosistema que se encuentra en equilibrio y está constituido por ciclos de acumulación y desacumulación. Los porcentajes presentados por cada uno de los "pools" de N en estudio, determinan que las dosis de fertilización utilizadas y el manejo de la pradera, en general, mantienen el sistema de producción sostenible.

### ***Dinámica del Fósforo***

Los datos iniciales que se consideran para establecer la dinámica del P en el suelo son los indicados por Guerrero (1989). El P total en los suelos de las características de la zona del Carchi se establece como promedio en 777 ppm (1 803 kg/ha); siendo el P orgánico el 8% (144 kg/ha ó 62 ppm), el P inorgánico el 18% (324 kg/ha ó 139.7 ppm), el P fijado el 68% (1 226 kg/ha ó 528.5 ppm) y el P disponible el 1.54% (27.84 kg/ha ó 12 ppm) del total del P en el suelo.

Los resultados de la dinámica del P se presentan en el Cuadro 7. En términos generales, se aprecia una disponibilidad relativamente baja y

constante durante los 10 años de evaluación del sistema. Esto se debe posiblemente a que el P nativo se encuentra en estados químicos de solubilidad mínima y la liberación de P soluble desde los fosfatos minerales es relativamente débil.

La capacidad de fijación de fosfatos se establece en 154 kg/ha (67 ppm) y se puede observar una tendencia a fijar en forma no disponible un buen porcentaje del P aplicado como fertilizante. De otra parte, se observa que la escasa cantidad de P que se libera por mineralización es inmediatamente convertida a fosfatos minerales menos solubles, ya que no se observa un gran incremento para el P disponible.

El P orgánico observado en este estudio representa el orgánico inicial establecido más la acumulación de los residuos de las excretas y la hojarasca. Este presenta una tendencia a aumentar en forma paulatina, siendo la diferencia entre el año 1 y el 10 de 51 kg/ha (22.2 ppm).

El P inorgánico, al igual que el orgánico, presenta una tendencia a incrementar su "pool". Esto se debe básicamente a que es el punto a donde llegan los diferentes porcentajes de P que se hacen disponibles desde la fertilización, el P orgánico e inclusive una pequeñísima parte del P fijado. En definitiva, se puede apreciar una tendencia a aumentar los diferentes "pools" en el suelo.

### ***Dinámica del Potasio***

El contenido de K total en los suelos es una característica del material parental. Así los suelos volcánicos de la zona del Carchi se conocen como derivados de materiales medianamente



ricos en minerales potásicos. Sin embargo, la disponibilidad del elemento para las plantas depende principalmente de la capacidad que tengan los minerales potásicos de liberar K soluble disponible, lo que se conoce como capacidad de reabastecimiento.

La dinámica del K se presenta en el Cuadro 8. Con las dosis establecidas para la fertilización potásica, se observa una tendencia escalonada, pero ascendente, en lo relacionado con el “pool” de K de la solución. Esto determina que se produzca un flujo hacia el “pool” de K de intercambio y éste fluye en un proceso de difusión hacia el de K no intercambiable, donde se observa una tendencia lineal positiva. Es decir, que la fertilización y los niveles de K proporcionados por las excretas y la hojarasca permiten incrementar este “pool”, el cual siempre estuvo disponible para realizar un intercambio con el K intercambiable. Con este flujo rápido entre componentes se produce un nuevo equilibrio entre ellos y aumenta su tamaño.

La absorción del K de la solución por el sistema radicular de los pastos conduce a un flujo en el sentido contrario. Al disminuir el K de la solución decrece el tamaño de este “pool” y fluye fácilmente hacia la solución el K en posiciones de intercambio; al disminuir a su vez este “pool” se produce una gradiente y se difunde el K no intercambiable hacia las posiciones de intercambio. Esta actividad no se ve reflejada en los datos del Cuadro 8, ya que el K intercambiable aparece con valores que disminuyen con el tiempo. Esto se debe únicamente a que un porcentaje de éste fluye hacia el K no intercambiable y otro a la solución

### **Conclusiones**

El mantener el componente de producción de leche con praderas en donde exista mayor disponibilidad y digestibilidad y uso de concentrado para vacas en producción durante los primeros 120 días de lactancia, representa una alternativa biológica sostenible para un período de 10 años.

El componente de producción de papa con una superficie constante durante los 10 años en estudio presenta variaciones en su producción, observándose cinco años en donde los rendimientos disminuyen debido, principalmente, a las condiciones climáticas adversas, lo cual determina una inestabilidad del sistema en estudio, propia del cultivo de papa.

Con la alternativa evaluada se pueden conseguir beneficios netos anuales desde US\$1 179 (TMR = 79.82%) hasta US\$1 609 (TMR = 108.94%), los mismos que se consideran como sostenibles para un sistema de estas características, que en muchos casos funciona sólo a nivel de subsistencia.

En cuanto a la dinámica de los nutrientes en el suelo, el realizar un buen manejo del pastizal con dosis de fertilización adecuadas para la siembra y mantenimiento, así como la incorporación de los residuos de excretas y hojarasca, permiten mantener y aumentar los “pools” de N, P y K.

### Literatura Citada

- Arce, B, V. Barrera y J. Suquillo. 1993. Caracterización del Sistema del Pequeño Productor del Cantón Espejo, Provincia del Carchi: Resultados de la Encuesta Estática. Quito, Ecuador. 46 p.
- Barrera, V. 1995. Maximización de beneficios en el sistema de producción de pequeños productores del Carchi-Ecuador. (Modelo de optimización). Seminario presentado en el Departamento de Zootecnia. Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Chile. julio de 1994. 45 p.
- Barrera, V. 1996. Factores que afectan la sostenibilidad de sistema de producción de pequeños productores de Carchi-Ecuador. Modelo de Simulación. Tesis Mag. Sc. Pontificia Universidad Católica de Chile. 130. p.
- Barrera V. y C. Aguilar. 1996. Modelos de simulación para el estudio de la sostenibilidad del sistema de producción de pequeños productores de Carchi, Ecuador, I. Desarrollo del modelo y validación. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 4(2) 135.
- Cáceres, J 1991. Fertilización Aspectos tecnológicos del cultivo de papa en Ecuador FUNDAGRO Quito p. 89.
- Cañas, R. y C. Aguilar 1992. Uso de la bioenergética en producción de bovinos. En Simulación de Sistemas Pecuarios. RISPAL. San José, Costa Rica. p. 9.
- Días, A., E. Rodríguez y G. Jiménez. Programa de evaluación económica de la tecnología agropecuaria. PRESUP: Conceptos básicos e instructivo. PROTECA. Quito, Ecuador. 42 p.
- Duran, H. 1983. Modelo de simulación para el estudio del manejo de sistemas pastoriles de producción de leche. Tesis Mag. Sc. Pontificia Universidad Católica de Chile. 200 p.
- Guerrero, R. 1989. Fertilización de pastos mejorados. En Fertilización de cultivos en clima frío. Serie divulgativa No. 3. Bogotá, Colombia. p. 157-175.
- Hernández C. y R. Urriola. 1993. Los pequeños productores agropecuarios y la apertura comercial. IICA, ILDIS. Cigetric Ltda. Quito, Ecuador. 116 p.
- INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). 1991. Informe Anual del Departamento de Suelos. Quito, Ecuador. 35 p.
- Matus, F. 1988. Un modelo simplificado del nitrógeno en la estimación de la fertilización nitrogenada. Tesis Mag. Sc. Pontificia Universidad Católica de Chile. 98 p.
- Mora, X. 1993. Situación, perspectivas y alternativas de la papa en el

Arch. Latinoam. Prod. Anim. 5(1):1-20(1997)

Ecuador (1991-1993). MAG  
Proyecto para la reorientación del  
sector agropecuario. Quito, 35 p.

Padilla, W. 1979. Recomendaciones de  
fertilización en pastos en  
asociación para la Sierra. En Guía  
de recomendaciones de fertili-  
zación para los principales cultivos  
del Ecuador. Boletín Técnico-  
INIAP No 32

Rodríguez, J. 1993. La fertilización de  
los cultivos: Un método racional  
Colección en agricultura. Facultad  
de Agronomía Pontificia Univer-  
sidad Católica de Chile. 291 p

Uquillas, J., C. H. Crisman, W. Peterson y  
K. Walt. 1992. La papa en los  
sistemas de producción agro-  
pecuaria de la sierra ecuatoriana  
FUNDAGRO Documento Téc-  
nico No. 2, Quito. 38 p

Aguilar y Barrera. Experimentación con modelo

Cuadro 1 Valores promedio de 10 años simulados desde el 1<sup>ero</sup> de enero para variación de peso, producción de leche y consumo voluntario

Meses del año	Peso vivo (kg)	Producción de leche (kg/día)	Consumo voluntario (kg/día)
enero	389.93	11.18	9.00
febrero	382.77	14.29	10.33
marzo	380.59	14.43	11.28
abril	380.99	14.37	11.43
mayo	382.11	11.44	11.26
junio	384.21	9.94	10.87
julio	387.98	7.90	10.22
agosto	393.94	6.90	9.31
septiembre	402.32	5.81	8.67
octubre	414.21	4.30	8.75
noviembre	430.57		7.18
diciembre	451.07		7.55

Cuadro 2. Valores promedios de 10 años simulados para tasa de crecimiento y digestibilidad del pasto.

Meses del año	Tasa de crecimiento (kg MS/ha-d)	Digestibilidad de la MS (%)
enero	36.87	66.74
febrero	36.82	66.23
marzo	36.08	65.64
abril	35.58	65.13
mayo	34.65	64.73
junio	31.52	64.21
julio	22.74	62.93
agosto	13.72	60.68
septiembre	17.11	60.05
octubre	28.48	63.20
noviembre	35.10	66.06
diciembre	36.31	66.80

Aguilar y Barrera. Experimentación con modelo.

Cuadro 3. Distribución de la producción de leche durante los 10 años del estudio.

Año	Distribución de la producción de leche (kg)			Venta
	Total producido	Consumo terneros	Consumo familia	
1	6880	540	730	5610
2	6424	540	730	5154
3	6655	540	730	5385
4	6681	540	730	5411
5	6671	540	730	5401
6	6649	540	730	5379
7	6643	540	730	5373
8	6587	540	730	5317
9	6588	540	730	5318
10	6500	540	730	5230

Arch. Latinoam. Prod. Anim. 5(1):1-20(1997)

Cuadro 4. Distribución de la producción de papa por época de siembra durante los 10 años del estudio.

Año	Producción de papa (TM/ha)		Total
	enero-julio	julio-diciembre	
1	23.56	20.44	44.00
2	18.97	16.96	35.93
3	18.97	16.96	35.93
4	20.42	19.61	40.03
5	20.42	19.61	40.03
6	22.89	20.44	43.33
7	20.42	19.61	40.03
8	22.89	20.44	43.33
9	22.89	20.44	43.33
10	22.89	20.44	43.33

Aguilar y Barrera. Experimentación con modelo.

Cuadro 5. Análisis económico para evaluar la sostenibilidad de una alternativa de manejo en el sistema de producción de pequeños productores de Carchi-Ecuador

Año	Ingreso bruto (US\$)	Costo total (US\$)	Beneficio neto (US\$)	Tasa marginal de retorno (%)
1	3086	1477	1609	108.94
2	2656	1477	1179	79.82
3	2711	1477	1234	83.55
4	2819	1477	1342	90.86
5	2816	1477	1339	90.66
6	2984	1477	1507	102.03
7	2810	1477	1333	90.25
8	2969	1477	1492	101.02
9	2969	1477	1492	101.02
10	2970	1477	1493	101.08



Cuadro 6. Contenido de nitrógeno en el sistema suelo-planta-animal

Año	Contenido de nitrógeno /ha							
	Estabilizado		Labilizado		Disponibile		Total	
	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%
1	3015	0.130	172	0.0074	212	0.0091	3227	0.1391
2	3074	0.132	165	0.0071	204	0.0088	3278	0.1410
3	3109	0.134	170	0.0073	209	0.0090	3318	0.1430
4	3152	0.136	170	0.0073	209	0.0090	3361	0.1450
5	3194	0.138	170	0.0073	209	0.0090	3403	0.1470
6	3227	0.139	175	0.0076	215	0.0093	3442	0.1483
7	3272	0.141	174	0.0075	213	0.0092	3485	0.1502
8	3307	0.143	178	0.0077	218	0.0094	3525	0.1520
9	3345	0.144	181	0.0078	220	0.0095	3565	0.1535
10	3385	0.146	182	0.0079	222	0.0096	3607	0.1556

Aguilar y Barrera. Experimentación con modelo.

Cuadro 7. Contenido de fósforo en el sistema suelo-planta-animal.

Año	Contenido de fósforo /ha							
	Disponible		Inorgánico		Orgánico		Fijado	
	kg	ppm	kg	ppm	kg	ppm	kg	ppm
1	28.02	12.08	333	143	156	67	1258	542
2	28.35	12.22	350	151	164	71	1269	547
3	28.65	12.35	365	158	172	74	1281	552
4	28.98	12.49	383	165	178	77	1294	558
5	29.30	12.63	399	172	184	79	1310	565
6	29.58	12.75	414	178	189	82	1327	572
7	29.88	12.88	430	185	194	84	1346	580
8	30.13	12.99	443	191	199	86	1366	589
9	30.37	13.09	456	196	203	88	1388	598
10	30.61	13.20	468	202	207	89	1412	609

Cuadro 8 Contenido de potasio en el sistema suelo-planta-animal

Año	Contenido de potasio /ha							
	Solución		Intercambiable		No intercambiable		Total	
	kg	me/100g	kg	me/100g	kg	me/100g	kg	me/100g
1	98.4	0.109	1257	1.39	3391	3.75	4905	5.42
2	111.6	0.123	1232	1.36	3409	3.77	4941	5.46
3	111.6	0.123	1212	1.34	3425	3.79	4934	5.45
4	111.5	0.123	1200	1.33	3448	3.81	4941	5.46
5	110.6	0.122	1189	1.31	3469	3.83	4949	5.47
6	112.0	0.124	1176	1.30	3476	3.84	4942	5.46
7	111.7	0.123	1171	1.29	3498	3.87	4957	5.48
8	112.1	0.124	1162	1.28	3505	3.87	4955	5.48
9	113.3	0.125	1157	1.28	3514	3.88	4958	5.48
10	113.5	0.125	1153	1.27	3525	3.90	4965	5.49

Aguilar y Barrera. Experimentación con modelo

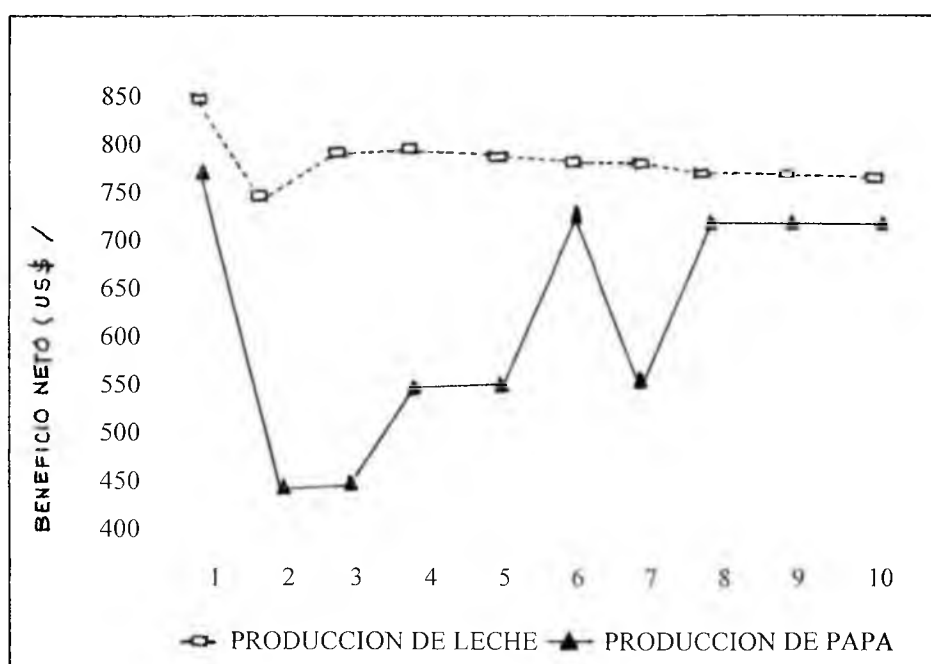


Figura 1 Beneficio neto anual en el sistema de producción de los componentes leche y papa para el período de 10 años en Carchi-Ecuador.